
Grey Scale #13
Colour Chart #13
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Inches
Centimetres

MK
3/11

Lehrbuch der Geographie

von

Hermann Wagner.

Neunte Auflage.

Zugleich vierte Auflage der Neubearbeitung
des Lehrbuchs der Geographie von Guthe-Wagner.

Erster Band.

Allgemeine Erdkunde.

Mit 96 Figuren.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

Hannover und **Leipzig.**
Hahnsche Buchhandlung.
1912.

24792/2



Nr. inw. 3842
BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

Hannover. Buchdruckerei Friedrich Culemann.

Vorwort.

Aus langjährigen akademischen Erfahrungen hervorgegangen, ward dieser erste Band eines grösseren Lehrbuchs der Geographie, welches die letzte Ausgabe meiner Neubearbeitung des Guthe'schen Lehrbuchs (1881—83) zu ersetzen bestimmt war, im Jahre 1900 vollendet. Ueber Form und Tendenz des neuen Werkes habe ich mich damals ausführlich ausgesprochen, das entsprechende Vorwort auch in den beiden folgenden Auflagen (1903 und 1908) auszugsweise wieder mit abdrucken lassen, sodass ich seinen Inhalt wohl als bekannt voraussetzen darf.

Dieser erste Band umfasst ausschliesslich die „Allgemeine Erdkunde" im weitesten Umfang dieses Begriffes. Wenn ich denselben zum vierten Male in äusserlich fast unveränderter Gestalt der Oeffentlichkeit übergebe, so bedarf dies gegenüber manchen neueren methodischen Bestrebungen auf geographischem Gebiet vielleicht mehr einer Rechtfertigung, als dass über die zahlreichen kleinen Umgestaltungen und Zusätze, welche die neue Auflage den Fortschritten der Wissenschaft gemäss in den verschiedensten Teilen erfahren hat, Rechenschaft abgelegt wird.

Im allgemeinen glaube ich heute annehmen zu dürfen, dass es gelang, dem Werk bei seinem ersten Entwurf eine Form zu geben, die der ersten Einführung in das wissenschaftliche Studium unserer weitschichtigen Wissenschaft Vorschub leistet, indem es eine gemeinverständliche Sprache mit möglichst elementarer Entwicklung der Lehren wie der Behandlung des Stoffes verbindet. Dafür spricht wohl auch die weite Verbreitung des Buches in drei starken Auflagen in verhältnismässig kurzer Zeit, besonders auch im Auslande. Dies täuscht mich indessen nicht über das Bedürfnis hinweg, dass einzelne Abschnitte allmählich einer Erweiterung und Umarbeitung unterzogen werden müssen. Manche Fachgenossen werden besonders rücksichtlich der Auswahl des Stoffes aus der physikalischen Geographie die Aufnahme einzelner neuerdings mehr in die Erörterung gezogener Fragen vermissen. Nach eingehender Ueberlegung musste ich mich indessen überzeugen, dass mehrere derselben teils der allgemeinen Annahme der ihnen zu Grunde liegenden Hypothesen, teils einer ausreichenden Ausgestaltung noch zu sehr entbehren, um schon jetzt in den Rahmen eines Werkes, das kein Handbuch, sondern ein einem bestimmten Bildungskreis angepasstes Lehrbuch sein soll, eingefügt zu werden.

Dazu kommt, dass solange die ergänzende Länderkunde nicht fertig vorliegt, es unzweckmässig ist, grössere Umgestaltungen vorzunehmen. Denn wenn sie nach dem mir vorschwebenden Plan im

engen Anschluss an die Allgemeine Erdkunde durchgeführt wird, so erscheint es in hohem Grade erwünscht, sich dort ständig auf die verschiedenen Auflagen der letzteren beziehen zu können. Daher ist auch diesmal mit Absicht die äussere Anordnung, ja auch die gleiche Zahl und fast durchweg der gleiche Inhalt der einzelnen Paragraphen beibehalten, trotzdem dies in Einzelfällen Schwierigkeit bot.

Eine geringe Erweiterung des Textes hat sich auch diesmal leider nicht vermeiden lassen. Inhaltlich umgestaltet sind dabei nur wenige Paragraphen. Im übrigen vermochte ich keiner der bisherigen Auflagen eine so sorgfältige Durchsicht, Ausfeilung, schärfere Fassung des Textes und Ergänzung des Zahlenmaterials, sowie der literarischen Hinweise zu widmen als der gegenwärtigen. Bei der Korrektur ward ich durch zwei meiner jüngeren Freunde, Dr. Bruno Schulz und Cand. phil. C. Closterhalfen unterstützt, von letzterm namentlich auch hinsichtlich des neu durchgeprüften Zahlenmaterials. Beiden spreche ich auch an dieser Stelle meinen Dank aus, nicht minder manchem andern stillen Mitarbeiter.

Von der dritten Auflage dieses Lehrbuchs ist im Jahre 1911 eine italienische Uebersetzung in drei Bänden bei Fratelli Bocca in Turin erschienen. „Traduzione riveduta ed approvata dall'Autore", wie es auf dem Titel heisst. Demgegenüber muss ich die Verantwortung für den III. Teil insofern ablehnen, als die Anthropogeographie gedruckt ward, ohne mein „imprimatur" abzuwarten, ja ohne die zahlreichen eingesandten Berichtigungen aufzunehmen, ein Verfahren, wie wir es bei deutschen Verlegern zum Glück nicht gewohnt sind.

Mein Methodischer Atlas, auf den im Text dieses Bandes vielfach verwiesen ward, ist inzwischen in 15. sorgfältig durchgesehener Auflage erschienen, jetzt auch von einem Namenverzeichnis nach Art der grösseren Handatlanten begleitet. (Gotha, Justus Perthes 1912.)

Was die Fortsetzung des Lehrbuchs betrifft, so ist schon 1908 berichtet worden, dass Professor Max Friederichsen, damals soeben von Rostock nach Bern berufen, die Neubearbeitung der speziellen Länderkunde Europas übernommen habe. Sicher hätten wir damit schon hervortreten können — meine „Allgemeine Länderkunde Europas" wird die Einleitung für den neuen Band bilden —, wäre nicht ein neuer Ortswechsel meines Fachgenossen und Freundes dazwischen getreten. Zu Ostern 1910 einem Rufe nach Greifswald folgend, musste er sich dort von neuem in ganz neue und andersartige Verhältnisse einarbeiten. Indessen ist auch dies jetzt überwunden, sodass das Erscheinen eines ersten Teils der lange erwarteten Fortsetzung im Laufe des Jahres 1913 in bestimmte Aussicht genommen werden kann.

Göttingen, im November 1912.

Hermann Wagner.

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung.

I. Literarischer Wegweiser für die Gesamtwissenschaft.

		Seite
§ 1.	Zur Geschichte der Geographie	1
§ 2.	Allgemeine bibliographische Hülfsmittel	4
§ 3.	Geographische Zeitschriften	5
§ 4.	Jahresberichte	6
§ 5.	Enzyklopädien. Handwörterbücher	6
§ 6.	Handbücher der Geographie	7
§ 7.	Karten und Atlanten	8
§ 8.	Namenkunde	14
§ 9.	Sammlungen einzelner Kategorien von geographischen Vermessungsresultaten	14
§ 10.	Methodik des geographischen Unterrichts	15

II. Geschichte der Methodik der Geographie als Wissenschaft.

		Seite
§ 11.	Das Altertum	17
§ 12.	Das 16. Jahrhundert bis zur Loslösung vom Altertum	19
§ 13.	Die Dreiteilung der Geographie	20
§ 14.	Das Zeitalter Humboldts und Ritters	22
§ 15.	Die Gegenwart	24
§ 16.	Was lehrt uns dieser historische Rückblick?	25

III. Begriff und Einteilung der Geographie.

		Seite
§ 17.	Das Wesen der Geographie	27
§ 18.	Die Einteilung der Geographie nach Objekten und Methoden	28
§ 19.	Inhalt der Hauptzweige der Geographie	29
§ 20.	Allgemeine und spezielle Erdkunde	36

Allgemeine Erdkunde.

§ 21. Literarischer Wegweiser 41

Buch I.

Mathematische Geographie.

§ 22. Einleitung 43
§ 23. Literarischer Wegweiser für den geodätisch-astronomischen Zweig der mathematischen Geographie . . 44

Kapitel I. Orientierung auf der Erdoberfläche.

I. Orientierung auf dem Horizonte.

		Seite
§ 24.	Der Horizont	46
§ 25.	Die vier Weltgegenden	46
§ 26.	Kardinalpunkte und Mittagslinie	47
§ 27.	Wind- und Strichrose	48
§ 28.	Azimut	49
§ 29.	Geradlinige Entfernung	50
§ 30.	Das Wegemass und die Streckenmessung	50

II. Orientierung am Himmelsgewölbe.

		Seite
§ 31.	Die Himmelskugel. Das Zenit	53
§ 32.	Höhe und Azimut	54
§ 33.	Polabstand und Stundenwinkel	55
	Der Polarstern	56
§ 34.	Das Mass der Zeit	57
§ 35.	Die fünf ausgezeichneten Parallelkreise des Himmels	59
§ 36.	Abweichung und gerade Aufsteigung	60
§ 37.	Orientierung nach dem Sonnenstand	63
§ 38.	Das astronomische Dreieck	64

III. Orientierung auf der Erdoberfläche.

		Seite
§ 39.	Wahrer Horizont. Pole. Aequator	65
§ 40.	Das Gradnetz der Erdkugel und der Nullmeridian	66
§ 41.	Recht- und schiefläufige Richtung	69
	Grösster Kreis und Loxodrome	69
	Berechnung d. Distanz zweier Punkte	70

IV. Geographische Ortsbestimmung.

Seite

§ 42. Geographische Ortsbestimmung . . 71
§ 43. Astronomische Ortsbestimmung . . 73
Literarischer Wegweiser 74
§ 44. Die Winkelmess-Instrumente . . . 74
§ 45. Die Korrektionen. (Reduktion auf d. Mittelpunkt; Refraktion; Kimmtiefe; Verschub oder Parallaxe) . . 77—80
§ 46. Bestimmung der geograph. Breite . 80
§ 47. Bestimmung der geograph. Länge . 84
§ 48. Bestimmung der Ortszeit 87
§ 49. Zonenzeit und Datumsgrenze . . . 89
§ 50. Geodätische Ortsbestimmung . . . 91
Wegeaufnahmen 92
Aufnahme entfernter Objekte . . . 94
Triangulierung. Landesvermessung 94
§ 51. Trigonometrische Höhenmessung . 96
Aussichtsweite 98
§ 52. Nivellierung 99

Kapitel II. Der Erdkörper.

I. Gestalt und Grösse der Erde.

Einleitung 101
§ 53. Die Beweise für die Kugelgestalt . 101
§ 54. Bestimmung d. Grösse d. Erdkugel 103
§ 55. Berechnungsformeln der Kugel . . 107
§ 56. Die Erde als Rotationssphäroid . . 108
§ 57. Die Abhängigkeit der Schwerkraft von der geographischen Breite . . 110
Das Sekundenpendel 112
§ 58. Die Gradmessungen 113
Das Metermass 115
§ 59. Berechnungsformeln des Sphäroids 115
§ 60. Die Dimensionen des Erdsphäroids nach Bessels Elementen 118
§ 61. Erdsphäroid und Kugel vom mittlern Halbmesser 120
§ 62. Die beiden geographischen Meilen. 122
§ 63. Neu-berechnete Erdsphäroide . . 122
§ 64. Die Abweichungen der Erdgestalt vom Rotationssphäroid 124
§ 65. Das Geoid 126

II. Die physikalischen Eigenschaften des Erdkörpers.

§ 66. Literarischer Wegweiser zur Geophysik 128

1. Masse und mittlere Dichte.

§ 67. Bestimmung der mittlern Dichte (Lotabweichungen) 129
§ 68. Dichteverteilung in der Erdrinde . 133

2. Eigenwärme. Innerer Zustand der Erde.

§ 69. Tiefentemperaturen 136
§ 70. Die Erdrinde 138
§ 71. Der Erdkern 139

3. Erdmagnetismus.

§ 72. Literarischer Wegweiser 141
§ 73. Gesteinsmagnetismus 142
§ 74. Elemente des Erdmagnetismus . . 142
§ 75. Variation oder zeitliche Aenderung des Erdmagnetismus 145
§ 76. Magnetische Kurven 145
§ 77. Das Polarlicht 147

Kapitel III. Bewegung der Erde.

§ 78. Die astronomischen Grundwerte . 148
§ 79. Die drei Bewegungen der Erde . . 149
§ 80. Die Ekliptik oder Tierkreisebene . 150
Schiefe der Ekliptik 151

I. Der Erdumschwung (Erdrotation).

§ 81. Beweise für den Umschwung der Erde von West nach Ost 153
§ 82. Dauer der Rotation der Erde. . . 156
§ 83. Die Grösse der Ablenkung von Bewegungsrichtungen auf der Erde . 157

II. Umlauf der Erde um die Sonne (Erdrevolution).

§ 84. Gestalt der Erdbahn 158
§ 85. Grösse der Erdbahn (Sonnenparallaxe) 160
§ 86. Umlauf der Erde um die Sonne. . 164
§ 87. Sterntag und Sonnentag 166
§ 88. Lage der Erdbahn in der Ekliptik. 167
§ 89. Stellung der Erdachse zur Ekliptik 169

III. Das Sonnensystem.

§ 90. Die Planeten 173
§ 91. Die Sonne 178
Die Sonnenkonstante 180
§ 92. Der Mond 181
Mondbahn 182
Finsterniserscheinungen 184

IV. Schwerewirkungen der Himmelskörper auf die Erde.

§ 93. Praezession und Nutation 185
Polhöheschwankungen 188
§ 94. Die theoretische Ebbe und Flut . 189
Die Ungleichheiten 192

Kapitel IV. Die geographische Karte.

I. Der Kartenentwurf (Kartenprojektion).

		Seite
§ 95.	Literarischer Wegweiser	195
§ 96.	Geschichte des Kartenentwurfs	198
§ 97.	Grundbedingungen desselben	201
	Das Verzerrungsgesetz	202
§ 98.	Der Kartenmassstab	203
§ 99.	System und Benennung der Kartenprojektionen	209
§ 100.	Plankarte und mittelalterliche Portulankarte	211
§ 101.	Die echten Zylinderprojektionen	213
	Plattkarte	213
	Mercator Projektion	214
§ 102.	Unechte Zylinderprojektionen	218
	Trapezmaschige Projektion	218
	Apians und Sansons Projektion	219
	Mollweidesche Projektion	220
	Eckerts sinuslinige Projektion	221
§ 103.	Die echten Kegelprojektionen	221
	Zeichnung grosser Kreise	223
	Vereinfachte Kegelprojektion	223
	Projektion auf den Schnittkegel	224
	Lamberts Kegelprojektionen	225
§ 104.	Die unechten Kegelprojektionen	225
	Ptolemaeus' zweite Projektion	226
	Stab-Wernersche Projektion	226
	Bonnesche Projektion	227
§ 105.	Nichtnormale Zylinder- und Kegelprojektionen	227
§ 106.	Die azimutalen Projektionen	228
	Aequidistante Azimutalprojektion	230
	Orthographische Projektion	230
	Zentral- oder gnomonische Projektion	231
	Stereographische Projektion	231
	Flächentreue Azimutalprojektion	233
§ 107.	Die Einzelfälle der Azimutalprojektionen	233
	Aequatorialprojektionen	234
	Stereograph. Horizontalprojektion	235
	Flächentreue Azimutalprojektion	236
	Hammers Projektion	236
§ 108.	Kreisnetze	237
	Globularprojektion	237
§ 109.	Gradabteilungskarten	238

II. Karteninhalt und Kartenzeichnung (Topographie).

		Seite
	Literarischer Wegweiser	239
§ 110.	Der Lagenplan (Situation)	239
	Einteilung der Karten	240
	Kopieren und Reduzieren	241
	Generalisieren der Situation	242
	Die Namen	242
§ 111.	Geländezeichnung	243
	Höhenziffer und Niveaulinie	244
	Böschungszeichnung auf topographischen Karten	245
	Schraffenmanier	247
	Schräge Beleuchtung	247
	Höhenschichtenkarten	248
	Farbenplastik	249
	Reliefkarten	250
	Das Profil und Blockdiagramm	251

III. Das Messen auf Karten (Kartometrie).

		Seite
§ 112.	Das Kartenlesen	252
§ 113.	Längenmessung	253
	Kurvimeter	255
§ 114.	Flächenmessung	256
	Das Planimeter	257
§ 115.	Raummessungen	258
	Profilmessung	259
	Die topographische Oberfläche	260
	Mittlere Höhe von Flächen und Inhaltsbestimmungen	261

Buch II.

Physikalische Geographie.

§ 116. Literarischer Wegweiser für die Morphologie der Erd- und Landoberfläche . . . 264

Kapitel I. Die Erdoberfläche.

		Seite
§ 117.	Die empirische Erdoberfläche	267
§ 118.	Terra cognita und Weltbild	269
§ 119.	Die Entwicklung des Weltbildes vom Standpunkt europäischer Kultur	270
§ 120.	Die heutigen Grenzen der Terra cognita	273
§ 121.	Flächenverteilung von Land und Wasser	274
	Land- und Wasserhalbkugel	276
§ 122.	Die Massenerhebungen der Erdrinde	277
§ 123.	Gliederung von Land- und Wasserflächen in Erdräume	281
	Erdteile und Einzelozeane	283
§ 124.	Die kontinentale Gliederung	285
§ 125.	Mass der horizontalen Gliederung	288
§ 126.	Die Gliederung der Ozeane	291
§ 127.	Die Abdachung der Landoberfläche und die grossen Gebirgsgürtel	294

Kapitel II. Das Festland.

I. Innerer Aufbau der Erdrinde.

		Seite			Seite
§ 128.	Gesteinsbildung	296	§ 130.	Störung der Lagerung (Dislokation)	301
§ 129.	Gesteinslagerung	299	§ 131.	Ursachen der Rindenverschiebung	304

II. Heutige Bewegungen der Erdrinde.

§ 132.	Einleitung	308	§ 134.	Vulkanische Tätigkeit	313
§ 133.	Erdbeben	309	§ 135.	Strandverschiebungen	318

III. Umgestaltung der Erdrinde von aussen.

§ 136.	Verwitterung und Abtragung	322	§ 143.	Gletscherwirkungen	341
§ 137.	Bodenverlagerung, Bergstürze	325		Eiszeit	344
§ 138.	Grundwasser und Quellen	326	§ 144.	Die Meeresarbeit längs der Küsten	346
§ 139.	Das strömende Wasser	328		Brandung	346
§ 140.	Flusserosion	332		Gezeitenströmungen	348
§ 141.	Die Flussedimente	335		Anschwemmung	349
§ 142.	Sedimentablagerung	337	§ 145.	Die Flussmündungen; Deltas	350
	Baersches Gesetz	339	§ 146.	Der Wind als umgestaltender Faktor	353

IV. Allgemeine Ergebnisse der Umbildungen.

§ 147.	Altersfolge der Gesteine	355	§ 148.	Die morphologischen Regionen	361
	Die geologische Karte	360	§ 149.	Die regionale Bodenbedeckung	366

V. Die Geländeformen.

	Literarischer Wegweiser	371	§ 162.	Faltengebirge	396
§ 150.	Grundsätze der Einteilung	372	§ 163.	Leitlinien der Faltenzüge	403
§ 151.	Die orographischen Gattungen	373	§ 164.	Schollengebirge	404
§ 152.	Die Einteilung der Grossformen		§ 165.	Vulkanische Gebirge	409
	nach der Lage	377	§ 166.	Die Gewässer des Festlandes	412
§ 153.	Höhenklassen	378	§ 167.	Die Wasserscheiden	412
	Die Depressionen	379	§ 168.	Die Täler	415
§ 154.	Alte und junge Gebirge	383	§ 169.	Längs- und Quertäler	420
§ 155.	Die morphologischen Gattungen der		§ 170.	Durchbruchstäler	422
	Grossformen	384	§ 171.	Die Gliederung der Gebirge	426
§ 156.	Die jungen Ebenen	386		Gebirgseinteilung	427
§ 157.	Schichtungs-Tafelländer	388		Gebirgskamm	428
§ 158.	Alte Flachböden oder Rumpf-		§ 172.	Die Pässe	430
	flächen	389	§ 173.	Orometrische Werte	431
§ 159.	Typische Hügelländer	391		Der Scheitel	433
§ 160.	Landstufen und Landschwellen	392		Unterbau, Sockel, Block	436
§ 161.	Erosionsgebirge	394		Talgefälle und Gehängewinkel	438

VI. Seen und Flüsse.

§ 174.	Die Seen	439	§ 177.	Die Flüsse	450
§ 175.	Kleinere Seengebiete	444	§ 178.	Das Stromgebiet	452
§ 176.	Seenregionen	447	§ 179.	Bau der Stromsysteme	455
	Endseen (Salzseen)	448		Seen im Stromsystem	458
	Regionen ehem. Vergletscherung	449	§ 180.	Flussrichtung u. Stromentwicklung	459
	Reliktenseen	450	§ 181.	Die Flüsse als Wasserwege	461

VII. Küsten und Inseln.

§ 182.	Die Küsten	463	§ 188.	Die Seehäfen	476
	Küstenkarten	465	§ 189.	Die Inseln	480
§ 183.	Die Kontinentalgestade	465		Der biologische Gesichtspunkt	481
§ 184.	Küstengliederung	466	§ 190.	Unselbständige Kontinentalinseln	483
§ 185.	Paralometrische Werte	468	§ 191.	Selbständige Kontinentalinseln	485
	Schiffahrtsküste	469	§ 192.	Kontinentale Restinseln	486
§ 186.	Kontinentalküsten	470	§ 193.	Ozeanische Vulkaninseln	487
§ 187.	Schwemmlandküsten	474	§ 194.	Die Koralleninseln	489
	Korallenriffe	476	§ 195.	Die Meeresstrassen	492
Anhang: § 196. Der geographische Zyklus		495			

Kapitel III. Das Meer.

Seite

§ 197. Literarischer Wegweiser zur Meereskunde 498

I. Die Meeresräume.

§ 198. Die Menge des Meerwassers . . 500
§ 199. Das Meeresniveau und das Mittelwasser 501
Nullpunkt für Höhenmessungen . 502
§ 200. Die Tiefenmessungen und die Meerestiefen 503
Der englische Faden 505
§ 201. Gestalt des Meerbodens 505
§ 202. Benennung und Begrenzung der Ozeane 508
§ 203. Mitteltiefen der Einzelmeere . . 510
§ 204. Erläuterungen zur Tiefseekarte . 512
§ 205. Die regionale Bedeckung des Meeresbodens 515

II. Das Meerwasser.

§ 206. Chemische Zusammensetzung des Meerwassers 517
§ 207. Spezifisches Gewicht desselben . 519
§ 208. Farbe des Meeres 522
§ 209. Wärmeverteilung im Wasser . . 523
§ 210. Verteilung der Temperatur im Oberflächenwasser 523
§ 211. Das Eis im Meere 528
§ 212. Die Tiefentemperaturen in den Ozeanen 531
Die Meereszirkulation 532
§ 213. Temperaturverteilung in den Nebenmeeren 533
§ 214. Desgleichen in Binnenseen . . . 534

III. Die Bewegungen des Meeres.

§ 215. Arten der Bewegungen 535
§ 216. Die Meereswellen 536
§ 217. Seebebenwellen 538
§ 218. Stehende Wellen (Seiches) . . . 539
§ 219. Die Gezeiten 540
§ 220. Die Gezeitenströmungen 545
§ 221. Die Meeresströmungen 546
§ 222. Theorie der Meeresströmungen . 548
§ 223. Uebersicht der Meeresströmungen 553

Kapitel IV. Die Lufthülle.

§ 224. Literarischer Wegweiser zur Meteorologie und Klimatologie . . 559
§ 225. Die Atmosphäre 560
§ 226. Das Klima 565

I. Temperatur der Luft.

§ 227. Die Sonnenbestrahlung (Insolation) 566
Die Absorption und diff. Reflexion 569
§ 228. Die Ausstrahlung 571
§ 229. Einfluss der Natur des Bodens auf die Lufttemperatur 572
§ 230. Die beobachteten Lufttemperaturen 574
§ 231. Temperaturmittel 576
§ 232. Jährlicher Gang der Temperatur 577
§ 233. Abnahme derselben mit der Höhe 578
§ 234. Verteilung der Lufttemperatur auf der Erdoberfläche 582
Temperaturzonen 583
§ 235. Jährliche Wärmeschwankung . . 586
Land- und Seeklima 587
§ 236. Durchschnitts- und Normaltemperaturen 588
§ 237. Thermische Anomalie 591
§ 238. Das Höhenklima 591

II. Luftdruck und Winde.

§ 239. Einleitung 593
§ 240. Barometrische Höhenmessung . . 594
§ 241. Gang und Verteilung des Luftdrucks. Isobaren 598
§ 242. Die barischen Windgesetze . . . 601
Zyklonen und Antizyklonen . . 604
Stärke und Richtung der Winde . 606
§ 243. Windgürtel und Windregionen der Erde 609
§ 244. Lokale Winde 614
Tal- und Bergwinde 614
Föhnwind 615
§ 245. Allgemeiner Kreislauf im Luftmeer 616

III. Wasserdampf und Niederschläge.

Seite

§ 246. Die Verdunstung 621
§ 247. Die Feuchtigkeit der Luft . . . 624
§ 248. Formen der Niederschläge . . . 626
Bewölkung 628
§ 249. Menge der Niederschläge . . . 629
Herkunft des Regens 630
Bedeutung des Waldes 631
Regenkarten 632
§ 250. Regenregionen auf dem Festlande 634
Tropen 635
Monsungebiete 636
Gebiete mit Regenarmut 637
Zone der Westwinde 638
§ 251. Regenregionen über dem Meere . 639
§ 252. Schneedecke und Schneegrenze . 640
§ 253. Gletscher 643

IV. Das Klima.

§ 254. Klimagürtel und klimatische Regionen 644
§ 255. Phänologische Beobachtungen . . 652
§ 256. Klimaschwankungen 653

Buch III.

Biologische Geographie. Die Lebewesen.

§ 257. Literarischer Wegweiser zur Pflanzen- und Tiergeographie 659

I. Die Biosphäre.

§ 258. Die Biosphäre 661
§ 259. Ausdehnung und Grenzen der Biosphäre 663
§ 260. Dichte und Masse derselben . . . 665
§ 261. Verhältnis der organ. Masse zum Kohlensäuregehalt der Luft . . 667

II. Verbreitungsweise der Organismen.

§ 262. Allgemeine Verbreitungsbedingungen der Organismen 669
§ 263. Die äusseren Lebensbedingungen der Pflanzen 671
§ 264. Die Pflanzenwanderung 674
§ 265. Pflanzen- und fleischfressende Tiere 676
§ 266. Abhängigkeit der Tierwelt von äusseren Verhältnissen 677
§ 267. Verbreitungsmittel der Tiere . . 680
§ 268. Einfluss des Menschen 680
§ 269. Verbreitungsgebiete der Einzelorganismen 681
§ 270. Artenstatistik 684
§ 271. Biogeographische Schranken im Lichte der Erdgeschichte 685

III. Allgemeine Ergebnisse der Wanderungen und Umbildungen.

§ 272. Gliederung der Biosphäre in Lebensbezirke 687
§ 273. Die marinen Lebensbezirke . . . 690
§ 274. Das Süsswassergebiet 692
§ 275. Florenreiche des Festlandes . . . 693
§ 276. Regionale Verbreitung von Landtiergruppen 695
Die Wallace-Grenze 698

IV. Die Vegetation der Landoberfläche.

§ 277. Pflanzenvereine und Vegetationsformationen 702
§ 278. Vegetationstypen 703
§ 279. Vegetationslinien und Formationsgrenzen 705
§ 280. Vegetationsgürtel und -regionen 706
§ 281. Das Waldland 709
§ 282. Das Grasland 712
§ 283. Die Strauchhalden 714
§ 284. Tundren und Moore 715
§ 285. Höhengürtel der Vegetation . . 716

V. Nutzbare Pflanzen und Tiere.

Literarischer Wegweiser 719
§ 286. Nutzpflanzen und Kulturpflanzen 720
§ 287. Ausdehnung des Kulturbodens . . 722
Polare Getreidegrenzen 724
§ 288. Die wichtigsten Nahrungspflanzen 725
1. Körnerfrüchte 725
2. Wurzel- und Knollenfrüchte . 729
3. Durch mehlhaltige Früchte und Mark nahrhafte Nutzpflanzen . 730
§ 289. Genussmittel 732
Betäubungsmittel 735
§ 290. Gewürzpflanzen 736
§ 291. Oel und Harze liefernde Pflanzen 737
§ 292. Gespinstpflanzen 738
§ 293. Farbepflanzen und Hölzer . . . 739
§ 294. Nutztiere und Haustiere 740
§ 295. Die wichtigsten Haustiere . . . 742
§ 296. Jagdbare Wildtiere 748

Buch IV.

Anthropogeographie oder Erde und Mensch.

Seite

§ 297. Literarischer Wegweiser 751

I. Das Menschengeschlecht.

§ 298. Alter des Menschengeschlechts . . 756
§ 299. Die Grenzen der Oekumene . . . 758
§ 300. Die Zahl der Menschen 760

II. Natürliche Gliederung des Menschengeschlechts.

§ 301. Einheit des Menschengeschlechts . 764
§ 302. Die menschlichen Genossenschaften 764
§ 303. Menschenrassen und ethnologische Gruppen 766
§ 304. Hauptunterschiede der Körpermerkmale 767
§ 305. Die Sprachverschiedenheiten . . 770
§ 306. Die Menschenrassen 772
§ 307. Die Dreigliederung des Menschengeschlechts 778
§ 308. Anpassung der Rassen und Völker an das Klima 779
Die Nahrung in verschiedenen Klimaten 780

III. Kulturelle Gliederung des Menschengeschlechts.

§ 309. Die verschiedenen Kulturstufen . 782
§ 310. Die Wirtschaftsformen 784
§ 311. Naturvölker und ihre Verbreitung 787
§ 312. Das Aussterben der Naturvölker . 790
§ 313. Verbreitungsweise kultureller Besitztümer 791
§ 314. Kulturherde und Kulturkreise . . 792
§ 315. Halbkultur und Vollkultur . . . 794
§ 316. Die Nomaden und ihre Verbreitung 795
§ 317. Wirtschaftsstufen der ansässigen Kulturvölker 797

IV. Die Staaten. (Politische Geographie.)

§ 318. Die Besitzergreifung der Erdoberfläche durch die Menschen . . . 800
§ 319. Staatsrechtliche Form der Staaten 801
§ 320. Die Staatsgrundmacht 803
§ 321. Grössenklassen der Staaten . . . 805
§ 322. Weltreiche und Kolonialreiche . 806
§ 323. Grossstaaten 809
§ 324. Mittelstaaten 811
§ 325. Kleinstaaten. Stadtstaaten . . . 813
§ 326. Der politische Raum 815
§ 327. Geographische und politische Lage 816
§ 328. Wachstum und Gestalt des Staatsgebiets 819
§ 329. Das Kerngebiet des Staates . . . 822
Die Hauptstadt des Staates . . . 823
§ 330. Die Seemächte 824
§ 331. Die politischen Grenzen 825
§ 332. Gebietsgliederung und Grenzentwicklung 830
§ 333. Die innere Gliederung der Staatsgebiete 831
Gemeinden und Heimatsbezirke . 832
Gaue und Landschaften 834
§ 334. Nebenländer und Kolonialbesitz . 836
§ 335. Die Grenzen der Aussenbesitzungen und die Interessensphären . 838
§ 336. Arten der Aussenbesitzungen . . 839
§ 337. Entwicklung heutigen politischen Aussenbesitzes 843
§ 338. Der heutige Bestand desselben . 845

V. Die Religionsgemeinschaften und ihre Verbreitung.

§ 339. Religionsgebiete 848
§ 340. Die heidnischen Religionen . . . 850
§ 341. Religionen der asiatischen Kultur- und Halbkulturvölker 852
§ 342. Der Islâm 855
§ 343. Judentum und Christentum . . . 857
§ 344. Die christliche Mission 859
§ 345. Uebersicht 861

VI. Siedelungen und Volksdichte.

§ 346. Die menschlichen Ansiedelungen . 863
§ 347. Der Wohnplatz im topographischen Sinn 864
§ 348. Unstäte und vergängliche Wohnplätze 865
§ 349. Die Kleinsiedelungen 867
§ 350. Die Dörfer 868
§ 351. Ortslage und Verkehrslage der Ansiedelungen 871
§ 352. Typen von Städtelagen 872
§ 353. Bodenständige und ortsständige Berufsarten 874
§ 354. Vorwiegende Berufsart 876
§ 355. Berufsgliederung in Stadt und Land 878
§ 356. Grössenklassen der Wohnplätze . 879
§ 357. Das Wachstum der Städte . . . 880
§ 358. Die Physiognomie und das Weichbild der Städte (Wohndichte) . . 882
§ 359. Die Wohnplätze auf der Karte. . 884
§ 360. Volksdichte und Siedelungsdichte 886

§ 361. Methodik der Volksdichtekarten . 888
Siedelungskarten 890
§ 362. Typische Werte der Volksdichte . 891
§ 363. Regionale Verteilung der Menschen über die Erdoberfläche. 895
§ 364. Höhenstufen d. Menschenverbreitung 900
§ 365. Die Grossstädte 901

VII. Verkehrswege und Verkehrsmittel.

Literarischer Wegweiser 904
§ 366. Die Wege und der Verkehr . . 904
§ 367. Wegsamkeit und natürliche Verkehrshindernisse 906
§ 368. Die Wege im Verhältnis zu Transportmitteln und Verkehrsarten . . 907
§ 369. Regionale Verbreitung von Wegegattungen und Transportmitteln . 910
§ 370. Fusspfade und Trägerverkehr . . 911
§ 371. Saumwege und Saumverkehr . . 912
§ 372. Schlitten- und Wagenverkehr und der Strassenbau 913
§ 373. Die Binnenschiffahrt 915
§ 374. Die Binnenkanäle. 916
Seeschiffahrtskanäle 917
§ 375. Die Eisenbahnen 918
§ 376. Die Seewege 922
§ 377. Die Segelschiffahrt und ihre Wege 924
§ 378. Die Dampfschiffahrt 926
§ 379. Intermarine Kanäle 928
§ 380. Die Wege auf der Karte 929
§ 381. Die Raumbewältigung und die Isochronenkarte 931

VIII. Weltverkehr und Welthandel.

§ 382. Die Entwicklung des Weltverkehrs 936
383. Der Welthandel im Altertum und Mittelalter 938
384. Die neuere Zeit 940
§ 385. Der heutige Weltverkehr 941
§ 386. Die Handelsstatistik 942
§ 387. Die Welthandelsgüter 943
§ 388. Die heutigen Kornkammern der Erde 945
§ 389. Kohle und Eisen 947
§ 390. Die Edelmetalle. 951
§ 391. Weltpost und Telegraphennetz . . 954

Tabelle zur Geschichte der Erdkunde 958

Personen- (Autoren-) Namenregister 973

Sachregister 990

Anhang: Wichtigere geographische Masse im Verhältnis zum Metersystem 1019
Tabelle der Meridian- und Parallelgrade nach Bessels Dimensionen des Erdsphäroids 1020
Tabelle der abnehmenden Gradfelder und Breitenzonen nach Bessels Dimensionen des Erdsphäroids 1021

Nachträge und Berichtigungen 1022

Einleitung.

I. Literarischer Wegweiser für die Gesamtwissenschaft.

Das Bedürfnis nach quellenmässiger Bearbeitung hat sich seit dem neuen Aufschwung wissenschaftlicher Pflege der Geographie immer allgemeiner geltend gemacht. Diesem soll auch im vorliegenden Werke Rechnung getragen werden mit jener Beschränkung, welche Umfang und Zweck eines in das Studium einführenden Lehrbuchs vorschreiben. Vollständigkeit von vornherein ausschliessend, soll der literarische Wegweiser durch historische Rückblicke über die wichtigeren Erscheinungen der geographischen Literatur auch älterer Zeiten in die Bedeutung der neueren einführen.

§ 1. Zur Geschichte der Geographie. Trotz mancher Versuche, die Geschichte der Erdkunde zu schreiben[1]), liegen doch erst aus neuerer Zeit Arbeiten vor, die auf den Namen einer solchen allgemeinen Geschichte Anspruch machen können (s. u. Peschel und Vivien de St. Martin).

Von den vier dabei vornehmlich in Betracht kommenden Gesichtspunkten beschränkt sich die ältere Zeit — etwa bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts — fast allein auf eine Geschichte der Geographen und ihrer literarischen und kartographischen Erzeugnisse, jedoch meist in Form blosser Aufzählung, ohne Gruppierung nach Perioden oder Hervorhebung der in denselben gemachten Fortschritte des Wissens.

Seit jener Zeit beginnt sodann die räumliche Erweiterung unserer Kenntnisse von der Erdoberfläche oder die sog. Entdeckungsgeschichte in den Vordergrund zu treten, derart, dass sie zuweilen als Inbegriff einer Geschichte der Geographie angesehen ward wie z. B. in Malte-Brun's Histoire de la géographie 1810[2]), die freilich kaum über Altertum und Mittelalter hinausgelangte. Die Fortschritte auf diesem Gebiete knüpfen an der kritischen und von weiteren Gesichtspunkten ausgehenden Untersuchung einzelner Perioden an, wofür Bd. I. von Ukerts „Geographie der Griechen und Römer" (1816) als Versuch oder A. v. Humboldts „Kritische Untersuchungen über die historische Entwickelung der geographischen Kenntnisse von der neuen Welt" (1836)[3]) als bleibende Denkmale der neuen Epoche gelten mögen.

Nunmehr beginnt die Zeit, wo drittens die Entwickelung unserer Kenntnisse der Eigenschaften der Erde und ihrer Teile bei Geographen allgemeinere Beachtung und in den Werken über die Geschichte einzelner

[1]) Vgl. über diese Versuche J. G. Lüdde, Die Geschichte der Erdkunde. Eine Abhandlung über ihr Wesen und ihre Literatur, Berlin 1841. — [2]) Bd. I des „Précis de la géographie univ.", 3. ed. 1830. Deutsch nach der I. Aufl. von E. A. W. Zimmermann, Leipzig 1812. — [3]) Deutsch von J. L. Ideler nach der französichen Ausgabe des „Examen critique" etc. (1835). Berlin I. II. 1836, III. mit Reg. 1852.

Naturwissenschaften Pflege findet. Dennoch fehlte es noch über zahlreiche Perioden und Einzelfragen an gründlichen Untersuchungen, als Oskar Peschel mit seiner „Geschichte der Geographie bis auf A. v. Humboldt und C. Ritter“ (München 1865, 2. verbesserte Auflage von Sophus Ruge 1877) und Vivien de St. Martin mit der „Histoire de la géographie“ (Paris 1873 mit Atlas von 12 Taf.) hervortraten. Beide die früheren Gesamtdarstellungen weit überragende und für das Anfangsstudium unentbehrliche Werke dürfen dennoch, weil für zahlreiche Abschnitte nicht die Ergebnisse tieferer Studien enthaltend, nicht, wie es häufig geschieht, als Quellenwerke ersten Ranges gelten. Peschels Arbeit bietet mehr rücksichtlich der Erweiterung des „Naturwissens“, Vivien de St. Martin ist reichhaltiger rücksichtlich der Enthüllung des Erdkreises durch Landreisende. — Das reiche neuere literarische Material über die Geschichte der Geographie bis zum Ende des 18. Jahrhunderts wird — allerdings meist nur nach zweiten Quellen — in S. Günthers „Geschichte der Erdkunde“ (Leipzig und Wien 1904) zusammengetragen. Dem 19. Jahrhundert ist lediglich ein Anhang in aufzählender Form gewidmet, der nicht ohne starke Versehen ist.

Altertum. Für das Altertum werden die eben bezeichneten Werke zweckmässig ergänzt durch Edw. Bunburys „History of Ancient Geography“ (London 1879, 2. ed. 2 Bde. 1883) und in beschränktem Umfang durch H. F. Tozers empfehlenswertes gleichnamiges Werk, das der wissenschaftlichen Belege nicht entbehrt (Cambridge 1897). Eine vertiefte Auffassung gibt sich kund in Hugo Bergers „Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen“ (Leipzig, 4 Abt., 1887—93; 2. Aufl. in einem Bd. 1903), welche ganz abgesehen von der zuverlässigen quellenkritischen Behandlung einen methodischen Fortschritt bezeichnet. Hier tritt der vierte Gesichtspunkt, der Verfolg der wissenschaftlichen Auffassung von dem Wesen und den Aufgaben der Geographie bereits mehr in den Vordergrund. In kürzester Form gibt Heinrich Kiepert im einleitenden Kapitel seines trefflichen „Lehrbuchs der Alten Geographie“ (Berlin 1878) einen geschichtlichen Ueberblick über Erdkunde im Altertum. — Ueber die reiche neuere Literatur auf diesem Gebiete vergleiche man G. Hirschfelds Jahresberichte über die Länder- und Völkerkunde der antiken Welt im Geographischen Jahrbuch (Gotha 1880—90), fortgesetzt von E. Oberhummer für Orient und griechische Welt (seit 1897) und Ad. Schulten für die weströmische Welt (Jahrg. 1911).

Mittelalter und Zeitalter der Entdeckungen. An einer den obigen Werken entsprechenden allgemeinen Geschichte der Geographie im Mittelalter fehlt es noch. Viel Material, jedoch ohne tiefere Einzeluntersuchungen, bringt C. R. Beazley, The Dawn of Modern Geography. A History of Exploration and geographical Science (London I. 1897, II. 1901, III. 1906) bei. Es wird die Zeit vom Untergang des römischen Reiches bis 1420 in diesen Bänden behandelt. Im übrigen knüpfen naturgemäss die meisten Darsteller dieser Zeiten mehr an den uns erhaltenen kartographischen Erzeugnissen an und verfolgen sie oft bis weit über das sogenannte Zeitalter der Entdeckungen (1450—1550) hinaus. Konrad Millers nützliches Werk: Mappae mundi oder die ältesten Weltkarten (Stuttgart 1893—98) beschäftigt sich im 6. Heft (1898) mit rekonstruierten Karten des 1. bis 7. Jahrhunderts, in den übrigen mit Weltkarten des 8. bis 13. Jahrhunderts. Joachim Lelewels Géographie du moyen âge (Brüssel 1852 mit Atlas Epilogue 1857) bietet in Bd. I und II eine wichtige Vorarbeit für die Geschichte der Kartographie und der Geographie bei den Arabern und Lateinern im 16. Jahrhundert. Die Leistungen der Araber finden eine Würdigung in J. T. Reinauds Introduction générale à la géographie des Orientaux (Paris in Bd. I zur Géographie d'Aboulféda 1848). Santarems Essay sur l'histoire de la cosmographie et de la géographie du moyen-âge etc. (3 Bde., Paris 1849—52) hält sich noch enger

an einzelne Karten, die er gleichzeitig in einem kostspieligen Kartenwerk[4]), ähnlich wie E. F. Jomard[5]) zu reproduzieren begann. Systematischer hat A. E. Nordenskiöld die Geschichte der Kartographie in zwei monumentalen Werken verfolgt. In seinem „Periplus" (An Essay on the early History of Charts and Sailing Directions; Stockholm 1897. Fol.) behandelt er vorzugsweise die handschriftlich überlieferten Seekarten. Eine Ergänzung findet dies Werk z. T. durch die „Sammlung mittelalterlicher Welt- und Seekarten" in Photographien, die Th. Fischer 1886 in Venedig mit Textband herausgab. Die italienischen Portulane des Mittelalters behandelt eingehend K. Kretschmer (Berlin 1909). In beschränktem Sinn gehört hierher Kretschmers Werk: Die Entdeckung Amerikas in ihrer Bedeutung für die Entwickelung des Weltbildes (mit grossem Atlas, Berlin 1892).

Die Geschichte des Zeitalters der Entdeckungen stellte O. Peschel (München 1858, neuer unveränderter Abdruck 1893), später S. Ruge (Berlin 1881, 2. Aufl. 1903) übersichtlich dar, in kürzester Form C. Errera (L'epoca delle grandi scoperte geografiche, Milano 1902). Die wissenschaftliche Arbeit für diese Periode ist neuerdings eine rege, wie auch die sich mehrende Zahl trefflicher Monographien über Funde verloren geglaubter Dokumente bekunden. Ueber alle diese Arbeiten berichtete erschöpfend S. Ruge im Geographischen Jahrbuch (1895—1903), seitdem sein Sohn W. Ruge.

Im älteren seiner Hauptwerke, dem „Facsimile-Atlas on the early History of Cartography" (Stockholm 1889), behandelt A. E. Nordenskiöld mehr die Geschichte des Wiegenalters der Kartographie seit Erscheinen der Ptolemaeusausgaben bis ca. 1600. Die wichtigste Periode, in der die wissenschaftliche Geographie in Deutschland eine Wiedererwachung fand (16. Jahrh.), schilderte auf Grund eingehender Studien L. Gallois: Les géographes allemands de la renaissance (Paris 1890).

Neuere Zeit. Kaum begonnen hat dagegen das Studium der Geschichte der Geographie innerhalb der folgenden Jahrhunderte bis in das neunzehnte. Es fehlt zwar nicht an tüchtigen Arbeiten über einzelne Geographen (Cluver, Varen, A. v. Humboldt, Ritter etc.), aber es liegt kein zusammenfassender, auf Quellenstudien beruhender Versuch für eine grössere Periode vor, und schmerzlich vermissen wir eine Geschichte der Kartographie seit ihrer Reform durch G. Mercator. Bei diesem Mangel sind auch kürzere Uebersichten, wie die entsprechenden Abschnitte in S. Günthers oben erwähnter Geschichte der Erdkunde (1904) oder W. Wolkenhauers Leitfaden zur Geschichte der Kartographie in tabellarischer Darstellung (Breslau 1895) und S. Günthers Werkchen: Entdeckungsgeschichte und Fortschritte der wissenschaftlichen Geographie im 19. Jahrh. (Berlin 1902) nicht ohne Nutzen.

Geschichte der Methodik. Die Geschichte der Ideen, welche für die Auffassung von dem Wesen und den Aufgaben der Erdkunde, für die Aufstellung der wissenschaftlichen Systeme und ihre Gliederung, kurz für die Methodik der Geographie als Wissenschaft seit dem Altertum bis heute grundlegend waren, ist in den bisher betrachteten historischen Werken (mit Ausnahme des Bergerschen s. o.) kaum berührt. Einer der ersten, welche mit Bewusstsein diesen Mangel einer Geschichte der Methodik unserer Disziplin hervorhoben, war J. Gottfr. Lüdde. Aber weder seine Geschichte der Erdkunde (Berlin 1841), noch seine Geschichte der Methodologie der Erdkunde (Lpz. 1849)

---

[4]) Vicomte de Santarem, Atlas composé de mappemondes, de portulans etc. depuis le VI^e jusqu'au XVII^e siècle. (Paris 1842—53). — [5]) Monuments de la géographie, Paris 1842—62.

kommt über einige Bausteine zu einer solchen hinaus[6]). Einen wichtigen Beitrag zur Geschichte der Methodik in den letzten drei Jahrhunderten bietet dagegen E. Wisotzkis gehaltreiches Werk „Zeitströmungen in der Geographie" (Lpz. 1897). — Erst seit einem Menschenalter erwachte mit der Pflege wissenschaftlicher Geographie auf breiterer Grundlage und der raschen Vermehrung der geographischen Fachmänner auch das Interesse an methodischen Fragen. H. Wagner hatte sich 1877—90 die Aufgabe gestellt, in periodischen Berichten über die neueste Entwickelung der Methodik der Erdkunde als Wissenschaft und das wissenschaftliche Studium derselben die zerstreute Literatur innerhalb der Kultursprachen zu sammeln und zu beleuchten[7]).

§ 2. Allgemeine bibliographische Hülfsmittel. Die Vielseitigkeit der Geographie, die namentlich in unseren Zeiten zwingt, eine ganze Reihe von Seitendisziplinen in ihrer Entwickelung zu verfolgen, hat es von jeher erschwert, dass ein periodisches Organ mit seinen bibliographischen Sammlungen den wachsenden Ansprüchen hätte gerecht werden können. Die meisten seit Büschings Zeiten (Wöchentl. Nachrichten von neuen Landkarten, Büchern etc. 1773—88) öfters wieder aufgenommenen Versuche selbständiger geographischer Bibliographien haben sich auch in unseren Tagen nicht dauernd zu halten vermocht, wie z. B. die Bibliotheca historico-geogr. bezw. geographico-statistica (Göttingen I — XXII, 1863—84), für welche Engelmanns Bibliotheca geographica (1858) eine Ergänzung in betreff der in Deutschland von 1750—1850 erschienenen selbständigen Werke bildet. Ebenso ist die im Inhalt freilich beschränktere Registrande der geogr.-statist. Abteilung des grossen Generalstabs (Berlin I—XIII, 1867—83), die für die Geographie zahlreicher Länder reiche Nachweise bot, leider nicht fortgesetzt. — Dagegen haben sich die bibliographischen Uebersichten in unseren beiden wichtigsten deutschen Zeitschriften ununterbrochen erhalten; seit 1853 erschien bis 1890 eine solche jährlich in der Zeitschrift d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, welche W. Koner auch auf einzelne in Zeitschriften zerstreute Aufsätze ausdehnte im Anschluss an sein „Repertorium über die von 1800—1850 in akad. etc. Journalen auf dem Gebiete der Geographie erschienenen Aufsätze" (Berlin 1854). Seit 1891 hat die Gesellschaft für Erdkunde diese Uebersicht zu einer wertvollen selbständigen jährlichen Publikation: Bibliotheca geographica erweitert, die bisher von O. Baschin bearbeitet ward und z. Z. nur noch 3—4 Jahre hinter dem laufenden Jahre zurückbleibt. Die Literatur-Berichte in Petermanns Geogr. Mitteilungen, immer schon reichhaltig, aber früher mehr das zufällig Eintreffende berücksichtigend, haben sich unter A. Supans Leitung 1885—1909 zu einem unentbehrlichen Repertorium entwickelt, welches jährlich an Bedeutung gewann vermöge der den Inhalt kurz skizzierenden Referate, wenn auch dabei eine systematische Auswahl nicht stattfand. Mit der Umgestaltung der Mitteilungen durch P. Langhans (1910) ist der Lit.-Bericht auf ein Drittel des früheren Umfanges beschränkt. Auch ausländische Zeitschriften tragen dem gleichen Bedürfnis Rechnung. Unentbehrlich sind heute die Berichte über „Geographical Literature of the Month and New Maps", welche regelmässig im Londoner „The Geographical Journal" zusammengestellt werden, sowie besonders die Bibliographie annuelle, welche unter L. Ravenaus Leitung die Annales de géographie (Paris) seit 1892 begleiten und meist schon die Publikationen des

[6]) Sie bestehen meist in historisch-kritischer Zusammenstellung methodologischer Schriften in chronologischer Folge, die noch heute beachtenswert ist, wenn auch dabei die Methodik der Erdkunde als Wissenschaft von der in Deutschland gepflegten Methodik als Gegenstand des Unterrichts nicht auseinander gehalten ist. Ueber das 16. und 17. Jahrhundert enthält Lüdde nichts. — [7]) Geogr. Jahrbuch, Gotha, Bd. VII—XIV, 1878—92.

letzten Jahres bringen. Diesem Material tritt das Geographische Jahrbuch (s. § 4) zur Seite, dessen Jahresberichte über die Fortschritte der meisten Zweige der Geographie quellenmässige Daten enthalten. Treffliche Dienste leistet auch in bibliographischer Hinsicht Vivien de St. Martin: Nouv. Dictionnaire géogr. universelle (s. § 5), weil den meisten wichtigeren Einzelartikeln die Quellenliteratur beigefügt ist. Kurze Uebersichten über die geographische Literatur des Vorjahres finden sich im Geographen-Kalender (Gotha seit 1907).

§ 3. Geographische Zeitschriften. Um die Mitte des 18. Jahrhunderts beginnt die grössere Scheidung der einzelnen Wissenschaften und in Verbindung damit die Begründung periodischer Publikationen für die Geographie. Die ersten hatten freilich nur ein kurzes Dasein[8]). Erst später hielten sich einige, wie: Hagers Geogr. Büchersaal (Chemnitz 1763—78) und Büschings Magazin f. d. Historie u. Geographie (Hamburg 1767—93) und Wöchentl. Nachrichten v. neuen Landkarten (Berlin 1773—88) länger. Ihnen zur Seite standen manche andere historische Zeitschriften voll geographischen Inhalts. Doch gingen andere Versuche an der Zersplitterung rasch zu grunde, bis mit der Begründung des Weimarschen Geogr. Instituts unter F. J. Bertuch ein fester Mittelpunkt für literarische Unternehmungen geschaffen war. Von hier ging die wichtige Zeitschrift: Geograph. Ephemeriden (1798—1837) aus. Seit 1825 begann in Deutschland die Tätigkeit zweier ausserordentlich fruchtbarer Schriftsteller auch auf diesem Gebiete, K. Fr. Vollrath Hoffmann und Heinr. Berghaus, mit der Zeitschrift Hertha (14 Bde., 1825—29), der sich die Berghausschen Annalen der Erd-, Länder- und Völkerkunde (28 Bde., 1829—43) unmittelbar anschlossen. In Frankreich war von Malte-Brun schon 1807 ein ähnliches Organ geschaffen: Annales des voyages (nach Unterbrechung 1814—18 als Nouv. Annales erscheinend). Dies war die Zeit, wo das Interesse für geographische Erforschungen sich in weiteren Kreisen zu regen begann und zunächst in den Hauptzentren zur Gründung geographischer Gesellschaften führte (Paris 1821, Berlin 1828, London 1830). Es entstanden die ersten Gesellschaftsschriften. Sie traten jedoch in ihrer Bedeutung zurück während der ersten Jahrzehnte des um 1850 beginnenden neuen Zeitalters der Entdeckungen, in welcher Zeit Justus Perthes' Geograph. Anstalt zu Gotha mit Aug. Petermann an der Spitze ein Zentralpunkt für geographische Forschungen ward und sein Organ: Petermanns Geogr. Mitteilungen (seit 1855) zu einem Weltblatt wurde. Erst die siebziger Jahre haben dann die Dezentralisation und mit ihr die gewaltige Vermehrung der periodischen geographischen Schriften zuwege gebracht, die heute kaum mehr übersehbar ist. 1865 gab es bereits 16 geographische Gesellschaften, 1908 dagegen 126, und während man bis zu jenem Jahre kaum ein Dutzend geographischer Zeitschriften zählte, führt das neueste Verzeichnis[9]) deren 175 auf. Lange Jahre mit dem Verfolg der modernen Entdeckungsgeschichte fast allein beschäftigt, haben viele Zeitschriften in den letzten Jahrzehnten begonnen, der wissenschaftlichen Ausgestaltung der Erdkunde dienstbar zu werden.

Für unsere Zwecke kommen in erster Linie in Betracht: Petermanns Geogr. Mitteilungen (Gotha), vor allem auch wegen der Fülle der Kartenbeilagen, die Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde (Berlin seit 1840) nebst ihren Verhandlungen, die beide 1902 zu einer „Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde" verschmolzen wurden. Die einem beschränkten Zwecke dienende Zeitschr. f. wiss. Geogr. (begr. von Kettler 1879) ist 1891 eingegangen. Dafür hat sich unter A. Hettners Leitung die „Geographische Zeitschrift" (Leipzig, seit 1893) rasch zu einer wichtigen und reichhaltigen Ergänzung unserer periodischen Literatur

[8]) Nachrichten der (Nürnb.) kosmograph. Gesellsch. Nürnb. 1749—50. — [9]) Vergl. G. Kollm, Geogr. Gesellschaften und Zeitschriften im Jahre 1908 (Geogr. Jahrbuch Bd. XXXII, 1909).

entwickelt. — Von ausländischen Zeitschriften sind unentbehrlich einmal die Proceedings of the R. Geogr. Society of London (1879—92) als Fortsetzung des Journal derselben Gesellschaft (1830—78), seit 1893 als The Geographical Journal jährlich in 2 Bdn. erscheinend. Ferner The Scottish Geogr. Magazine (Edinburgh seit 1885), sowie die Annales de géographie, herausgegeben von Vidal de la Blache, Gallois und Margerie (Paris seit 1892). Einen populären Charakter haben die Zeitschriften: Le Tour du Monde (Paris seit 1860), und Deutsche Rundschau f. Geogr. u. Statistik (Wien seit 1879) u. a. Das „Ausland" (seit 1828) hat mit dem Herausgeber (u. a. früher Peschel, Ratzel) stark in der Tendenz gewechselt, begann unter S. Günther wieder ein wissenschaftlicheres Organ zu werden, ist aber 1893 mit dem 66. Bande eingegangen. Die illustrierte Zeitschrift Globus, 1860 durch K. Andree gegründet, und vorwiegend der Völkerkunde dienend, ist nach 49jährigem Bestand 1910 mit Petermanns Mitteilungen (Gotha) verschmolzen.

§ 4. Jahresberichte. Zahlreiche Zeitschriften pflegen jährlich Aufsätze über die Fortschritte der Entdeckungsgeschichte zu bringen, die naturgemäss nur kurze Uebersichten bieten können. Ausführlich wurden sie in Vivien de St. Martins L'Année géographique (1863—78, I—XVII) behandelt. Quellenmässige Jahresberichte über die Fortschritte der meisten Zweige der Geographie zu liefern ist der Zweck des 1866 von E. Behm gegründeten, seit 1878 von H. Wagner in Verbindung mit zahlreichen Fachmännern herausgegebenen Geographischen Jahrbuchs (Gotha seit 1866), auf dessen Einzelberichte schon oben verwiesen ward und noch verwiesen werden wird. Nützliche Nachweise bietet der seit 1903 in Gotha erscheinende „Geographen-Kalender" von H. Haack begründet.

§ 5. Enzyklopädien und Hand-Wörterbücher. (Geograph.-statistische Lexika.) Wissenschaftliche Enzyklopädien, welche die gesamten Lehren der Geographie nach der Art der für andere Natur- und Geisteswissenschaften in alphabetischer Anordnung bestehenden gliederten, gibt es zurzeit nicht. Auch nicht für den grossen Zweig der mathematischen und physischen Geographie. Alles, was den Titel eines geographischen Lexikons geführt hat oder führt, begreift fast ausschliesslich den Stoff der Länderkunde. Die Franzosen haben diese Form literarischer Anordnung seit zwei Jahrhunderten, d. h. seitdem man anfing die Länderkunde mehr nach neueren Quellen zu bearbeiten, am meisten gepflegt. An Umfang unübertroffen war im 18. Jahrhundert das Grand Dictionnaire géographique et critique von Bruzen la Martinière (La Haye 1726—29, 9 Bde. Fol.), welches in der deutschen Uebersetzung beträchtlich erweitert ward (Lpz. 1744—56, 13 Bde. Fol.). Eine anonyme Vereinigung von französischen Geographen gab 1823—33 ein treffliches Dictionnaire géogr. universel in 10 Bänden heraus, und am Ende des 19. Jahrh. hat Vivien de St. Martin in seinem Nouv. Dictionnaire de géogr. universelle, fortgesetzt von L. Rousselet (7 Bde. Fol. 1879—94, nebst 7 Suppléments 1897—1900) ein äusserst reichhaltiges Nachschlagewerk geschaffen. Nicht nur grosser Reichtum an Artikeln, sondern auch die sorgfältige Ausarbeitung vieler derselben, in welchen Entdeckungs- und Besiedelungsgeschichte und speziell Quellen für zahlreiche Einzelobjekte der Länderkunde beigegeben werden, gibt ihm einen grossen Vorzug vor manchen der besten der heutigen Handbücher. Nicht unerwähnt darf bleiben, wie sehr die geographischen Artikel in unseren neuen Konversationslexika gewonnen haben, namentlich im Brockhausschen (14. Aufl. 1894—97 und zuletzt 1908 in ergänzter Ausgabe) und im Meyerschen (5. Aufl. 1893—1900, 6. Aufl. 1902—08).

Weniger umfangreiche geograph.-statistische Lexika hat die Mehrzahl der modernen Nationen. In Deutschland erhält sich durch revidierte Auflagen seit lange Ritters Geogr.-statistisches Lexikon (2 Bde., 9. Aufl. 1905—06); sorgfältig bearbeitet ist das kürzere Geogr.-statistische Weltlexikon von G. Webersik

Wien 1908); in England gilt The Times's Gazetteer of the World herausgeg. v. Chisholm (London 1893) als bestes. Neuern Datums ist Lippincots New Gazetteer ed by Aug. and L. Heilprin (New-York, London 1906). Kürzer ist G. Garollos Dizionario geogr. universale (4 ed. Milano 1898).

Der Hauptwert dieser sog. Ortslexika muss in der möglichst kurz aber genau gefassten Angabe der Lage der geographischen Objekte gesucht werden. In kürzester Form hat man diese Lexika schon seit dem 16. Jahrh. (Mercators Atlas) als Namen-Indices den einzelnen Blättern der grossen Atlanten bes. Frankreichs beigegeben, in England ist die Sitte beibehalten. In Deutschland ist diese Form erst seit zwanzig Jahren zur Einführung gelangt, indem zuerst für den Andreeschen (1888), dann für den Stielerschen Handatlas (1891), den Kiepertschen (1893) und den Debesschen (1893) Indices aller im Atlas vorkommenden Namen hergestellt sind.

§ 6. Handbücher der Geographie. Die systematische Form der Stoffbewältigung im geographischen Handbuch ist die schwierigere. Seit den Zeiten des Altertums ist es nur selten einem einzelnen Autor gelungen, ein solches nach einem Plan gleichmässig zur Durchführung zu bringen und räumlich für den ganzen Erdkreis zu vollenden, ähnlich wie es nur wenige Verfasser einer Weltgeschichte gab. Die Aufgabe ist heute umfassender, als zu den Zeiten eines Strabo, der neben den wichtigsten Seiten allgemeiner Erdkunde in seinen 17 Büchern den ganzen bekannten Erdkreis beschrieb (vergl. S. 17). Aber jede Periode des Aufschwungs der Geographie hat sich in einzelnen Erzeugnissen, wenigstens der Idee nach, dem strabonischen Typus des geographischen Handbuchs zugewandt, — um freilich alsbald nur zu oft in der Anhäufung unverarbeiteten Stoffes auszuarten. So schuf Sebastian Münster um 1550 (S. 18) die Gattung der grossen, fast alles Wissenswerte in geographischem Rahmen zusammenfassenden Kosmographien, die sich durch zwei Jahrhunderte erhielten, bis die geographisch-statistischen Länder- und Staatenbeschreibungen vornehmlich durch Büschings „Neue Erdbeschreibung" (1754 begonnen) zur Ausbildung gelangten. Unsere deutschen grösseren Kompendien haben bis in die neuere Zeit diesen Charakter einer Staatenbeschreibung kaum abgelegt. Auf Büschings Erdbeschreibung, die auch in der letzten von Andern fortgesetzten Auflage (1789—1806) nicht vollendet ward, folgte in Deutschland das „Vollständige Handbuch der neuesten Erdbeschreibung" von Gaspari, Hassel etc. Weimar, 23 Bde., 1819—32), weit überragt an wissenschaftlichem Gehalt durch Stein u. Hörschelmanns Handbuch der Geographie und Statistik in der völlig neuen (7.) Auflage, welche J. Wappaeus in Verbindung mit wissenschaftlichen Fachmännern und zumeist namhaften Statistikern herausgegeben hat (12 Bde., Leipzig 1849—71). In allen diesen Werken, welche wesentlich nur zum Nachschlagen dienen, nimmt die allgemeine Erdkunde meist nur den Platz einer Einleitung in die Staatenkunde ein. Demselben Typus gehörten an: des Italieners Adrian Balbi Abriss der Geographie (1825), namentlich in den späteren deutschen Uebersetzungen, sowie auch das fleissige Werk G. A. v. Klödens: Handbuch der Erdkunde (1. Aufl., 3 Bde., 1859—62; 3. Aufl., 5 Bde., 1879—84), nur insofern neueren Anforderungen entsprechend, als es in dem Band I: Physische Erdkunde den Versuch macht, der allgemeinen Erdkunde einen ebenbürtigen Platz neben der Länderkunde anzuweisen. In der 8. von Fr. Heiderich ganz umgearbeiteten Auflage von Balbi's Erdbeschreibung (Wien 1892—94, 3 Bde.) wird dieser Charakter zu Gunsten schildernder Darstellung abgestreift. H. Daniels Handbuch der Geographie (1. Aufl., 3 Bde., 1859—61; 6. Aufl. durchgesehen von B. Volz 1893—95) ist populärer Natur und zeichnet sich gegenüber der aufzählenden Form der genannten Werke durch geschickt ausgewählte Schilderungen von Land und Leuten aus; zu reich ist die Beigabe rein historischen Stoffes. Die Partien, welche die

Staatenkunde betreffen, sind ziemlich wertlos. Die Franzosen haben schon früher die zu enge Verbindung statistischen Materials mit der Länderbeschreibung vermieden und Malte-Bruns Précis de la géographie (1. Aufl., 8 Bde., 1810—29) bot lesbare Uebersichten, freilich ohne tiefere Quellenstudien. Mit Geist und grosser Darstellungskraft ist Elisée Reclus an die Aufgabe eines grossen Handbuchs der Länderkunde der bewohnten Oberfläche gegangen, nachdem er derselben eine „Allgemeine Erdkunde" („La Terre" 1. Aufl. 1867—68), hatte vorausgehen lassen. Seine „Nouv. géographie universelle; la terre et les hommes" (Bd. I—XIX, Paris 1875—94), bei der er später von einzelnen Mitarbeitern unterstützt ward, ist auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaut; es wendet sich diese bewundernswerte Leistung in ihrer schönen Sprache nicht an den Fachmann allein, sie kann dem Anfänger in manchen einzelnen Partien zum Abschluss des Studiums empfohlen werden. Auch verdient das prächtig ausgestattete Werk wegen der Fülle instruktiver und sauber ausgeführter Spezialkärtchen und kartographischer Darstellungen statistischer Verhältnisse Beachtung. Ein deutsches Unternehmen eines grossen geographischen Handbuchs nach neuen Anforderungen u. d. Titel „Unser Wissen von der Erde" ist nach Veröffentlichung einer allgemeinen Erdkunde und einer Länderkunde von Europa ins Stocken geraten. Es sind diese trefflichen Arbeiten später zu nennen. Knapper gefasst ist ein Sammelwerk ohne gemeinsamen Titel. Der Herausgeber dieser Einzelbände über die fünf Erdteile, Europa, Asien u. s. f., W. Sievers, nennt sie dem Inhalt entsprechend eine Allgemeine Länderkunde, ein Ausdruck, der erst in der Einleitung zum 2. Bande dieses Lehrbuchs seine Erklärung finden kann (Leipzig 1892—95; 2., gänzlich umgearbeitete Auflage 1901—04). Auch auf das grosse von H. J. Mackinder seit 1902 unternommene länderkundliche Sammelwerk „The Regions of the World" kann erst später eingegangen werden. Die von H. R. Mill herausgegebene „International Geography" (London 1899) und Scobels Geogr. Handbuch zu Andrees Handatlas (Leipzig, 2 Bde., 5. Aufl. 1909) sind insofern neue Erscheinungen, als sich im engen Rahmen zahlreiche Autoren vereinigten, um eine Gesamtübersicht über das weite Feld der Erdkunde zu geben. Soweit die Mitarbeiter Fachmänner sind — Scobels Handbuch zählt 16, das englische Werk 70 Mitarbeiter — haben sie es verstanden, treffliche Skizzen über Einzelkapitel der allgemeinen Erdkunde oder Einzelländer zu entwerfen. Eine einheitliche Behandlung ist auf diesem Wege schwer durchführbar. Auch Italien hat ein grosses geographisches Handbuch in neuem Aufbau in Marinelli's „La Terra, trattato popolare di geografia universale" (Milano bei Vallardi, 7 starke Bde., 1887—1902), das sich vor anderen Werken der gleichen Art durch die Fülle beigefügter Quellennachweise auszeichnet.

§ 7. Karten und Atlanten. Im Altertum und Mittelalter ist die beschreibende Geographie der darstellenden Kunst der Kartenzeichnung weit voraus gewesen. Wenige Denkmäler sind uns aus dem Altertum überliefert. Jedoch kann kein Zweifel darüber bestehen, dass man z. B. zur Geographie des Ptolemaeus bereits Karten zeichnete, welche auf Grundlage eines mathematischen Entwurfs die gegenseitige Lage der Oertlichkeiten nach geographischer Länge und Breite anzeigten. Andere Karten des Altertums wie die berühmte sogenannte Tabula Peutingeriana aus dem 4. Jahrh. n. Chr. hatten mehr den Charakter von Wegenetzen, auf denen die Entfernungen der Orte mit Ausserachtlassung der Rücksicht auf die Richtung der Wege zusammengestellt wurden. — Im Mittelalter begnügte man sich durch Jahrhunderte mit Weltbildern, welche meist in der Form einer kreisrunden Scheibe (Radkarten) in rohen Zügen den Gesamtinhalt des Wissens zusammenfassten. Jedoch begannen seit dem 13. Jahrhundert die Italiener die Erfahrungen der das Mittelmeer befahrenden Seeleute durch Karten zu verwerten, auf denen die Gestalt der Meeresbecken und Küsten in oft überraschender Treue der gegenseitigen Entfernung und Richtung zur Darstellung

gebracht wurde. Freilich ohne astronomische Ortsbestimmungen konstruiert, leiden sie an falscher Orientierung. Das Wiederaufleben der Wissenschaften im 15. Jahrhundert brachte Ptolemaeus wieder zur Geltung und die seiner Geographie beigegebenen Karten bilden die ersten Atlanten moderner Zeit, indem die Herausgeber den Blättern ptolemaeischer Geographie immer zahlreicher sog. Tabulae novae hinzufügten. (Vergl. S. 18 Anm. 26.) 1570 trat Ortelius in Antwerpen mit einer neuen Kartensammlung unter dem Titel „Theatrum orbis terrarum" hervor. Aber erst Gerhard Mercator († 1594) hat das Verdienst eines bedeutenden Fortschritts, indem er wieder neue, nach mathematischen Prinzipien entworfene Projektionsarten einführte. Die von ihm gezeichneten Karten erschienen 1595 zuerst unter dem Namen Atlas und wurden, in den Besitz der Familie Hondius übergehend, im 17. Jahrh. vielfach aufgelegt und erweitert. Daneben erwuchsen in den Niederlanden die Jansonschen und Blaeuschen Atlanten mit 400—500 Tafeln zu einem Umfang, wie ihn unsere heutigen nicht mehr besitzen[10]). Dasselbe gilt von dem grossen Sansonschen Atlas, der im 17. Jahrh. zwar in Frankreich erschien, aber wesentlich die Holländer etc. nur nachbildete. Die einzelnen Karten waren natürlich von ausserordentlich verschiedenem Wert. Nur wenige konnten sich rühmen, richtige Bilder der Erdoberflächenstücke zu sein, auf denen die Orte ihre richtige gegenseitige Lage, Flüsse und Küstenlinien ihren wahren Verlauf hatten. Es fehlte vor allem an zahlreichen und genauen geographischen Ortsbestimmungen. Aber es verging noch mehr als ein Jahrhundert, bis man die Errungenschaften einer richtigen Landesvermessung verwertete. Selbst die wenigen Positionsbestimmungen der Astronomen fanden erst sehr allmählich bei den Kartographen Eingang. Es ist das Verdienst des Franzosen G. Delisle, des Aelteren, die neueren Ortsbestimmungen zuerst ausgiebig benutzt und so 1700 ein naturwahreres Bild Europas gezeichnet zu haben, welches den Hauptfehler Ptolemaeischer Karten, nämlich die Ausdehnung des Mittelmeers über 62 Längengrade statt über 42, gänzlich beseitigte[11]). Er selbst hat an 100 Karten veröffentlicht und in dem kritischen Geographen d'Anville († 1782) einen ausgezeichneten Nachfolger gehabt. In Deutschland beherrschte im 18. Jahrhundert der Homannsche Atlas den Markt; J. B. Homann hat seit 1710 Nürnberg zum Sitz einer tüchtigen geographischen Anstalt gemacht, in der die Kunst des Kupferstichs gepflegt ward, nur war seine Zeit und die seiner Nachfolger zu wenig ergiebig an neuen Originalaufnahmen.

Die neue Periode der Kartographie beginnt mit dem Zeitalter der wissenschaftlichen Entdeckungsreisen und dem Anfang der topographischen Aufnahmen, also in der zweiten Hälfte des 18. Jahrh. Die Weltumsegelungen zu wissenschaftlichen Zwecken, besonders die Fahrten Cooks, auf denen zuerst die neuere Methode, geographische Längen durch Mondabstände zu bestimmen, durchgeführt wurde, haben es ermöglicht, die Küstenumrisse der Festländer und Inseln immer genauer nach ihrer Lage und ihrem Verlauf kartographisch niederzulegen. Diese Arbeiten haben seitdem nicht geruht und ruhen auch heute noch nicht. Die seefahrenden Nationen, in jüngster Zeit auch Deutschland, senden jährlich Kriegsschiffe aus, um Küsten genau vermessen zu lassen, sodass in den Seekarten (Admiralitätskarten), vor allem der britischen Marine, welche deren mehr als 4000 veröffentlicht hat, das kartographische Quellenmaterial für die meisten Küstenlinien der Erde niedergelegt ist[12]).

Die zweite Grundlage für die Karten in unseren heutigen Atlanten sind die genaueren topographischen Aufnahmen. Auch hier handelt es sich

[10]) Siehe O. Peschel, Gesch. d. Erdk. 1877, 422. — [11]) Chr. Sandler, Die Reformation der Kartographie um 1700. München 1905. Fol. — [12]) Catalogue of Admiralty Charts, Plans and Sailing Directions. London, oft in erneuter Ausgabe erscheinend.

um Arbeiten, welche die Kräfte des Einzelnen überschreiten und daher nur von Regierungen in die Hand genommen werden können, indem sie auf Jahre hinaus ein ausgebildetes Vermessungskorps unterhalten. Die Franzosen, welche im 18. Jahrh. die bedeutendsten Anregungen auf dem Gebiete der mathematischen Geographie in weiterem Sinne gegeben haben, sind durch Herstellung der 1783 vollendeten Cassinischen Karte von Frankreich auch hierin den anderen Staaten Europas vorangegangen. Erst nach den Napoleonischen Kriegen, welche das Bedürfnis nach genauen Karten mit entsprechender Wiedergabe der Höhenunterschiede des Geländes besonders fühlbar gemacht hatten, begannen auch andere Staaten sich dieser Art der Erforschung ihres Territoriums zu widmen. Manche erst in jüngster Zeit, sodass bis jetzt erst einige Staaten wie z. B. Frankreich nach einer neuen Aufnahme des Landes, die Schweiz, die süddeutschen Staaten, Belgien, die Niederlande, Oesterreich-Ungarn, seit 1910 auch das Deutsche Reich etc. topographische Karten über das ganze Staatsgebiet besitzen. Im Verhältnis zur ganzen Erdoberfläche ist der Erdraum, für welchen topographische Aufnahmen im Gange oder angebahnt sind, noch klein. Europa mit Ausschluss der Türkei, Teile Nordamerikas und einiger südamerikanischer Gebiete, Teile Russisch-Asiens, Indien, die australischen und einige andere Kolonien, neuerdings auch Japan, kommen hier zurzeit in Betracht. Wenn man bedenkt, dass die topographischen Karten, falls sie wissenschaftlichen Ansprüchen genügen sollen, einen Massstab von durchschnittlich 1 : 100000 besitzen müssten (die vorhandenen schwanken zwischen 1 : 50000 und 1 : 150000), so kann man sich eine Vorstellung davon machen, wie mit der Grösse des Gebietes der Umfang dieser Landesatlanten wachsen muss. In dem handlichen Format unserer neuen deutschen topographischen Karten, die mit dem Papierrand etwa 42 cm hoch und 50 cm breit sind, umfasst jedes Blatt nur $^1/_8$ eines Gradtrapezes, also durchschnittlich etwa 960 qkm, sodass man 674 Blätter zur Darstellung des Deutschen Reiches bedarf; für Europa sind deren etwa 20000 erforderlich[13]). Näher werden wir auf den kartographischen Standpunkt Europas und der einzelnen Länder in den einleitenden Kapiteln zur Länderkunde von Europa und der übrigen Länder eingehen.

Für den grössten Teil der Landfläche stehen wir daher heute noch auf dem Standpunkt, welchen die Kartographen des 18. Jahrhunderts auch Europa gegenüber einnahmen. Wir hängen in unserer topographischen Kenntnis von dem Gang der Entdeckungsgeschichte, dem allmählichen Vordringen geographischer Ortsbestimmungen in solche Gebiete ab, welche uns bisher nur durch Erkundigungen oder einzelne Itinerarien mit Angabe der Richtung und der Länge der durchlaufenen Wege bekannt waren. Hier tritt die Arbeit des Einzelnen wieder in volle Geltung, indem der wissenschaftliche Kartograph alle ihm zugänglichen Quellen über ein darzustellendes Gebiet zu prüfen und vor allem die neuen Erforschungen an der Hand der älteren auf ihre Glaubwürdigkeit zu untersuchen hat. Als Originalkarten können in dieser Hinsicht viele der Tafeln wissenschaftlicher Zeitschriften gelten[14]).

Bei der Fülle des heutigen Kartenmaterials sind unsere sog. Handatlanten im allgemeinen nicht mehr als Urkunden im historischen Sinn, als Originalquellen zu betrachten, sondern sie sind Reproduktionen oder Reduktionen von Karten in

---

[13]) Vergl. die Uebersichtskärtchen über die wichtigsten topographischen Karten Europas, Nordamerikas, Indiens etc. v. H. Wagner, welche alle zwei bis drei Jahre im Geogr. Jahrbuch in neuer Ausgabe erscheinen, zuletzt Bd. XXXII, 1909. Neuerdings werden auch in Petermanns Geogr. Mitt. Indexblätter veröffentlicht. — [14]) L. Carrière gibt in Pet. Mitt. 1911, Bd. II, Taf. 46 eine Uebersicht unserer heutigen Kenntnis v. d. Relief der Erdoberfläche, durch die Grösse der Kartenmassstäbe klassifiziert. Weltkarte im Massst. 1 : 93000000.

grösserem Massstab auf solche in kleinerem. Alle unsere Atlanten können im Gegensatz zu den oben beschriebenen topographischen Karten nur Uebersichten oder sogenannte Generalkarten enthalten, wenn man auch wohl für diejenigen Blätter, auf denen einzelne Teile eines Landes oder Staates in grösserem Massstabe als das ganze Land dargestellt sind, den Namen Spezialkarte wählt. Durchblättert man unsere modernen Atlanten, so wird man nur selten für einzelne Karten des heimatlichen Staates auf einen Massstab stossen, der grösser als 1 : 1 000 000 wäre, und nur bei sehr grossem Format gelingt es, ein Gebiet von der Grösse einer preussischen Provinz in etwa 1 : $^2/_3$ Mill. (Kieperts Handatlas, Mitteldeutschland) oder 1 : $^1/_2$ Mill. (Thüringen, Stielers und Andrees Atlas) darzustellen. Man hilft sich neuerdings dadurch, dass man einzelne interessantere, dichter bevölkerte und daher mit einem dichteren Netz von Verkehrsfäden bedeckte Gegenden auf sog. Kartons in grösserem Massstab der Handkarte beigiebt. — Die Reduktion aus einem in grossem Massstab vorliegenden Kartenmaterial auf einen beträchtlich kleineren ist aber keineswegs nur eine technische Kunst, sondern eine wissenschaftliche Leistung von hervorragender Bedeutung. Die Hauptschwierigkeit liegt für denjenigen, welcher wenig durchforschte Gebiete darstellen will, in der kritischen Sichtung des Materials. Wo aber der Kartograph auf topographische Karten zurückgreifen kann, da gilt es, erst innerlich die Fülle der Einzelgestaltungen zu einem Ganzen zu verarbeiten und bei der Wiedergabe richtig zu generalisieren. An dieser schwierigen Kunst, die sich ganz besonders an der Darstellung der Bodenerhebungen zu erproben hat, scheitert die Mehrzahl unserer Kartenzeichner. Wo sie in strengem Sinne geübt wird, da fördern die Werke der wissenschaftlichen Kartographen gerade dadurch, dass sie uns Uebersichtskarten liefern, das Studium der Länderkunde in hohem Masse, indem sie uns durch ihre Darstellung das Verständnis der zusammenhängenden Terrainformen, seien es Hochländer, Terrassen, Niederungen, Becken oder Gebirge und einzelne Berge erst richtig vermitteln. In diesem Sinn sind ihre Arbeiten als Originalarbeiten zu betrachten, welche die einzige Quelle für zahllose Kopien und z. T. höchst mangelhafte Nachbildungen bieten, mit denen der Markt, — in der neueren Zeit zum Glück weniger —, infolge der fortschreitenden Technik der graphischen Künste überschwemmt wird.

Das Verständnis für den hier angedeuteten Unterschied ist im grossen, sich für die Geographie interessierenden Publikum noch wenig verbreitet[15]), sonst könnten sich nicht so viele Autoren an die Herstellung kartographischer Werke und Kartenbilder wagen, auf denen die Terraindarstellung allen neueren Errungenschaften Hohn spricht. Wir haben dieser Erzeugnisse daher hier nicht zu gedenken, auch eine Kritik der vorhandenen Schulatlanten müssen wir hier übergehen. Man vergegenwärtige sich nur, dass, wenn auch als Quelle für die Herstellung derselben unsere Handatlanten dienen können, dennoch beim Uebergang von den Karten derselben zu dem kleineren Massstab der Schulatlanten eine ähnliche geistige Verarbeitung des Kartenbildes erforderlich ist, damit man die Grundformen der Bodenplastik, der Küsten- und Flusslinien etc. in richtiger Verallgemeinerung zur Darstellung bringt.

Diese Bemerkungen müssen dem Hinweis auf Eigenart und Wert unserer grossen Handatlanten vorausgeschickt werden. In Deutschland hat sich seit Anfang des 19. Jahrhunderts eine neue kartographische Schule in Gotha (Geogr. Anstalt von Justus Perthes) gebildet, deren Arbeiten schliesslich ihren Mittelpunkt in der Herstellung und fortwährenden Erneuerung und Er-

[15]) Wir verweisen auf den beherzigenswerten Artikel von C. Vogel: „Die Herstellung und Zuverlässigkeit moderner Landkarten“ in „Aus allen Weltteilen“, Februar und April 1881, und zahlreiche Artikel in den Kartograph. Monatsberichten in Pet. Mitt. (s. S. 14 oben).

weiterung von Stielers Handatlas (begonnen 1817, in der 13. Ausgabe seit 1901/04 auf 100 Karten gebracht) findet. Derselbe steht zurzeit in der völlig neuen Gestalt, welche er in dieser neuesten (neunten) Ausgabe erhalten hat, wieder an der Spitze aller ähnlichen Unternehmungen Deutschlands und des Auslandes. Seinen Ruf verdankt er der unausgesetzten Sorgfalt, welche von seiten hervorragender Kartographen (früher Stieler, Stülpnagel u. a., Petermann, H. Berghaus, C. Vogel, neuerdings H. Habenicht, Lüddecke, Koffmahn, Domann u. a.) und Kupferstecher auf die Blätter verwandt ward. Der frühere Mangel des in seiner Technik ausserordentlich fortschreitenden Unternehmens, dass es zu wenig nach einheitlichen Gesichtspunkten entworfen war, ist mehr und mehr zurückgetreten. Die Hauptvorzüge sind die Handlichkeit, relativ sehr grosse Zuverlässigkeit, die stete quellenmässige Erneuerung, die Plastizität der meisten Terraindarstellungen. Ferner hat er nach der technischen Seite vor allen anderen deutschen Atlanten die durchgehende Ausführung in Kupferstich voraus, wenn auch die Blätter jetzt durch Umdruck vom Stein gedruckt werden. Früher nur in Schwarzdruck hergestellt, gibt die neueste Ausgabe das Gelände in sauberem Braundruck. — Die grosse Reihe älterer Atlanten, die immer wieder mit kleinen technischen Auffrischungen auf dem Markte erscheinen, übergehen wir bei der grossen Zahl tüchtiger neuerer Leistungen. Hinter diese tritt heute auch der von Heinrich Kiepert 1860 in 45 Karten sehr grossen Formates herausgegebene Atlas stark zurück, obwohl er sich durch Einheitlichkeit der Anlage und Gleichförmigkeit der Nomenklatur auszeichnete. Aber die Terraindarstellung in lithographischer Ausführung ist grossenteils ganz veraltet und unschön. Die 3. mit reichem, statistischen Text versehene Ausgabe (1893—95) ist nur in nebensächlichen Punkten ergänzt und berichtigt. — Unter den Atlanten neueren Ursprungs hatte infolge seines billigen Preises Andrees Allgemeiner Handatlas (Leipzig, Velhagen & Klasing, 1881) eine weite Verbreitung gehabt trotz grosser technischer Mängel. In 4. Aufl. 1899 u. besonders 5. Aufl. 1905 ist er gänzlich erneuert und stellt zurzeit das umfangreichste deutsche Kartenwerk dar, hat dadurch aber stark an Handlichkeit verloren. Er umfasst 103½ Blätter von 38 × 48 cm Stichfläche, übertrifft demnach hierin Stielers Atlas um ein Viertel. Gegen früher hat der Atlas an wissenschaftlichem Gehalt und technischer Ausführung gewonnen. Neben trefflichen, zuverlässigen und übersichtlichen Blättern bleiben manche, namentlich die Deutschlands, die an grosser Ueberfülluug leiden, noch zurück. — In gleich grossem Format ist 1894 ein vortrefflicher „Neuer Handatlas“ von E. Debes (Leipzig, Wagner & Debes) in 50 Bl. herausgegeben (3. Aufl. 1911); er zeichnet sich aus durch übersichtliche Anlage, sorgfältige Bearbeitung der Einzelblätter, sehr klare und saubere Situationszeichnung und geschmackvolle Farbenwahl. Was in lithographischem Terrainstich zu erreichen, zeigt sich in der Mehrzahl der Blätter, deren manche jedoch auch an Ueberfüllung mit Namen leiden. Im Massstab der deutschen Landschaftskarten (1 : 1 000 000) die Stielerschen Spezialblätter übertreffend, beschränkt sich der Debessche Atlas bei Darstellung der europäischen, nicht-deutschen Staaten (meist 1 : 2⅜ Mill.) und aussereuropäischen Länder. — Ein planvoll angelegter Ersatz des alten Sohr-Berghausschen Handatlas (Glogau, Flemming), von A. Bludau entworfen und bearbeitet, ist nach Erscheinen von 27 der geplanten 84 Blätter (1901—06) ins Stocken geraten. Er ist im übrigen eine völlige Neuschöpfung, die bei dem handlichen Format des Stieler auf möglichste Einheitlichkeit der Massstäbe und zweckmässige Auswahl neuer Projektionsarten besonderen Wert legt. Der Atlas tritt jedoch durch die unschöne Derbheit der Linienelemente und ihre stark schematisierende Generalisierung, die auch zum kräftig dargestellten Terrainbild in keinem Verhältnis steht, hinsichtlich der Situationszeichnung hinter den kartographischen Standpunkt, der in den Atlanten von Stieler und Debes vertreten ist, zurück. — Lediglich des von A. Hettner

verfassten wertvollen und durch hunderte von Kärtchen und Diagrammen illustrierten Textes wegen mag auch Spamers grosser Handatlas (Leipzig 1896) genannt werden. Denn seine 75 Karten, deren gröste Zahl von den Platten des Atlas de géographie moderne von Schrader, Prudent et Anthoine gedruckt sind, stehen nach Inhalt und Technik weit hinter dem Durchschnitt deutscher kartographischer Erzeugnisse zurück[16]). Die Karten zu Meyers Konversationslexikon werden auch in besonderen Bande als Meyers Geographischer Handatlas (Leipzig, 4. Aufl. 1912) ausgegeben, zugleich mit einem Namenindex. Die Karten, deren Massstab naturgemäss die der Handatlanten nicht erreichen kann, sind stark mit Namen überfüllt.

England hat seit länger grosse teuere Handatlanten, unter denen der neueste Imperial-Atlas von Philips 1890 (160 Mk.), die anderen, wie den Royal Atlas von Johnston (London 1855, neueste, jedoch wenig erneuerte Aufl. 1905), überragt, ohne dem Mangel englischer Kartographie, der überaus unvollkommenen Terraindarstellung, zu begegnen.

In Frankreich arbeitete man seit Jahrzehnten (1876) an dem grossen Atlas universel in 90 Blatt von Vivien de St. Martin, fortgesetzt von Fr. Schrader (Paris, Hachette), der nunmehr (1912) vollendet ist. Grossenteils sind es sorgfältige Arbeiten, in fast zu feinem Kupferstich ausgeführt[17]).

Mehr noch als bei den grossen Handbüchern leidet die Kartenliteratur infolge der Kostspieligkeit ihrer Herstellung unter dem leidigen Umstande, dass sie den verschiedensten Zwecken dienen und rein wissenschaftliche Aufgaben wie z. B. die Hervorhebung der Plastik des Bodens hinter denen der Zweckmässigkeit z. B. der Aufnahme möglichst zahlreicher Ortsnamen, wodurch nicht selten das Terrainbild arg gestört wird, zurücktreten lassen muss. So entbehren wir bis heute einen Handatlas für das wissenschaftliche Studium der Länderkunde, wie wir ihn für die physikalische Geographie in Berghaus' Handatlas (Gotha, 3. Aufl., 1886—92, in 75 Karten) und die historische Geographie in Spruner-Menkes Handatlas (Gotha, 3. Aufl., 1880, in 90 Karten) besitzen. Der Versuch, welchen Emil v. Sydow vor siebenzig Jahren mit seinem Methodischen Handatlas f. d. wissensch. Studium der Erdkunde (1842) machte, ist seit 1864 nicht fortgeführt. Der Atlas, in 4. Aufl. verbessert und auf 42 Karten gebracht, ward nicht mehr ausgegeben. Seine Stelle beabsichtigt in gewissem Sinne Sydow-Wagners Methodischer Schulatlas in 47 Karten (Gotha, 1. Aufl. 1888, 15. Aufl. 1912), vom Verfasser dieses Lehrbuchs gänzlich neu entworfen und bearbeitet, zu ersetzen, soweit dies bei dem kleineren Massstabe der europäischen und speziell deutschen Karten möglich ist. Dennoch werden wir in diesem Lehrbuch oft auf dieses Kartenwerk verweisen, das später durch eine Reihe von Spezialkarten erweitert und ergänzt werden soll. Es ist in dem Atlas auf ein klares, charakteristisches Terrainbild besonderer Wert gelegt. 10 Karten dienen der allgemeinen Erdkunde. In Frankreich hat Vidal de la Blache 1894 einen weit umfangreicheren Atlas général von 137 Bl. (Paris, Colin) für das Studium der Geographie herausgegeben, welcher einen vollen Geschichtsatlas mit umfasst und jeder Landkarte eine Reihe physikal.-statist. Kärtchen

---

[16]) Vergl. A. Penck, Deutsche Handatlanten in Geogr. Zeitschr. XVII. 1911, 633—45. — [17]) Bei den raschen Fortschritten der Entdeckungsgeschichte, der Höhenmessungen, der Ausbreitung der Verkehrswege, wie besonders der Eisenbahnen tragen alle Karten mehr wie in früheren Zeiten den Keim des Veraltens in sich. Für die Neuheit eines Kartenblattes bürgt nicht immer die Jahreszahl des Drucks. Es ist daher eine beklagbare Unsitte, dass noch nicht auf allen Karten das Datum der Durchsicht, der Korrektur angegeben wird (wie dies jetzt auf denen des Stielerschen Atlas und anderer Atlanten geschieht), aus dem allein man ersehen kann, ob man neue Angaben darauf zu finden hoffen darf oder nicht.

beifügt; 2. Aufl. 1909, mit 420 Einzelkarten. Die Landkarten selbst sind ganz skizzenhaft gehalten. In England wird die gleiche Kategorie durch Philips Systematical Atlas in 52 Karten, herausgegeben von Ravenstein (London 1894), vertreten, und ebenso durch The international Students Atlas of modern Geography in 105 Karten, unter Leitung von J. G. Bartholomew hergestellt (London 1902).

Das verheissungsvolle neue Unternehmen des „Kartographischen Monatsberichts" von H. Haack (Beigabe zu Petermanns Geogr. Mitteilungen seit 1908) ist leider bereits 1912 wieder eingeschlafen[18]).

§ 8. Namenkunde. Die geographische Namenkunde ist ein Wissenszweig, dem man, wie J. J. Egli's Geschichte der geogr. Namenkunde (Lpz. 1886) näher nachweist, schon vor fünf Jahrhunderten Aufmerksamkeit geschenkt hat, um ihn dazwischen wieder lange liegen zu lassen. In neuerer Zeit wird sie lebhaft gepflegt, und es mag genügen, hier auf Egli's grundlegendes Werk „Nomina geographica" (1872, 2. sehr verbesserte Aufl. 1892) und desselben Berichte über die Fortschritte der Namenlehre im Geogr. Jahrbuche (1882—96) zu verweisen, die seit 1904 von J. W. Nagl fortgesetzt werden. Wir verkennen nicht den Vorzug, den jedes Lehrbuch der Geographie aus der Deutung vieler Namen nehmen könnte, und legen uns nur aus Mangel an Raum Beschränkung in diesem Werke auf.

Ganz besonders wird auch in neuester Zeit die Frage der Rechtschreibung[19]) und der Aussprache geographischer Namen erörtert. Offenbar kann man eine grosse Reihe rein willkürlicher und positiv falscher Schreib- und Sprechweisen durch entsprechende Vereinigungen ausmerzen, und das Ziel einer verständlichen Umschreibung solcher Namen, die nicht dem germanisch-romanischen Sprachgebiet angehören, muss erstrebt werden. Dagegen wird man durch internationale Vereinigungen schwerlich zu einer absoluten Einigung und zur Ausmerzung vollständig in den Sprachschatz der einzelnen Länder eingebürgerter Namen (wie z. B. Mailand, Florenz, Venedig und Neapel für Milano, Firenze, Venezia, Napoli etc.) kommen. Ein zweckmässiges Hülfsbuch für die Aussprache ist August Müllers Wörterbuch der Aussprache ausländischer Namen (Neueste Aufl. 1888 mit Nachtrag 1903). Unerlässlich ist für jeden Geographen, sich die Aussprache gewisser Vokale und Konsonanten, soweit sie in den übrigen Kultursprachen von der unsrigen abweichen, fest einzuprägen. Erwünscht wäre es, wenn die allgemeine Betonung der Namen in der geographischen Literatur wie auf Karten noch mehr als bisher durch Akzentuierung kenntlich gemacht würde.

§ 9. Sammlungen einzelner Kategorien von geographischen Vermessungsresultaten. Geographische Ortsbestimmungen für die gesamte Erde hat man früher öfters in grossen Tabellenwerken zusammengestellt. Neuerdings pflegt man sich wegen der ausserordentlichen Vermehrung auf einzelne Gattungen geographischer Objekte oder kleinere Erdräume zu beschränken. Das Fundament bildet die Bestimmung der geographischen Lage der Sternwarten. Das Geogr. Jahrbuch teilt (zuletzt Gotha, Bd. XXIX, 1906) die Länge und Breite von 274 Sternwarten mit. Zahlreiche (gegen 5000) geographische Positionen enthält die jährlich erscheinende Pariser „Connaissance des Temps", selbstverständlich noch vom Pariser Meridian aus zählend. Angaben von Positions-

[18]) Gewarnt muss werden vor Benutzung von W. Stavenhagens umfangreicher, aber ganz unwissenschaftlicher, an zahllosen Irrtümern und Missverständnissen leidender „Skizze der Entwickelung und des Standes des Kartenwesens des ausserdeutschen Europa" (Erg.-Heft Nr. 148 zu Peterm. Geogr. Mitt., Gotha 1904), sowie vor dessen übrigen Aufsätzen zur Geschichte der Kartographie. — [19]) Ueber den Stand der Frage orientiert W. Köppen: Die Schreibung geographischer Namen. Hamburg 1893.

bestimmungen von Küstenpunkten (Inselchen, Kaps, Leuchttürmen etc.) findet man oft revidiert in H. Raper, The Practice of Navigation and nautical Astronomy, London. An dieser Stelle mag auch auf W. T. Lundgrens Hafen-Lexikon, Stockholm 1881, und Jülfs und Balleer, Die wichtigsten Seehäfen der Erde (I. u. II. 1870—1875. Asien, Australien, Amerika; III, 1. 1878. Südwesteuropa) hingewiesen werden.

Sammlungen von Längenmessungen in betreff von Flusslinien, Küstenstrecken, Entfernungsangaben treten nur sporadisch in der geogr. Literatur auf. Vergl. den Abschnitt Kartometrie § 113, Stromentwickelung § 180, Küstenentwickelung § 185.

Für Flächenbestimmungen kann auf die von Behm, Wagner und Supan herausgegebene periodische Publikation, die „Bevölkerung der Erde", Ergänzungshefte zu Petermanns Geogr. Mitteilungen (Gotha I—XIII, 1872—1910), verwiesen werden, welche nach ihrer einen Seite ein Archiv für neue Arealbestimmungen ist mit steter Quellenangabe und Prüfung ihrer Wahrscheinlichkeit. Doch ist ihre Fortsetzung in Frage gestellt. Neben politischen Bezirken kann man Insel- und Seengrössen direkt daraus entnehmen (vergl. § 174). Für Flussgebiete (§ 178), Hoch- und Tieflandsflächen, Halbinseln und ähnliche natürlich abgegrenzte Gebiete liegen zurzeit schon manche einzelne Messungen vor, auf die später zu verweisen ist.

Sammlungen von Höhenmessungen in tabellarischer Form und einigermassen erschöpfend gibt es für die gesamte Erdoberfläche nicht. Schon ist ihre Zahl dazu zu gross. Für einzelne Gebirge hat man sie versucht, für viele kritisch noch nicht zusammengestellt. In manchen Staaten bieten die Publikationen der Nivellements eine Hauptquelle der Höhenmessungen. In die topographischen Karten werden Höhenziffern mit eingeschrieben und aus diesen gehen sie in andere Generalkarten über; aber die letzteren enthalten auch viele in Gegenden, für welche das Material anderen Quellen entnommen werden muss, ohne dass man uns auf diese lezteren hinwiese. Hier kann nur der Name des Autors der Karte eine Bürgschaft geben, und ganz besonders ist das Vorurteil zu bekämpfen, dass die Ziffern einer Karte nur deshalb den Vorzug verdienten, weil dieselbe ein neueres Datum trägt.

§ 10. Methodik des geographischen Unterrichts. Eine alle Stufen des Unterrichts gleichmässig berücksichtigende Methodik besitzen wir nicht. Staubers Schrift: Das Studium der Geographie in und ausser der Schule (Augsb. 1888) ist, obwohl in Brüssel preisgekrönt, eine unbedeutende Kompilation. — In betreff des akademischen Unterrichts mag auf H. Wagners Jahresberichte im Geogr. Jahrbuch verwiesen werden, obwohl die eigentlich methodischen Fragen der Unterweisung daselbst nur wenig berührt sind. — Zahllos sind die Schriften hinsichtlich des geographischen Unterrichts an höheren und niederen Schulen. Ueber die Geschichte desselben muss man die Handbücher oder enzyklopädischen Werke über Pädagogik vergleichen. Einzelnes bieten für die älteren Zeiten Lüddes auf S. 3 genannte Schriften. Eine kurze Zusammenfassung gibt Chr. Gruber: Die Entwickelung der geogr. Lehrmethoden im 18. u. 19. Jahrh. (München 1900). Zu einem kleinen literarischen Repertorium haben die neueren Bearbeiter Oberländers Schrift: Der geogr. Unterricht nach den Grundsätzen der Ritterschen Schule (1869, 7. Aufl., von B. Weigeldt 1912) anwachsen lassen, ohne die Bruchstücke recht zu verarbeiten. Rein bibliographisch ist das „Verzeichnis empfehlenswerter Bücher und Lehrmittel für den Geographie-Unterricht" von F. Regel und A. Frenzel, Dresden 1910 (Schriften der Pädagog. Gesellschaft, Heft 5 u. 6). A. Kirchhoffs Artikel in Schmids Enzyklopädie der Pädagogik II, 1878 und seine mit S. Günther herausgegebene „Didaktik und Methodik des geogr. Unterrichts" (2. Aufl., München 1906) enthalten treffliche Winke; umfassender, wenn auch mehr subjektive Auffassungen gebend, sind H. Matzats „Methodik des geogr.

Unterrichts“ (Berlin 1885) und C. Boettchers Schrift „Die Methodik des geogr. Unterrichts“ (Berlin 1886), zweckmässig ergänzt durch R. Lehmanns Vorlesungen über Hülfsmittel und Methode des geogr. Unterrichts, die aber ein Bruchstück geblieben sind (I, Halle 1885—93); s. a. A. Beckers „Methodik des geogr. Unterrichts“ (Wien 1905). Auf die ungemein ausgebreitete, besonders von Seminar- und Volksschullehrern gepflegte Literatur methodischer Einzelfragen kann hier nicht eingegangen werden. Ein hierher gehöriges Sammelwerk mit einzelnen wertvollen Beiträgen gaben K. C. Rothe und E. Weyrich unter dem Titel: „Der moderne Erdkundenunterricht“, Beiträge zur Kritik und Ausgestaltung in Verbindung mit 12 Schulmännern, heraus (Wien 1912). Die ältere „Zeitschrift für Schulgeographie“ (Wien 1880—1910) ist Ende 1911 mit dem „Geographischen Anzeiger“ (Gotha seit 1899, seit 1903 herausgegeben von H. Haack und H. Fischer, verschmolzen. In England besteht als Organ der britischen Geographical Association in London The Geographical Teacher, seit 1901 von A. J. Herbertson herausgegeben.

II. Geschichte der Methodik der Geographie als Wissenschaft.

§ 11. Das Altertum. Dem klassischen Altertum verdanken wir nicht nur einen grossen Schatz geographischer Einzelerkenntnisse, sondern auch die ersten Versuche, dieselben zu einer in sich abgeschlossenen Wissenschaft zusammen zu fassen. Der Name der letzteren — Geographie — ist griechischen Ursprungs; das Wort erscheint nicht vor Aristoteles[20]). Es bezeichnet in der älteren Zeit dem Wortlaut entsprechend nur die Kunst, Abbildungen von der Erdoberfläche (griech. *πίναξ*, bei den Römern *Tabula*) zu entwerfen, und geht erst allmählich auf die Beschreibung durch das Wort über.

Bereits während des gesamten griechisch-römischen Altertums gehören die Sammler, Erklärer und Förderer geographischer Erkenntnisse zwei verschiedenen Bildungsrichtungen an; dasselbe gilt von der nicht grossen Zahl derjenigen, welche bewusstvoll das Lehrgebäude einer systematischen Erdkunde zu errichten oder fortzubilden suchten. Auf der einen Seite Männer der exakten Schule, wie wir heute sagen würden, vertreten durch Geometer und Astronomen, denen die Erkenntnis der Gestalt und Grösse der Erde, die Verteilung von Land und Wasser, die Ausdehnung der Landfeste, die gegenseitige Lage und Entfernung der einzelnen Länder oder anerkannter Punkte in ihnen, also die Gliederung der Erdräume oblag. Auf der anderen Seite solche, denen die Erfüllung der Erdräume mit Menschen und Dingen mehr Interesse bot, welche in der Geschichtsforschung ihr eigentliches Arbeitsfeld hatten und dabei den Schauplatz der Begebenheiten zu kennen als notwendige Voraussetzung betrachteten. Ohne der Vorläufer in dieser kurzen Skizze näher zu gedenken, weisen wir für die Periode der ionischen Geographie auf Anaximander von Milet[21]), der in der ersten Hälfte des sechsten Jahrhunderts v. Chr. die erste Erdkarte herzustellen versuchte, als einen der ältesten Vertreter der ersten Richtung hin. Herodot (um 450 v. Chr.) gilt uns als der Vater der historischen Länder- und Völkerkunde, die mit Vorliebe bei der Beschreibung der Sitten und der Geschichte der einzelnen Völker verweilt und die Darstellung der Landesnatur mehr als eine jenem Zwecke untergeordnete Aufgabe betrachtet. — In der nachalexandrinischen Zeit war es der gelehrte Eratosthenes (276—195 v. Chr.), zu Alexandria lebend, welcher das erste wissenschaftliche System der Geographie verfasste und damit der Methodik derselben eine festere Grundlage gab, die für Jahrhunderte massgebend war. In den ersten Büchern[22]) des uns verloren gegangenen Werkes

---

[20]) Auch bei Aristoteles nur in der vielfach als unecht bezeichneten Schrift *περὶ κόσμου* oder de coelo I. — [21]) H. Berger, Wiss. Erdk. der Griechen, Abt. I. Ionier, Lpz. 1887, 2. Aufl. 1903, 2 ff. — [22]) H. Berger, Die geogr. Fragmente des Eratosthenes, Lpz. 1880, S. 17 ff.; Wiss. Erdk. d. Griechen 1903, 384.

beschäftigt er sich wesentlich mit Erweckung räumlicher Vorstellungen über Gestalt und Grösse der Erde. Dann folgte der Kartenentwurf für die bewohnte Erdoberfläche mit Einführung eines Systems von Hülfslinien zum Aufbau einer übersichtlichen Lagenbeschreibung, der Versuch einer Einteilung der Länderräume nach grossen geometrischen Abschnitten, die Beschreibung derselben mit Rücksicht auf die Einzelländer und -völker. Dieses Eratosthenische Lehrgebäude ist noch von dem Griechen Strabo (68 v. bis 24 n. Chr.), der zur Zeit des Kaisers Tiberius seine berühmten, uns fast ganz erhaltenen *Γεωγραφικά* in 17 Büchern schrieb, trotzdem er vielfach seines Vorgängers Methoden angreift, im wesentlichen zu grunde gelegt[23]). Den Namen des grössten Geographen des Altertums, welchen man ihm in unserem Zeitalter beigelegt hat, kann man ihm freilich nur innerhalb der historischen Richtung der Erdkunde zuerkennen. Denn seine Bedeutung liegt nach der methodischen Seite vor allem darin, dass er den Gedanken ausführte, die Geographie sei ein philosophisches Werk, dem es zukomme, die Beschaffenheit der Landesnatur (welche ebenso wie die Einteilung der Erdräume nach Naturgrenzen als den bleibenden[24]) der Ausgangspunkt für die Geographie sei) in Verbindung mit dem Kulturzustand der Bewohner zu bringen und zu zeigen, wie dieselbe hier zur Vervollkommnung der Sitten und Staatseinrichtungen beigetragen, dort die Fortschritte gehindert habe[25]). Dieser „Strabonische Gedanke" kommt bei den späteren Länderbeschreibern freilich wenig zur Geltung. Die Form der Periegese, d. h. der aneinanderreihenden Schilderung, als wandere der Autor längs der Küsten oder einzelnen Hauptwege durch die darzustellenden Länder, — wie sie z. B. der Schrift des Pomponius Mela (um 40 n. Chr.) „de situ orbis" eigen ist, einem der gelesensten geographischen Bücher im Mittelalter und Beginn der Neuzeit, — ist dabei dem systematischen Aufbau der Länderkunde nicht günstig gewesen. In der Tat behält denn auch die exakte Schule den Sieg, und nicht Strabo, sondern Claudius Ptolemaeus (um 150 n. Chr.) galt den späteren Jahrhunderten als der grösste Geograph des Altertums. Sein geographisches Hauptwerk: *Γεωγραφικὴ Ὑφήγησις*, geographische Anleitung[26]), sieht die Aufgabe der Geographie, im Gegensatz zur Chorographie und Topographie[27]), in einer Dar-

---

[23]) Erste lateinische Uebersetzung zu Bologna 1467 gedruckt, der griechische Text zuerst 1576; letzte neuere Ausgaben von G. Kramer, 3 Bde., 1844—52, und von Carl Müller (Paris, Didot 1853—56, mit Atlas von 15 Tafeln). Beste deutsche Uebersetzung mit kritischen Anmerkungen von Groskurd, 4 Bde., Berlin 1831—34; handlich ist die Uebersetzung von Forbiger, 2 Bde., Stuttg. 1856. — [24]) Lib. II, Cap. V, 17. — [25]) S. z. B. Lib. II, Cap. V, 26. — [26]) 1410 zuerst ins Lateinische übersetzt; zuerst gedruckt in lateinischer Uebersetzung zu Bologna 1472; der griechische Text herausgegeben zuerst von Erasmus in Basel 1533. (Nordenskiöld zählt in seinem Facsimile-Atlas, 1889, 56 Ausgaben auf, wovon 33 vor 1570.) Von neueren Ausgaben ist keine vollendet. Die Willberg-Grashoffsche, Essen 1838—45, umfasst die Bücher I—VI; von derjenigen Carl Müllers ist Bd. I, enthaltend Lib. I bis III, 1883, Lib. IV und V, 1901 nebst einem Atlas von 36 Karten erschienen (Paris, Didot). Eine deutsche Uebersetzung auch des 1. Buches, wie sie nach Günther (Math. Geogr., 5) schon von Georgii 1832 geliefert sein sollte, ist niemals erschienen. — [27]) Lib. I, Cap. I.

stellung der Erdoberfläche durch die Zeichnung und bietet auf Grund aller vorhandenen Quellen eine kritische Materialiensammlung zum Entwurf von Karten der bewohnten Erde und neue Methoden der Darstellung des Erdbildes.

§ 12. Das 16. Jahrhundert bis zur Lösung vom Altertum. Das gesamte Mittelalter kann hier übergangen werden. Die römisch-griechische Geographie erstarb. Weder in der sogenannten patristischen Zeit, die etwa bis zum Jahre 1000 reicht, noch in der Scholastik hat das Mittelalter nach der methodischen Seite Massgebendes geleistet und die arabische Geographie[28]) ward für die Systematik gleichfalls nicht von Einfluss.

Mit dem Wiederaufleben der Wissenschaften feierte zuerst allein Ptolemaeus eine Wiedergeburt und seine Geographie beherrschte direkt oder indirekt auch noch das Zeitalter der Entdeckungen. Die Pflege der Geographie ist unter dem aus dem frühen Mittelalter überkommenen Namen der Kosmographie[29]) nicht ausschliesslich in den Händen der Astronomen, weil sich damals humanistische Studien noch mit dem der mathematischen Disziplinen vereinigen liessen. Die Deutschen nahmen sich derselben im 16. Jahrhundert in hervorragender Weise an. Peter Apians weit verbreiteter Cosmographicus liber (1524)[30]) kann als typisch für jene exakte Richtung gelten, die sich eng an des Ptolemaeus Auffassung vom Wesen der Geographie anschloss. Auf der einen Seite beschränkt sie sich auf die drei Hauptfragen messender Tätigkeit: Orientierung auf der Erdoberfläche (Ortsbestimmung), Berechnung der Entfernung zweier Orte und Kartenentwurf, auf der anderen berücksichtigt sie die Interessen der Länderkunde im „Abäcus", d. h. der Liste von Städten und Inseln nach Länge und Breite, wie bei Ptolemaeus, nur nach der Kategorie der Lage, z. T. auch nach der politischen Zusammengehörigkeit geordnet. — Nicht lange liess das Gegengewicht auf sich warten. Im bewussten Anschluss an Strabo[31]), wenn auch dem damaligen Zustand der historischen Wissenschaften entsprechend, ohne ihn zu verstehen, entstanden, wiederum auf deutschem Boden, die umfangreichen Weltgeschichtsbeschreibungen in räumlicher Anordnung, deren lange nachgeahmtes Muster Sebastian Münster um 1550[32]) auch unter dem Namen der Kosmographie schuf. Die Erdräume, nach Lage, Grösse und Gliederung (Einteilung) beschrieben, füllen sich. Die Leistungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) der Länder wird untersucht, die Bewohner werden nach Charakter und Lebensweise geschildert. Also doch ein methodischer Fortschritt, der freilich schon bei Münster durch Ausartungen verdunkelt wird, die sich mit Vorliebe

[28]) Den Arabern war Ptolemaeus wesentlich der Astronom. — [29]) Nachweisbar zuerst bei dem Kirchenvater Clemens Alexandrinus im 2. Jahrhundert. Des Ptolemaeus Hauptwerk heisst im 15. und 16. Jahrhundert meist Kosmographie. — [30]) Derselbe erlebte (später Cosmographia genannt) mit den Zusätzen von Gemma Frisius zw. 1524—1604 26 Auflagen. — [31]) S. Seb. Münsters Kosmographie, Vorwort. — [32]) Erste, noch nicht vollständige Ausgabe 1544. Die Kosmographie, in die verschiedensten Sprachen übersetzt, mag 46 Auflagen bis 1650 erlebt haben. Vergl. V. Hantzsch, Seb. Münster, Lpz. 1898, 153.

in spezieller Landesgeschichte, in Merkwürdigkeiten von Ländern, Völkern, Städten ergehen, welche zu der Landes- und Ortsnatur und damit zur Geographie in keinem erkennbaren Zusammenhang mehr stehen.

So ward unter dem Namen der Kosmographie etwas sehr Verschiedenes geboten. Erst gegen Ende des 16. Jahrhunderts ist man sich des Doppelsinns, begründet im Wort Kosmos als Weltall (Universum) und als Weltordnung (Ornamentum) mehr bewusst geworden [33]). Eine Erfassung der letzteren in noch höherem Sinn und als Endziel der Forschung erstrebte damals der grosse Gerhard Mercator (1512—94), dem wir im übrigen die bedeutendsten Fortschritte jener Zeit auf dem Fundamente geographischer Arbeit, nämlich der Entwerfung eines richtigen Bildes der Erdoberfläche, verdanken [34]). Nach 1600 kommt der Name „Geographie" für das gesamte Wissensgebiet zur Herrschaft, wenn man sie auch im System noch der Kosmographie unter- und der Choro- und Topographie überordnet. Aber vom Altertum sagt man sich los. Dadurch vollzieht sich die erste Scheidung, die sich durch eine zusätzliche Bezeichnung zum Namen Geographie kennzeichnet, unter den Händen historischer Forscher im Gebiete der Länderkunde, die Scheidung nämlich zwischen „alter und neuer Geographie". Philipp Clüver [35]) war der Bahnbrecher. Doch interessieren uns an dieser Stelle nicht so sehr seine methodischen Forderungen für eine richtige Schilderung antiker Länder, als die bewusste Betonung, dass die Länderbeschreibung an die Erscheinungen des Menschen auf dem Erdboden anzuknüpfen habe. Seine „Introductio in geographiam universam tam veterem quam novam" ist wieder für ein Jahrhundert der Angelpunkt methodischer Erörterung [36]). Im übrigen entbehrt die dort gegebene Schilderung der Landesnatur noch befruchtender neuer Gedanken.

§ 13. Die Einführung der Dreiteilung der Geographie. Um die Mitte des 17. Jahrhunderts erschien ein kleines Werk von Klassizität, das der Forschung neue Bahnen wies, die Geographia generalis des jugendlichen Bernhard Varenius [37]) (1622—50). In diesem ist zugleich die Grundlage einer neuen Fassung des Systems geographischer Betrachtungsweise gelegt, an welches man heute wiederum vielfach anknüpft; die Gegenüberstellung einer allgemeinen Geographie, welche den Erdball im ganzen betrachtet und die Einzelformen und Einzelerscheinungen nach Kategorien in ihrer Verbreitung über die Erdoberfläche hin verfolgt, und einer speziellen Geo-

---

[33]) Matthias Quad, Fasciculus geographicus. Köln 1608. Prolegomena. — [34]) A. Breusing, G. Mercator, 2. Aufl., Duisburg 1878. — [35]) J. Partsch, Phil. Clüver, der Begründer der hist. Länderkunde, Geogr. Abhandl. v. Penck V, 1891. — [36]) Von der Introductio des Cluverius sollen (nach Partsch) von 1624—1729 39 Ausgaben erschienen sein (?). In methodischer Hinsicht sind die umfangreichen Vorworte der späteren Herausgeber wichtig. — [37]) Die 1. Ausgabe erschien in London 1650. A. Breusing, Lebensnachrichten über B. Varenius, Pet. Mitteil. 1880. Eine Inhaltsanalyse der Geogr. generalis gab Halbig, Z. f. wiss. Geogr. VIII, 1891; eingehender behandelt J. Schwerdfeger „die morphologischen Kapitel" (Progr. Troppau 1897/99). Mit umfangreichem Kommentar widmete S. Günther dem Varenius eine eigene Schrift „Varenius", Leipzig 1905.

graphie, welche die Summe der Erscheinungen an einer Lokalität untersucht und schildert. Doch ist dies mehr das Aeussere. Nur der ersteren ist jenes Buch gewidmet. Der wahre Fortschritt ruht in dem Uebergang von den reinen Quantitätsbestimmungen der Ptolemaeischen Geographie zu Qualitätsbeobachtungen und Ergründung der Ursachen der Erscheinungen. Was bisher in den dürftigen Kapiteln über Berge oder Winde abgehandelt ward, gestaltet sich hier zu einem selbstständigen Zweig der Erdkunde. Es werden für ein Jahrhundert und mehr die Grundzüge einer Hydrographie und Meteorologie gelegt, auch einige Bausteine zu einer Morphologie der festen Erdoberfläche gesetzt. So ist Varenius der Begründer der sog. physikalischen Erdkunde, und indem er somit die *affectiones terrestres* ebenbürtig neben die bisher fast allein betrachteten *affectiones coelestes* und *affectiones humanae* hinstellt, zugleich der Begründer einer Dreiteilung des Stoffes. Ein Ballast fehlt auch bei ihm nicht infolge seiner Verknüpfung der allgemeinen Erdkunde mit der Nautik.

Für ein Menschenalter bekundet sich der unmittelbare Einfluss von Varenius noch nicht, da man noch an einer Zweiteilung der Geographie festhielt, für welche in jenen Jahren zuerst[38]) die Namen der mathematischen und historischen Geographie aufkamen. Doch machte dieselbe schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts der bis heute üblichen Dreiteilung Platz[39]) unter anfänglich wechselnden Namen. Derjenige einer astronomischen Geographie hat sich neben der Bezeichnung einer mathematischen in dem engeren Sinne einer Beschränkung auf die Kenntnis von Gestalt und Grösse des Erdballs und der Orientierung auf der Erdoberfläche erhalten. Der Name einer natürlichen Geographie[40]) wich erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts mehr und mehr der Bezeichnung der physischen bezw. physikalischen. Da ferner damals unter den drei Kategorien, nach welchen die historische Geographie das Menschengeschlecht sich räumlich gliedern sah — nämlich nach Sprachen, Religionen und staatlichen Gemeinschaften —, sich allein die letzteren als fester greifbar und bildlich darstellbar erwiesen, so ist es verständlich, weshalb auch der Name der den Menschen in seinen Beziehungen zur Erde umfassenden historischen Geographie bald durch die Bezeichnung einer „zivilen", einer „historisch-politischen" und endlich der „politischen" verdrängt ward.

Im übrigen gingen die exakte und historische Richtung getrennte Wege. Mit Ausnahme des Italieners Riccioli, dessen reichhaltige,

---

[38]) Der Polyhistor Conring beginnt seine Zuschrift an den Herausgeber der Clüverschen Introductio, Buno, (1661) wie folgt: Duo sunt geographiae doctrinae summa quasi genera eaque multum diversa, quorum alterum mathematicum dixeris, alterum historicum. Es ist also unrichtig, diese Bezeichnungen schon auf Clüver († 1622) zurückzuführen; s. z. B. Friesland, Programm Bremen 1870, der die Reiskesche Ausgabe Clüvers von 1694 benutzte. — [39]) Der französ. Geograph Guill. Sanson, der jüngere, scheint einer der ersten, der sie einführte: s. Introduction à la géogr. Paris 1681. Fol.: Géographie astronomique, naturelle, historique. — [40]) S. Günthers Darstellung (Math. Geogr., 8—16) enthält über diese Periode besonders viele Irrtümer.

jedoch mehr sammelnde „Geographia et Hydrographia reformata" (Bononiae 1661)[41]) in ihrem ausgesprochenen Bedürfnis nach Systematisierung zugleich als eine Ergänzung des Werkes von Varenius angesehen werden kann, wandten sich wenige Geographen der allgemeinen Erdkunde im Sinne des letzteren zu. Und während die Physik des Erdballs in den Zeiten eines Newton die grössten Fortschritte machte, ward die geographische Literatur durch diese kaum befruchtet. Indem sich wiederum Mathematiker und Astronomen der mathematisch-physikalischen Geographie annahmen, wurden die Gesichtspunkte der letzteren wenig erweitert. Dies zeigt ein Vergleich der trefflichen „Einleitung zur mathematischen und physikalischen Kenntnis der Erdkugel" des Niederländers Lulofs (1750)[42]) mit dem Werk des Varenius. — Innerhalb der historischen Richtung gibt uns der um die Mitte des 18. Jahrhunderts entbrannte Kampf zwischen der Bevorzugung einer Einteilung der Erdoberfläche nach natürlichen Grenzen und solcher nach Staatsgrenzen Zeugnis davon, dass man eine engere Verbindung mit der physikalischen Geographie als notwendig erkannte. Des Historikers Joh. Chr. Gatterer „Abriss der Geographie" (1775) kann als ein Versuch gelten, in damaliger Zeit die getrennten Richtungen zu vereinigen, aber er blieb auf der Oberfläche. Denn noch fehlte das Fundament zu einer richtigen Naturbeschreibung der Länderräume, die Fülle des Beobachtungsmaterials. Die historische Richtung ward in dem Zeitalter der Aufklärung von einer anderen Strömung erfasst, sie stellte sich in den Dienst des erwachenden Bedürfnisses nach Publizität über Staats- und Verwaltungseinrichtungen. Zur Herrschaft gelangte darin in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die besonders durch Anton Büsching[43]) gepflegte statistisch-geographische Staatenbeschreibung im engen Anschluss an die damals sich entwickelnde, von Schlözer und Achenwall geförderte Statistik. Vom methodischen Standpunkte haben wir hierin nur das auch bei den Länderbeschreibern erwachende Bedürfnis nach exakter Forschung durch Mitteilung möglichst zuverlässiger Nachrichten zu erblicken. Freilich geriet man dadurch wieder zu einer bis in unsere Tage fühlbaren Belastung der Geographie mit fremdartigem Material[44]). Die natürliche Beschaffenheit der Erde, welche Büsching der bürgerlichen gegenüberstellte, kam in seinen Werken wenig zur Geltung.

§ 14. Das Zeitalter Humboldts und Ritters. Doch schon vermochte sich die physikalische Geographie dem Einfluss nicht mehr zu entziehen, den die Errungenschaften eines Linné und Buffon für die sammelnde und ordnende Beobachtung von Pflanzen- und Tierwelt gebracht. Die ersten Anfänge einer Geographie der Lebewesen bestehen freilich im Rahmen der geographischen Werke jener Zeit nur in einer äusserlichen Anheftung der Betrachtungen verschiedener Naturformen, wovon des Schweden Torbern Bergmanns sonst treffliche physikalische Be-

---

[41]) Zweite fast gleichlautende Ausgabe 1672. — [42]) (Jan Lulofs, nicht Lulof): Deutsch von Kästner, Göttingen 1755, 4°. — [43]) Neue Erdbeschreibung. 1754. Vergl. den Abschnitt Geogr. Handbücher § 6. — [44]) S. oben S. 7.

schreibung der Erdkugel[45]), ebenso wie Immanuel Kants Vorlesungen über physische Erdkunde[46]) Zeugnis ablegen. Aber das Zeitalter wissenschaftlicher Entdeckungsreisen war hereingebrochen und unter der Leitung führender Geister, eines Saussure[47]), eines Georg Forster, eines Alexander v. Humboldt begann die vergleichende Betrachtung der Naturformen und ihrer räumlichen Anordnung auf der Erdoberfläche. Es legte J. Fr. Blumenbach die Grundzüge einer Klassifikation der Menschenrassen (1775)[48]) nach geographischen Gesichtspunkten, E. A. Zimmermann entwarf die erste Tiergeographie (1778)[49]), Humboldt schrieb (1805) seine Ideen zu einer Geographie der Pflanzen. Aber weitaus wichtiger ward für die Geographie, dass man endlich dem materiellen Boden für alle diese Lebewesen, dem äusseren Antlitz der Erde in seinen plastischen Einzelzügen mehr Aufmerksamkeit schenkte und auf Mittel sann, den Unterschied von Hoch und Tief zu messen und darzustellen. Die dritte Dimension tritt endlich am Ende des 18. Jahrhunderts in ihr Recht, und es ist das hohe Verdienst Humboldts (1769—1859)[50]) und C. Ritters (1779—1859)[51]), das Studium der Plastik des Erdbodens in den Vordergrund geographischer Betrachtung gestellt zu haben zu einer Zeit, wo die Technik der Kartenzeichnung weit hinter der Darstellung durch das Wort zurückgeblieben war. Damit war erst der Boden für eine eigentliche Naturbeschreibung der Länderräume gewonnen.

Doch nicht deshalb hat man Beide die Begründer der wissenschaftlichen Erdkunde genannt, sondern weil sie die getrennten Wege der ohne gegenseitiges Verständnis neben einander wandelnden Zweige geographischer Erkenntnis unter einigendem Gesichtspunkte zu verbinden wussten. Das Wirkungsvolle der räumlichen Gruppierung aller Erscheinungsformen, der unbelebten wie der belebten, zu verfolgen, ist das erhabene Endziel aller geographischen Forschung, das einem Humboldt so gut wie einem Ritter vorschwebte, ein Programm, das nie zuvor in so umfassender Weise aufgestellt worden ist. Aber während der erste in grossartiger Naturansicht den Aufbau mit den kosmischen Erscheinungen des Weltalls beginnt, um nach dem Verfolg der räumlichen Verteilung der Pflanzenwelt gleichsam zu erlahmen, überspringt Ritter zahlreiche Mittelglieder und versucht nach dem Entwurf des äusseren Bildes — des Bodens — das dauernd Wirkungsvolle einer Erdlokalität durch

[45]) Erschien 1766. Ins Deutsche übertragen von Röhl 1769. — [46]) Neuere handliche, aber noch nicht kritische Ausgabe der „phys. Geographie“ von P. Gedan, Leipzig 1905. Vergl. G. Gerlands gediegene Schrift „Imm. Kant, seine geogr. und anthropol. Arbeiten“. Berlin 1904, sowie E. Adickes Untersuchungen zu Kants phys. Geographie, Tübingen 1911. — [47]) Voyages dans les Alpes 4 Bde. 1779—96. — [48]) De generis humani varietate nativa, Göttingen 1775, 3. Aufl. 1795. Deutsch von Grube 1798. — [49]) „Geograph. Zoologie“ 1771 mit erster Karte d. Verbreitung der Säugetiere. — [50]) Humboldts Leben von Bruhns, 3 Bde., 1872. Im 3. Bde. ist seine Wirksamkeit auf den verschiedenen Gebieten der Erdkunde von Fachmännern geschildert. — [51]) F. Marthe, Was bedeutet Ritter f. d. Erdkunde (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk. 1879. Erweitert separat 1880). Vergl. auch Geogr. Jahrb. VIII. 1880, 530. Das Lebensbild C. Ritters von G. Kramer (Berlin 1864, 2. Aufl. 1875) gibt wenig Anhaltspunkte zur Beurteilung seiner wissenschaftlichen Bedeutung.

die vergleichende Betrachtung der in ihr heimischen Völker über alle Zeiten hin zu ergründen. So ist dieser Altmeister der Erdkunde zwar den beiden Hauptseiten der Geographie, der Erforschung der unbelebten Erde wie ihrer Beziehungen zum Menschengeschlecht oder der exakten und historischen Richtung wie kaum ein Geograph zuvor gerecht geworden, aber an seiner grossen „Allgemeinen vergleichenden Geographie“ [52]) durch vierzig Jahre nach dem gleichen Plane arbeitend, ward er nicht gewahr, wie sehr er sich bei seiner Vertiefung in historisch-antiquarische Forschung von seinem eigentlichen Arbeitsfeld, der Erde, entfernte. Da er nicht dauernd den engen Anschluss an die immer reichlicheren Quellen der Ergebnisse der allgemeinen physikalischen Geographie suchte — damals nahmen sie Geologen und Meteorologen in Pflege —, so hat er es nicht zu hindern vermocht, dass durch ihn und seine Schule, die er vorzugsweise unter den Historikern bildete, der Schwerpunkt geographischer Untersuchungen zu sehr der Geschichte zuneigte und manche in der historischen Richtung erst die eigentliche Geographie erblickten [53]), ja, dass die Geographie in weiten Kreisen wiederum als Hülfswissenschaft der Geschichte galt, die einen Selbstzweck nicht habe.

§ 15. Die Gegenwart. Auch die eben geschilderte Entwickelungsphase liegt abgeschlossen hinter uns. Den Stillstand wissenschaftlicher Geographie, der auf die Blütezeit Ritters und Humboldts folgte, hat jenes letzte Zeitalter der Entdeckungen, das um die Mitte des 19. Jahrhunderts begann und uns rasch die noch verhüllten Teile des Erdantlitzes entschleiert hat, eine zeitlang sozusagen übertönt. Und als der mächtig angeschwollene neue Beobachtungsstoff zur Gestaltung drängte, da war die Naturforschung gleichzeitig die Führerin der Wissenschaften geworden. Es erfolgte jetzt erst die allgemeine Einreihung der Geographie unter die akademischen Disziplinen. Im Kreise der geographischen Fachmänner, die von den verschiedensten Vorstudien ausgehend diese neue Periode einleiteten [54]), erkannte man es, angeregt durch Oskar Peschels Schriften [55]), als eine Notwendigkeit an, wieder mehr an Humboldt anzuknüpfen und von neuem an dem Aufbau der physikalischen Geographie zu arbeiten. Die Plastik der Erdteile hat seit den Zeiten Ritters teilweise ein neues Gesicht gewonnen. Die Kartographie hat mittlerweile derartige Fortschritte ge-

---

[52]) „Die Erdkunde im Verhältnis zur Natur und zur Gesch. des Menschen oder Allgem. vergl. Geogr. als sichere Grundlage des Studiums und Unterrichts in den physik. und histor. Wissensch.“ 1. Aufl. 1817 (2 Bde.); die 2. Aufl. 1822—59, 19 Bde., umfasst nur Afrika und (unvollendet) Asien. — [53]) Vergl. H. Guthes Einleitung zu seinem Lehrbuch in den drei Ausgaben 1868—74. „Die Geographie“, so beginnt er, „lehrt uns die Erde als Wohnplatz der Menschen kennen“. „Die historische Geographie ist erst die eigentliche Erdkunde“. — [54]) Vergl. Näheres über die neue Zeit in H. Wagners Jahresberichten über die Entwickelung der Methodik der Geogr. im Geogr. Jahrbuch. VII—XIV. Programmatisch bedeutungsvoll ist besonders F. v. Richthofens Rede: Aufgaben und Methoden der heutigen Geographie (Leipzig 1883) geworden. — [55]) Hierbei kommt besonders die Schrift „Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche“ (Leipzig 1869) in Betracht.

macht, dass ihre Erzeugnisse häufig als selbständige Studienobjekte und Quellen für die physikalische Erdkunde gelten können. Die Geologie erscheint einem jeden Geographen heute als ein Wissensgebiet, das mit der Geographie in engste methodische Verknüpfung zu bringen ist. Ed. Suess und F. v. Richthofen schufen mit andern neue Grundlagen einer Morphologie der Erdoberfläche. Die Tiefseeforschung erschloss ein ganz neues Feld der Erkenntnis. Darwins Schriften brachten die biologischen Wissenschaften in neue Beziehungen zur Erdkunde. So kam es, dass sich die physikalische Erdkunde einige Jahrzehnte einer weit emsigeren Pflege erfreute als die historische, ja, dass bereits Stimmen laut wurden, die in einer Physik des Erdballs das einzige Ziel der Geographie erblickten[56]). Sie bezeichnen nur den Höhepunkt der Welle, welche naturgemäss dem zu lange vernachlässigten Studium der physikalischen Geographie folgen musste. Die ungleich grössere Zahl wissenschaftlicher Geographen von heute hat uns mehr als früher vor der dauernden Verfolgung einer einseitigen Richtung bewahrt. Bereits hat man sich mit Eifer wieder der Pflege der historischen Seite der Erdkunde zugewandt, freilich unter erweiterten Gesichtspunkten. Denn, angeregt besonders durch Fr. Ratzels Werke, tritt man dabei heute aus dem engen Kulturkreis, dem die europäischen Völker angehören, heraus und zieht die gesamte Menschheit in ihrer Abhängigkeit vom Wohnraum in die Betrachtung[57]).

§ 16. Was lehrt uns dieser historische Rückblick?

1. Der Grundplan der Wissenschaft der Geographie ist seit den Zeiten des klassischen Altertums bis heute der gleiche geblieben und nur innerhalb des einst vorgezeichneten Rahmens haben sich die Gesichtspunkte erweitert und vertieft.

2. Aufgeprägt ist ihr seit der ältesten Zeit ein dualistischer Charakter, insofern die beiden Kernfragen, um die sich alle Forschung dreht, einerseits die Beschaffenheit der Erde, andererseits den Einfluss, welchen diese auf ihre menschlichen Bewohner ausübt, betreffen; und wenn infolge stärkerer Pflege der einen Seite die Forschung nach der anderen still stand oder gleichsam verschleiert ward, so ist jede über kurz oder lang immer von neuem zur Geltung gekommen. Strabo und Ptolemaeus, Münster und Apian, Clüver und Mercator, Varenius und Büsching, Ritter und Humboldt, sie alle vertreten in sich das umfassende Wissensgebiet der Erdkunde oder den Inbegriff ihrer Forschungsmethoden nicht einzeln, sondern nur je in ihrer Vereinigung.

3. Die Entwickelung zielt trotzdem auf eine Ueberbrückung dieses Dualismus hin, je mehr man sich bemüht, alle gesellig auftretenden Erscheinungsformen der unorganischen wie organischen Natur in ihrer Abhängigkeit von geographischen Faktoren und in ihrer Wechselwirkung aufeinander zu erforschen.

---

[56]) G. Gerlands Einleitung zu den Beiträgen der Geophysik I, 1887 und H. Wagner im Geogr. Jahrbuch XII, 1889, 418—444. — [57]) S. H. Wagners Jahresbericht Geogr. Jahrbuch XIV, 1890—91, 573—99. Seitdem ist eine Zusammenfassung der neueren methodischen Ansichten nicht erfolgt.

4. Wenn die Geographie eine einheitliche Wissenschaft im strengen Sinne einer Methodenlehre von Anfang nicht gewesen ist, so hat sie sich vor allem im Laufe des letzten Jahrhunderts zu einem Komplex von Wissensgebieten ausgewachsen, die, oft aus unscheinbaren Keimen hervorgegangen, schon eine grosse Reife erlangt haben. Aufgabe des Geographen bleibt es, die Grenzen gegen diese selbständig werdenden Hülfswissenschaften jeweilig zu bestimmen.

5. Je mehr somit die Geographie sich von Grenzdisziplinen umringt sieht, die je zum Teil ein gemeinsames Forschungsgebiet mit ihr haben, umsomehr ist der Geograph der Gefahr der Verflachung und Herbeiziehung fremder, wenn auch an sich nicht uninteressanter Beziehungen in hohem Grade ausgesetzt. Er muss daher umso ernster die methodische Frage nach der örtlichen Verteilung aller der Erscheinungen, die ihm die Erfahrungssätze der Naturwissenschaften wie der Geschichte nahe legen, zur Richtschnur seiner Erwägungen machen. Wir sahen Münster, Büsching, Carl Ritter nach der historischen, Varenius, Bergmann, Kant nach anderen Richtungen in die Weite schweifen und das geographische Forschungsgebiet verlassen.

6. Gleich den übrigen Naturwissenschaften ist auch die Geographie in die Entwickelungsstufe getreten, welche die Erforschung des Werdens als Mittel des Verständnisses des Seins erkennt. Der Faktor der Zeit findet auch in ihr mehr und mehr Beachtung. Ritter suchte das dauernd Wirkungsvolle geographischer Faktoren an der Hand der Geschichte. Heute erkennt man die kurze Zeitspanne menschlicher Ueberlieferung nicht mehr als „geographische Gegenwart" an, über die der Geograph nicht hinausblicken dürfe. Der enge Anschluss an die Geologie, das Forschen nach periodischen Schwankungen und säkularen Aenderungen einzelner Erscheinungen und ihrer Wirkungen, wie z. B. des Klimas, zeigen, dass sich das gleiche Bedürfnis in anderen Teilen der Erdkunde geltend macht.

Soviel an dieser Stelle zur Rechtfertigung der nachfolgenden Darlegung gegenüber abweichenden Ansichten aus der gegenwärtigen, sich aber doch allmählich klärenden Periode geographischer Methodik[58]).

[58]) Eine wesentlich andere Auffassung über den Gang der Entwickelung im Gebiete der Geographie im Laufe der Jahrhunderte vertritt A. Hettner in seiner Tübinger Antrittsrede „Die Entwickelung der Geographie im 19. Jahrh.", die auch in ältere Zeiten zurückgreift. (Geogr. Zeitschr. IV, 1898, 305—20). Wiederholte Prüfungen lassen mich die obigen Ansichten über diese Entwickelung jedoch aufrecht erhalten.

III. Begriff und Einteilung der Geographie.

§ 17. Das Wesen der Geographie. Die Geographie oder Erdkunde [59]) lehrt uns nach ihrer historischen Entwickelung ein Doppeltes. Sie zeigt uns einerseits die Erde als einen eigenartigen Naturkörper, an dessen mannigfaltig gestalteter Oberfläche eine Fülle von Naturerscheinungen durch ihr gesetzmässiges Ineinandergreifen das Leben zahlloser Einzelwesen bedingt, andererseits betrachtet sie dieselbe als Wohnplatz eines höher organisierten und dem Naturwalten nicht blindlings hingegebenen Wesens, des Menschen.

Im ersten Sinne ist die Geographie, als physische Erdkunde, eine reine Naturwissenschaft, insofern sie ihre Lehren an der Hand von Betrachtungen äusserlich wahrnehmbarer Naturobjekte und -erscheinungen aufbaut. Sie unterscheidet sich von den einzelnen Zweigen der Naturwissenschaften, mit denen sie die Gegenstände vielfach teilt, vor allen Dingen darin, dass sie stets den Gründen der räumlichen Anordnungen von Naturkörpern und -erscheinungen an der Oberfläche des Erdballs nachspürt. Sie bleibt daher nicht, wie vielfach die Einzeldisziplinen, bei den Ursachen der Existenz von Einzelwesen oder -vorgängen stehen, sondern sucht die Wirkungen zu erforschen, welche diese verschiedenartigen Existenzen wieder auf andere oder auf die Gesamtheit aller sich berührenden Erscheinungsformen ausüben.

Im anderen Sinn stellt die Erdkunde, indem sie die Eigenheiten der Oberfläche erforscht, den Menschen mitten in die Schöpfung hinein und zeigt, wie er einerseits von der ihn umgebenden Natur abhängig ist, andererseits, wie er versucht hat, sich dieser Abhängigkeit zu entziehen. Dieser Zweig der Erdkunde, die historische Geographie im weiteren Sinn (s. u.), bildet somit das verknüpfende Band zwischen Naturwissenschaft und Geschichte. Auch für diese ist die physische Geographie Grundlage und Voraussetzung, weil es sich bei ihr gleichfalls um die Ergründung der Ursachen handelt, durch welche die räumliche Anordnung menschlicher Erscheinungen bedingt ist.

Hiernach ist die Geographie eine naturwissenschaftliche Disziplin mit einem ihr innewohnenden historischen Element.

---

[59]) Carl Ritter hat den Ausdruck „Erdkunde“ zuerst als Bezeichnung einer höheren Stufe der Erkenntnis des Zusammenhangs der Erscheinungen im Gegensatz zur blossen „Erdbeschreibung“ und als Vorstufe der „Erdwissenschaft“ einzuführen versucht. (Vergl. Vorles. über Allg. Erdkunde, herausgegeben v. Daniel. Berlin 1862, 17.) Schon sein 1817 erschienenes Hauptwerk hiess allg. „Erdkunde“, ein Name, welcher übrigens schon um die Mitte des 18. Jahrhunderts gebraucht wird. (S. Ruge, Zeitschr. für wissensch. Geogr. V, 1884, 249.) Der Verf. kann der Neigung, den Unterschied zwischen einer nur beschreibenden und einer nach Ursachen forschenden Einzelwissenschaft scharf zu unterscheiden und dies durch eigene

§ 18. Die Einteilung der Geographie nach Objekten und Methoden. Nach dem Objekt gliedert sich die Erdkunde naturgemäss in vier Teile, insofern in diesen einmal das Erdganze[60]), dann die unorganische Oberfläche, an der sich das Starre, das Flüssige und der Luftkreis berühren, ferner die Organismen mit ihrer Doppelform einer Pflanzendecke und Tierwelt und endlich der gesellige Mensch den Mittelpunkt der Betrachtung bilden.

Wie in anderen Wissenschaften, hat man die Namen für diese Teildisziplinen von den Methoden gewisser Hülfswissenschaften hergenommen, welche bei der Betrachtung der Einzelerscheinungen vorzugsweise zur Anwendung kommen. In erster Linie handelt es sich in der Geographie um Raumgrössen, um körperliche Formen, deren Gestaltungen und gegenseitige Lagen zu bestimmen sind. Dies geschieht mit Hülfe mathematischer und besonders geometrischer Betrachtungen. Es hat sich daher für einen gewissen Kreis geographischer Vorstellungen, die sich vornehmlich auf der Erkenntnis des Erdganzen aufbauen, der Name einer mathematischen Geographie eingebürgert (s. S. 21). — Einen Fortschritt bekundete es in der Erdkunde jederzeit, wenn man von den äusseren Formen zu der stofflichen Zusammensetzung der geographischen Gebilde überging. Nun musste man die Gesetze der Physik zu Hülfe nehmen, um den Kräften nachzuspüren, welche Bau und Anordnung der verschiedenartigen Massen, ihre Verschiebungen und Begrenzung hervorrufen. So entstand die physikalische Geographie mit ihrem sich fortwährend erweiternden Wirkungsbereich, welchen Namen man neuerdings hier und da durch den einer Geophysik zu ersetzen sucht, der besser einem engeren Kreise von Fragen vorbehalten bleibt (S. 30).

Die Organismen freilich gehorchen in ihrer geographischen Anordnung, die man als Anpassung an den Wohnort bezeichnen könnte, noch besonderen, eben das Leben bedingenden Gesetzen. Daher hat man für Pflanzen- und Tiergeographie wohl den Namen einer biologischen Geographie oder Biogeographie vorgeschlagen.

Endlich tritt bei dem Studium der Verbreitung des Menschen über die Erde die ganze Summe von Erfahrungen an die Geographen heran, welche die Wissenschaften von der Menschengattung und ihrer geselligen Gliederung, die Anthropologie, Ethnographie, Sozialwissen-

---

mit -Beschreibung und -Kunde (*-γράφη* und *-λόγος*) gebildeten Namen ausdrücken zu wollen, eine Berechtigung nicht zuerkennen. Keine Wissenschaft verzichtet von vornherein darauf, die Ursachen zu ergründen. Die Geschichte der ersten Entstehung des Namens kann hier allein entscheiden. Niemand sprach von Zoographie, als die Tierkunde noch ausschliesslich beschreibend war. Erdkunde und Geographie gebrauchen wir daher in ganz gleichem Sinn. Die übrigen Kultursprachen haben für „Erdkunde", da „Geologie" bereits für einen bestimmten Erkenntniszweig vergeben ist, überhaupt keinen eigenen Ausdruck. Die Niederländer sprechen von „Aardrijkskunde". Vgl. Geogr. Jahrb. X, 1886, 547.

[60]) Ein Teil der deutschen Geographen will im Anschluss an F. v. Richthofens zuerst ausgesprochene Forderung die Geographie auf die Erdoberfläche beschränkt wissen. S. u. a. A. Hettners zahlreiche, gehaltvolle, methodische Aufsätze in der Geogr. Zeitschrift, auch bes. „Das Wesen und die Methoden der Geographie", Geogr. Zeitschr. XI, 1905.

schaft, Wirtschaftslehre und Geschichte, zusammentragen. Daher hat fast jede dieser Disziplinen dem sich mit dem Menschen beschäftigenden Zweige der Geographie den Namen geben wollen. Derjenige der historischen Geographie hat sich neben dem der Kulturgeographie oder dem noch moderneren der Anthropogeographie die meiste Geltung verschafft.

§ 19. Inhalt der Hauptzweige der Geographie. Treten wir dem Inhalt dessen, was die Geographie bezweckt, etwas näher, um gleichzeitig ihre Aufgaben benachbarten Disziplinen gegenüber mit einigen Worten zu kennzeichnen.

1. Die Erdkunde hat zunächst die Aufgabe, die Summe zusammengeballten Stoffs, welche wir Erde nennen, in ihren allgemeinsten Zügen zur Anschauung zu bringen. Bei der Grösse des Objekts und der Unmöglichkeit, dasselbe von einem entfernteren Standpunkt derart zu übersehen, wie wir vom Monde und anderen Weltkörpern eine Vorstellung ihrer Gestalt und Grösse gewinnen, hat sich die Geographie daher in erster Linie mit den Versuchen zu beschäftigen, dieser beiden quantitativen Bestimmungen Herr zu werden. Daran reiht sich die Aufgabe, ein Bild der Erde zu entwerfen, welches fortan unserer Vorstellung ähnlich zu Hülfe kommt, wie die unmittelbare Betrachtung eines Naturobjekts in den beschreibenden Naturwissenschaften. Unvermeidlich ist dabei, den Erdkörper in seinen gesetzmässigen Bewegungen zu verfolgen. Denn ohne die Kenntnis derselben könnten wir uns, an seine Oberfläche gebannt, auf ihr nicht zurecht finden, demnach die Fixpunkte zu ihrer Ausmessung, von welchen Bestimmung der Gestalt und Grösse abhängt, nicht festlegen und schwer ein genaues Bild von ihr entwerfen. Wir gewinnen zugleich durch diese Betrachtungen eine Kenntnis von der Stellung unserer Erde im Weltenraum. Denn die Erde ist nicht ein selbständiger frei für sich bestehender Körper, wie das Altertum glaubte, sondern durch die Gesetze der Anziehungskraft an die Sonne gefesselt, ist sie namentlich in Beziehung auf Licht und Wärme ihrer Oberfläche von ihr abhängig. Der Kreis dieser Fragen ist es, den man heute noch mit dem Namen einer mathematischen Geographie belegen mag[61]).

Da zunächst nur die von zahlreichen Punkten der Oberfläche zugleich sichtbaren Gestirne einen Wegweiser auf der Erde abgeben, so setzt der Hauptteil der mathematischen Geographie mancherlei astronomische Kenntnisse voraus, soll aber nicht in Astronomie und Kosmographie ausarten, innerhalb welcher Disziplinen die Erde nicht mehr den Hauptgegenstand der Erforschung, sondern nur einen Stern unter den Sternen bildet.

Eine zweite Reihe von Aufgaben beschäftigt sich mit allen den Eigenschaften und Kräften des Erdballs, welche ihm als einem in be-

[61]) Der an sich nicht unzweckmässige, von Th. Epstein (Geonomie oder math. Geographie, Wien 1888) vorgeschlagene Name „Geonomie", der Astronomie nachgebildet, hat sich nicht verbreitet.

stimmten Entwickelungsstadium stehenden Komplex kosmischer Materie inne wohnen. Hierher gehört der Grad von Festigkeit, welchen er gewonnen, die Dichte der Hauptmasse des Erdkörpers, der Zustand des Kerns desselben, das Innere, für welches es selbstverständlich eine scharfe Grenze gegenüber der Erdrinde nicht gibt. Diese Massen üben je nach ihrer Lage und Dichte eine verschiedene Schwere aus, wodurch, wie wir sehen werden, auch die Gestalt des Erdkörpers bedingt ist. Sie besitzen eine gewisse Wärme, welche gegenüber der Temperatur des Weltenraums eine hohe genannt werden muss. Es wirken ferner im Erdkörper Kräfte, die man unter dem Namen des Erdmagnetismus zusammenfasst. Für diese, die qualitative Natur des Erdballs beleuchtenden Lehren beginnt seit einigen Jahrzehnten der Name der Geophysik oder Tellurischen Physik sich einzubürgern.

Da es sich hier vielfach um Fragen handelt, die nur durch feinste physikalische Beobachtungen und mathematische Analyse derselben gefördert werden können, so ist begreiflich, dass wir die heutigen Resultate meist den Physikern verdanken, und auch in Zukunft nur einzelne Geographen sich deren Pflege widmen werden. Sie lassen nur schwer eine gemeinverständliche Darstellung zu. Bisher sind es ferner nur wenige Tatsachen aus dieser Geophysik im engeren Sinne, welche zum Verständnis der übrigen geographischen Erscheinungen notwendige Voraussetzung sind. Wir werden daher in diesem Lehrbuch nur kurz bei denselben verweilen und sie mehr aus äusseren Gründen dem Hauptteil der mathematischen Geographie unterordnen.

Zur Selbständigkeit hat sich unter den Aufgaben der mathematischen Geographie die Vermessungskunde oder Geodäsie und die ihre Resultate im Kartenbilde zusammenfassende Kunst der Kartographie ausgewachsen. Doch erscheint bei der heutigen Ausbildung beider eine innigere Verknüpfung derselben, ganz besonders aber der Kartographie, mit dem ganzen System geographischer Wissenschaft mehr als je erforderlich. Die sich langsam ausbildenden Methoden der Kartometrie werden dazu die Brücke bilden.

Noch zu den Zeiten Ritters galt die Landkarte — wie noch heute in weiten Kreisen — wesentlich nur als Veranschaulichungsmittel geographischer Vorstellungen, als ein Erzeugnis der Technik, die zu betreiben dem wissenschaftlichen Geographen fernliege. An dieser Unterschätzung ihrer Bedeutung leidet die Kartographie noch heute, obwohl längst der Umschwung eingetreten ist, so dass die Karte im allgemeinen jetzt als Ausgangspunkt und Mittel für weitere Forschungen dienen kann. Dies hat sie nicht etwa nur der vollendeten Kunst des Kartenzeichnens zu verdanken, die eine ähnliche Blüte in unseren Tagen erlebt, wie zu den Zeiten der nautischen Karten der Italiener (14.—16. Jahrh.). Im Gegenteil, die Kunst täuscht nur zu oft über die richtigen Grundlagen und den wissenschaftlichen Inhalt hinweg. Die Prüfung einer Karte ist damit schwieriger geworden und legt dem Geographen erst recht die Pflicht auf, sich mit den Prinzipien des Kartenentwurfs vertraut zu machen. Und dies besonders, wenn er die stumme Karte durch Ausmessungen zum Reden bringen will. Aber die Karte hat auch einen Selbstzweck. Sie ist eine der beiden Formen, in welcher der Geograph eine in sich geschlossene Summe wissenschaftlicher Erkenntnisse über die Erdoberfläche auch ohne jedes Textwort zur Darstellung bringen kann. Die Reform der neueren Kartographie hat ihren Ursprung in dem Auftreten wissenschaftlicher Kartographen,

welche neben der Technik einzelne Zweige der Wissenschaft beherrschten. Aber die wachsende Fülle des Beobachtungsstoffes in allen Haupt- und Nebenzweigen der Erdkunde führt in unseren Tagen die Geographen mit Notwendigkeit dazu, auch zur überschaubaren Darstellung in der Form der Karte zu greifen. Die Bedeutung derselben ist somit im Steigen begriffen.

2. An der Aussenseite des Erdballs beginnt die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, deren räumliche Verteilung den Geographen nach Ursache und Wirkung zu schildern vornehmlich obliegt. Naturgemäss betrachten wir hier die unorganische Oberfläche, welche den Wohnplatz und das Medium der Organismen wie des Menschen bildet, zuerst.

Unter der Erdoberfläche verstehen wir fortan nicht die mathematische Fläche, welche sich als Grenze des Erdkörpers aus den Lehren der mathematischen Geographie ergibt, ebenso wenig die äusserste Grenzfläche der den festen Erdball umgebenden Lufthülle, sondern jene Schicht von grösserer oder geringerer Ausdehnung in der dritten Dimension (Höhe und Tiefe), in welcher die Berührung der drei anorganischen Formen des Irdischen: des Festen, des Tropfbarflüssigen und Luftförmigen, vor sich geht. Hier betrachtet die Erdkunde zunächst die Scheidung des Landes von dem Wasser und die nach horizontalen Erstreckungen, sowie nach Höhe und Tiefe verschiedenen Formen, in denen das erstere auftritt. Sie schildert uns in Wort und Bild, mit Mass und Zahl die Erdoberfläche mit ihren Meeren, Inseln und Festländern, ihren Ebenen und Gebirgen. Und sie arbeitet heute im Verein mit der ihr eng verschwisterten Geologie an einer wahren Morphologie oder Gestaltslehre der festen Erdoberfläche.

Beide Wissenschaften zielen innerhalb des gemeinsamen Arbeitsfeldes auf Erkenntnis der Entstehungsweise der Einzelformen ab. Aber für die Erdkunde ist dies nicht Selbstzweck. Ihre Aufgabe ist umfassender. Die Erdbeschreibung im höheren Sinn ist, wie man nicht mit Unrecht gesagt hat, eine „begriffliche Nachbildung der Erdoberfläche“ [63]), sie muss die Einzelformen, die uns in buntester Mannigfaltigkeit nach Grösse, Zahl, Gestalt, stofflicher Zusammensetzung, räumlicher Anordnung und Dauerhaftigkeit der Erscheinung auf ihr entgegentreten, in höhere Einheiten zusammenfassen. Dazu bedarf es der Weiterbildung einer geographischen Kunstsprache, die trotz des Alters der Geographie doch noch in den Anfängen liegt. In erfreulichem Masse setzen die Geographen unserer Tage mittelst engerer Anknüpfung an die Geologie gerade hier ein und fördern mit ihren Klassifikationen der Einzelgebilde die Endzwecke der Erdbeschreibung, soweit es sich um die Formen der unorganischen Oberfläche handelt.

In den Hohlformen der Oberfläche sammeln sich die Gewässer. Auf dem festen Lande bewegen sie sich teils in selbstgeschaffenen Rinnen und Tälern, teils füllen sie als Seen die wannen- und beckenförmigen Vertiefungen. Sie sind in ihrem Vorkommen und ihren Bewegungen so eng an die Gestaltung der Unterlage gebunden, dass ihre Betrachtung kaum von der der letzteren getrennt werden kann. Eigenen Gesetzen folgen die gewaltigen Massen des Wassers im Weltmeer, die

---

[63]) S. E. Wisotzki, Haupt- und Nebenfluss. Versuch einer begrifflichen Nachbildung derselben. Stettin 1889.

zu ergründen die Zweigwissenschaft der Meereskunde oder Ozeanographie sich zum Ziel setzt. Im Verein mit der Meteorologie, jenem Mittelglied zwischen Physik und Geographie, untersucht die Erdkunde, wie die Erscheinungen der Atmosphäre, die in ihrem Wechsel von warm und kalt, von feucht und trocken, von leicht und schwer zwar ursprünglich durch die Sonne hervorgerufen, doch wesentlich durch die Verteilung von Land und Meer und die Erhebungen des ersteren beeinflusst werden; sie baut mit ihr die geographische Klimatologie auf. Ueberall stellt die Geographie den chorologischen Gesichtspunkt, d. h. die Frage nach der Oertlichkeit des Vorkommens und Zusammenwirkens der beobachteten Gebilde, in den Vordergrund, ohne selbstverständlich auf die Ergründung der Ursachen der Erscheinungen zu verzichten und ihre Wechselwirkungen ausser Acht zu lassen.

Will man den dreifachen Kreis der zuletzt geschilderten Fragen, in denen das Stoffliche neben der Form eine so grosse Rolle spielt und so vieles auf physikalische Kräfte, welche die Bewegung der Substanzen und damit die Umgestaltung der Erdoberfläche hervorrufen, zurückzuführen ist, mit einem Namen bezeichnen, so erscheint derjenige der physikalischen Geographie gerechtfertigt.

3. Das Ineinandergreifen jener drei Elemente, des Starren, des Wassers und der Luft bedingt die Verschiedenheit des Bodens auf Festland und Inseln, hemmt oder befördert die Ausbreitung gesellig lebender Pflanzen und erzeugt auf diese Weise hier öde Wüsten und magere Steppen, dort fruchtbare Auen, Wälder und Wiesen. Der Wechsel von Land und Meer, die dadurch bedingten klimatischen Veränderungen haben im Laufe der Jahrtausende manche verbindende Wasserstrassen und Räume zur Verbreitung und Entwickelung der Pflanzen und Tiere neu eröffnet, andere wieder vernichtet Dies alles schreibt der Verteilung der Organismen auf der Erdoberfläche die räumlichen Gesetze vor. Die Erdkunde kann sich nicht der Verpflichtung entziehen, auch die Lehren einer biologischen Geographie zu begründen und auszugestalten. Bis jetzt war sie in dieser Hinsicht auf die Unterstützung der Biologen fast ausschliesslich angewiesen, und in keinem Zweige haben sich die Geographen in gleichem Masse entlehnend verhalten wie in diesem.

4. Mit dem Auftreten des geselligen Menschen beginnt ein neuer Gegenstand der Forschung. Hier gilt es wesentlich die räumlichen Ursachen zu erkennen, durch welche das Menschengeschlecht in Horden, Stämme oder Völker gegliedert ward und diese in ihrer Entwickelung gehemmt und gefördert wurden. Hier berührt sich die Erdkunde mit der Kulturgeschichte des Menschengeschlechts, die doch gerade das Naturvolk mit Vorliebe betrachtet. Schon auf einer niedrigen Stufe der Entwickelung bewirkt die verschiedene Verteilung von Nahrungsmitteln das Wandern des Menschen und die Anfänge des Verkehrs; auf einer späteren hängt die Auswahl der menschlichen Ansiedelungen wesentlich von den geographischen Verhältnissen einer Erdlokalität ab. Und bis in unsere Tage lässt eine günstige geographische Lage einen Wohnplatz grosse historische Umwälzungen überdauern. Ein Volk, das sich in einem Lande niedergelassen, beginnt im Laufe der Jahrhunderte

mit dem Boden zu verwachsen. Die Art, wie es sich auf demselben gegen Natureinflüsse oder feindliche Völker behauptet, wie es den Boden durch den Anbau oder die Hebung seiner in ihm verborgenen Schätze ausnutzt, prägt ihm mit der Zeit einen eigenartigen Charakter auf. Der letztere kann freilich in der nämlichen Landschaft verschieden sein, je nach Abstammung oder Kulturstufe der eingewanderten Stämme, lässt sich aber meist nicht nur im Körperbau, in Nahrungs- und Lebensweise, Sitten und Gewohnheiten, sondern oft auch bis in die geistige Sphäre ihres Vorstellungskreises verfolgen.

Es handelt sich hier also stets um Beachtung von gewissen im Laufe der Zeit erst gewordenen Zuständen; und da ohne einen Rückblick in die Geschichte des Menschengeschlechts die Gesetze der Einwirkung von Lage, Beschaffenheit, Klima, Flora und Fauna eines Landes auf die Bewohner desselben nicht erkannt werden können, so war der Name „historische Geographie" kein unberechtigter. Er hat nur gegen sich, dass man ihn in weiten Kreisen in dem viel engeren Sinn versteht, als handle es sich dabei nur um die Völker mit geschichtlicher Ueberlieferung und um die kurze Zeitspanne dieser letzteren, während die Geographie gerade umgekehrt versucht, die Wander- und Abstammungsgeschichte sog. geschichtsloser Naturvölker aus geographischen Beobachtungen festzustellen und darin durch den Verfolg prähistorischer Fundstätten sich gern unterstützen lässt. Von diesem Standpunkt hat sich der Name Anthropogeographie neben jenem der historischen Erdkunde als der allgemeinere Geltung verschafft[63]). Andere ziehen den der Kulturgeographie vor.

Zweck und Methode scheiden die Geographie auch auf diesem Gebiete von den Nachbardisziplinen. Die erstere geht immer von der Verbreitung des Menschengeschlechts aus; sie betrachtet es wie das flüssige Element, das sich in den Hohlformen der Erde sammelt. Wie hier Stauung Ruhepunkte der Gewässer in den Seen erzeugt, so heftet sich der sesshafte Teil der Menschheit punktweise an der Erdoberfläche in Siedelungen fest, die ein ähnlich vergängliches Dasein wie die Seen besitzen. Es hat Zeiten gegeben, wo die einfache Eintragung eines Ortszeichens in die Karte die Hauptaufgabe des Geographen schien oder die Aufzählung der Namen menschlicher Wohnsitze den Inhalt der beschreibenden Geographie bildete. Mit Unrecht verkennt man in dieser an sich dürren Topographie oder ihrer Beschränkung auf historisch oder politisch wichtige Städte den gesunden Kern einer sich erst allmählich ausbildenden geographischen Siedelungskunde. Dieselbe vermag umsomehr die natürlichen (geographischen) Bedürfnisse zu erkennen, je mehr sie zu der kleinsten Gattung von Ansiedelungen herabsteigt. — Ein Teil der Menschheit ist immer in Bewegung und, wie das rinnende Wasser sich in Flusslinien vereinigt, erzeugt sie dadurch ein Netz von Verkehrs-Wegen über die Erdoberfläche hin. Doch sind diese von mannigfaltigerer Gestalt als die ersteren; sie sind nicht durch jede Erhebung des Bodens gehemmt, auch nicht ans Festland gebunden, sie übersteigen Gebirge und über-

[63]) Vorgeschlagen von F. Ratzel, 1882. Er wird auch in etwas verschiedenem Sinn gefasst. S. Geogr. Jahrb. X, 1884, 587 ff. Die Franzosen bezeichnen die Anthropogeographie neuerdings vielfach mit „géographie humaine" im Gegensatz zu „géographie naturelle".

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Pedag. -Wych.

schreiten Meeresflächen. Wollen wir sie in ihrer Bedeutung und Eigenart an der Hand von Jagdpfaden, Kriegszügen und Völkerwanderungen, von Strassenbau oder Güterverfrachtung und Warenaustausch zu Land und Wasser verfolgen, so bildet die notwendige Hereinziehung historischer wie verkehrsstatistischer Tatsachen wiederum nur Mittel zum Zweck, um die Wirkung der geographischen Gestaltung zu veranschaulichen. — In ähnlicher Weise muss es mit der Zeit gelingen, auch die Aufgaben der Völkerkunde von der Geographie der Völkersitze zu scheiden. Hier gilt es vor allem, durch Verfolg der flächenartigen Ausbreitung von Stämmen und Völkern dem Historiker und Ethnographen bei der Feststellung der unterscheidenden Merkmale der Körperbeschaffenheit, Sitte und Lebensweise wie auch des Sprachschatzes behülflich zu sein, um sie später mit der geographischen Natur der möglichen Wanderstrassen und Ursitze prüfend in Beziehung zu stellen.

Doch auch die äusseren Geschicke der Völker stehen in nahem Zusammenhang mit Lage und Begrenzung ihrer Wohnsitze. Manche Gliederung eines durch Sprache und Sitte geeinten Volks in einzelne Stämme, die Erhaltung mancher verhältnismässig kleinen und schwachen Staatengebilde erklärt sich in erster Linie aus der Beschaffenheit des Landes, auf dem sie aufgebaut sind. Andererseits verschwinden die Eigentümlichkeiten sich begegnender Völkerschaften leichter in gewissen Gegenden, wo die Gleichartigkeit des Bodens die Vermischung alter und junger Ansiedelungen beförderte. Zur Selbständigkeit gelangt eine einzelne menschliche Gesellschaft zunächst durch die Behauptung eines Anteils der trocknen Erdoberfläche als Staatsgebiet. Von seiner Lage, Abgrenzung, Bodenform hängt in vielen Fällen die Dauerhaftigkeit jener historischen Gebilde, die wir Staaten nennen, ab. Gewiss sind Territorialgrenzen zunächst Ergebnisse historischer Entwickelungen und im einzelnen oft willkürlicher Verwaltungsmassregeln. Aber ihre Wirkung, die in erster Linie auf Konzentration der Interessen der Bewohner des abgegrenzten Gebietes hinausläuft, hängt doch meist von ihrem geographischen Verlaufe ab. Sie verstärken oder vermindern die Macht natürlicher Schranken und vereinigen die geographischen Faktoren des wirtschaftlichen Lebens einer grösseren Menschengruppe zu neuen Kombinationen. Dies ist der Grund, weshalb sich die Geographie des Menschen auch der Aufgabe nicht entziehen kann, ein Volk innerhalb seiner Staatsgrenzen, eine Landschaft im provinziellen Abschluss zu betrachten.

Wir beschränken den Namen der politischen Geographie auf diesen Zweig der historischen Erdkunde, der von den jeweiligen Besitzverhältnissen der menschlichen Staaten und deren Gliederung auszugehen hat. Logisch ist dieselbe an keine bestimmte historische Periode gebunden, doch hat man ihr stillschweigend immer das Kleid der jüngsten Gegenwart untergelegt, und ihr als „alte oder mittelalterliche“ Geographie das entsprechende Bild der politischen Geographie dieser oder jener Perioden gegenübergestellt. Eine jede Darstellung ist nur wie ein Querschliff eines Minerals. Man wird das Bild aber vertiefen können, indem man den Blick gleichzeitig in die historische Entwickelung jedes einzelnen Moments, seien es Territorialgrenzen oder Ortschaften, Bevölkerungs-

dichte oder Güterproduktion u. s. f., lenkt. Der Faktor der Zeit gegenüber geographischer Wirkung muss auch hier mehr zur Geltung kommen. Irrtümlich suchte man dies durch Verquickung der Landesgeschichte mit der politischen Geographie zu erreichen. Naturgemäss ordnen sich in einer Gesamtdarstellung Orts- und Wegekunde, Geographie der Gütererzeugung und des Warenaustausches der politischen Geographie unter, da ihre Entwickelung vielfach von der Zugehörigkeit eines Gebiets zu diesem oder jenem Territorium abhängt. Der Kreis der im Rahmen der politischen Geographie behandelten Fragen ist aber heute meist noch ein viel weiterer. Und wie dieser Umstand auf der einen Seite zu einer unnatürlichen Belastung der Geographie mit ganz fernliegenden Dingen geführt hat, so hat er andererseits auch das Vorurteil hervorgerufen, als habe die politische Geographie überhaupt mit der echten historischen Geographie nichts zu tun. Allerdings soll die erstere nicht in Staatenkunde ausarten, einen Zweig der Staatswissenschaften, der uns die verschiedensten Seiten der Staatsverwaltung, also auch zahlreiche Fragen, welche mit den geographischen Verhältnissen des Staats- oder Provinzialgebiets in keinem näheren Zusammenhang stehen, vor Augen zu führen hat.

Doch gilt es zum Schluss noch eines Punktes zu gedenken. Weit über den Kreis der in den eigentlich anthropogeographischen Abschnitten unserer geographischen Werke behandelten Fragen prägt sich der Einfluss des menschlichen oder historischen Elements aus. Indem wir von der tatsächlichen Gestalt und Erscheinung zur Wirkung übergehen, indem wir Bodenschätze und Leistungsfähigkeit eines Gebiets, Wegsamkeit zu Wasser und Land, Verbreitung von charakteristischen Pflanzen und Tieren schildern, tritt bei der Unmöglichkeit, diese Wirkungen nach allen Seiten hin zur Darstellung zu bringen, stets die Frage nach dem Nutzen und Schaden für den Menschen in den Vordergrund. Und mag man bemüht sein, alle Erscheinungsformen der Erde in ihrer Wechselwirkung gleichmässiger zur Geltung zu bringen, wie es die moderne Geographie im Gegensatz zu Ritter und seiner Zeit versucht, so lange die Hauptfrage der Stoffauswahl sich nach dem Wert für den Menschen richtet, hat die Geographie ihren dualistischen Charakter nicht abgestreift[64]).

Gerade in der neueren Zeit mit ihrer immer verstärkten Ausnutzung der Bodenschätze, dem intensiven Anbau von Nahrungs- und sonstigen Kulturpflanzen, dem lebhafteren Austausch der Naturerzeugnisse wie der daraus gewonnenen Produkte des Gewerbefleisses, mit der sie begleitenden ständigen Eröffnung neuer Verkehrswege und Beseitigung natürlicher Schranken, hat man begonnen einem besonderen Zweig der Anthropogeographie Pflege zu widmen, der sog. Wirtschaftsgeographie[65]).

Es liegt in der Natur der Sache, dass diese im System der Erdkunde keine grössere Selbständigkeit beanspruchen kann, als etwa die politische Geographie nach der obigen Begriffsbestimmung. Ja, sie ordnet sich der letzteren insofern unter, als alles das, was gemeinsame Arbeit in Produktion, Handel und Verkehr zu Wege

[64]) Vergl. A. Supan, über die Aufgaben der Spezialgeographie. Peterm. Mitteil. 1889, 153. — [65]) Die Engländer sprechen von Economic Geography, die Franzosen von géographie économique.

bringt, in erster Linie von den räumlich in Staaten gegliederten Gemeinschaften abhängt [66]).

§ 20. Allgemeine und spezielle Erdkunde. Zum Zweck der Lehre empfiehlt es sich, eine allgemeine Erdkunde (im Sinne des Varenius S. 20) der speziellen Erdkunde gegenüberzustellen. Diese Zweigliederung hat aber tatsächlich mit dem oben geschilderten Dualismus der Erdkunde, wonach zwischen den beiden Hauptrichtungen der physischen und historischen Geographie unterschieden werden muss, nichts gemein. In der allgemeinen Erdkunde beschäftigt uns das Erdganze, dann die Erdoberfläche in ihrer Gesamtheit, und zwar derart, dass wir die allgemeinen Gesetze des örtlichen Vorkommens aller einzelnen Kategorien von Erscheinungsformen über die ganze Erde hin und ohne Rücksicht auf eine einzelne Erdlokalität zu entwickeln suchen. In ihr spielt die aus den Beobachtungen entwickelnde Methode der Untersuchung und Darlegung die grössere Rolle. Sie sucht ihre Lehren in Klassifikationen der Erscheinungen und kurzen Gesetzen zusammen zu fassen und ist eines systematischen Aufbaues besonders fähig, muss schliesslich aber immer wieder dem chorologischen Gesichtspunkte der Erdkunde entsprechend ein Bild der räumlichen Anordnung der jeweiligen Erscheinungsformen geben.

In der speziellen Erdkunde wenden wir uns zu den einzelnen, in sich geschlossenen Erdräumen, in welche sich die Oberfläche unseres Weltkörpers gliedern lässt. Indem wir physische und historische Verhältnisse möglichst Hand in Hand gehen lassen, suchen wir dabei dem Zusammenwirken aller geographischen Elemente, wie Boden und Klima, Pflanzendecke, Fauna und Bevölkerung nachzuspüren, um so das die einzelne Erdlokalität oder den einzelnen Erdraum von den Nachbargebieten Unterscheidende und das für sie Charakteristische herauszufinden. Je nach der Grösse der in Betracht kommenden Stücke der Erdoberfläche haben sich einige generelle Namen für dieselben eingebürgert, wie Landstrich, Landschaft, Provinz, Land, Region, Erdteil, während die Geographie in zahlreichen Fällen zu solchen Namen ihre Zuflucht nimmt, welche wie Tal, Becken, Insel, Hügel, Küste, Gebirge, Senke, Wald, Steppe, Wüste etc., schon einen Einblick in eine wichtige Eigentümlichkeit des Oberflächenstücks gewähren. Da nun der Ausdruck „Land" unter obigen der allgemeinste ist, so hat sich für die spezielle Erdkunde der Name Länderkunde [67]) eingebürgert. — In dieser wiegt die beschreibende

[66]) Kaum eine methodische Seite der Geographie wird in neuerer Zeit soviel erörtert als die Frage nach der Berechtigung einer eigenen Wirtschaftsgeographie und ihrer Begrenzung. In erschöpfender Weise unterrichtet hierüber u. a. K. Beissler's Beitrag über Wirtschafts- und Verkehrsgeographie in Rothe u. Weyrichs Schrift: „Der moderne Erdkundeunterricht", Wien 1911. (Das. Kap. XI, 203 – 287.) S. auch E. Friedrich im Bericht über die Fortschritte der Anthropogeographie (Geogr. Jahrb., Gotha XXXI, 1908, die materiellen Werkzeug-Anpassungen, S. 367 — 461). — [67]) Die Franzosen pflegen jetzt eine „géographie régionale" der „géographie générale" gegenüberzustellen, die Engländer ähnlich Regional Geography und General Geography.

oder darstellende Form vor. Es muss mehr die Gesamtschilderung im Leser eine lebendige Vorstellung von dem Zusammenhang der Erscheinungen erwecken, als dass die Darstellung bei der Gesetzmässigkeit derselben verweilen könnte. Hier gelangen die in der allgemeinen Erdkunde aufgebauten Begriffe zur Anwendung. Da ferner unter den Erscheinungsformen, die jeweilig an einer Erdlokalität, in einem Erdraume vereinigt sind, nur das eine oder andere als charakteristisch oder typisch und wirkungsvoll auftreten wird, so ist der Länderkunde ein gewisses auswählendes Verfahren aufgezwungen. Es liegt in ihrem Wesen und wird sich vielleicht dem Grade, nicht aber der Art nach ändern, auch wenn unsere Erkenntnisse fortgeschritten sind. Inwiefern jede Betrachtung eines Landstücks, ob gross oder klein, mit Notwendigkeit wieder in eine allgemeine und eine spezielle Landeskunde desselben zerfällt, wird in der Einleitung zu den länderkundlichen Abschnitten dieses Lehrbuches näher dargelegt werden.

Allgemeine Erdkunde.

Allgemeine Erdkunde.

§ 21. Literarischer Wegweiser. 1. Es liegen aus neuester Zeit nur wenige Versuche von Einzelverfassern vor, das Lehrgebäude der allgemeinen Erdkunde, etwa wie im vorliegenden Bande, in ihrem weitesten Umfange darzustellen, dabei also nach der einen Seite die Naturgeschichte des Erdkörpers, nach der anderen die allgemeine Anthropogeographie mit umfassend. Unter den etwas älteren ist v. Klödens Handbuch der physischen Geographie (auch Bd. I des grossen Handbuchs s. § 6) ein in sich selbständiges Werk in mehr aufzählender als entwickelnder Form. Freilich, schon 1859 entstanden (3. Aufl. 1873), ist es nach Methode und Stoff jetzt vielfach veraltet. In gemeinverständlicher Form behandelte dagegen Elisée Reclus in seiner „La Terre, description des phénomènes de la vie du globe" (2 Bde., 1867—68; 3. Aufl. 1876, deutsch von O. Ule 1873—76; neue, stark verkürzte Aufl. von W. Ule 1891) den gesamten Umkreis hierher gehöriger Fragen. Es setzt mannigfache Kenntnisse voraus und eignet sich nicht zum Anfangsstudium. Unter dem Titel „Die Erde und das Leben, eine vergleichende Erdkunde" hat Fr. Ratzel (Leipzig, 2 Bde., 1901—2), versucht, in populärer Darstellung das Gesamtgebiet zusammenzufassen und dabei jeweilig die Wechselbeziehungen der Erscheinungen an der Erdoberfläche zu berühren. Von dem reich mit prächtigen Abbildungen versehenen Werke umfasst der 1. Bd. das Erdganze und die feste Erdoberfläche, der 2. die Wasser- und Lufthülle und „das Leben der Erde".

2. Die neue Zeit, in welcher das Studium der Geographie eine rasch sich ausbreitende Pflege auf deutschen und ausserdeutschen Universitäten fand, hat sehr bald eine Reihe von Lehrbüchern der allgemeinen physischen Erdkunde gezeitigt. Sämtlich die allgemeine Anthropogeographie ausschliessend, sind diese Versuche nach äusserem Rahmen und Behandlungsweise wiederum verschieden. Die „physische Erdkunde" von Peschel-Leipoldt (2 Bde. 1879/80, 2. Aufl. 1884/85) entbehrt eines einheitlichen Planes und gibt Einzelarbeiten Peschels zur physischen Erdkunde wieder, lässt im übrigen eine eigenartige Behandlung der gesamten Disziplin durch Peschel kaum erkennen, enthält aber zum teil fleissige Zwischenstücke des Bearbeiters Leipoldt mit literarischen Belegen. Dagegen zeichnen sich A. Supans „Grundzüge der physischen Erdkunde" (Leipzig 1884, später stark erweitert, 5. Aufl. 1911, 969 S.) durch planvolle Anordnung und Beherrschung des Stoffes aus. Aus dieser resultiert die lichtvolle Auswahl echt geographischer Fragen. In gemeinfasslicher Form geschrieben, verfolgt es etwa die gleiche Tendenz wie das gegenwärtige Lehrbuch, in das Studium einführen zu wollen. Es beschränkt sich auf die an der Erdoberfläche sich abspielenden Erscheinungen einschliesslich der Verbreitung der Organismen und gibt neuerdings auch die wichtigsten Quellenschriften an. — Diesem Werk tritt der ausgezeichnete, reichillustrierte „Traité de géographie physique" von Emm. de Martonne (Paris 1909, 912 S.) zur Seite. Von den 4 Abschnitten Climat, Hydrographie, Relief du Sol, Biogéographie liegt das Schwergewicht auf dem dritten, morphologischen. In

beiden Werken sind die mathematisch-geophysikalischen Partien der Erdkunde nur in der Form von Einleitungen vertreten.

3. Die auf mathematisch-physikalischer Grundlage sich aufbauenden Lehren bilden dagegen den Hauptgegenstand in den zahlreichen neueren Handbüchern der Kosmo- und Geophysik. S. Günthers grosses Handbuch der Geophysik (2 starke Bde., Stuttg. 1897/99) greift gleichfalls in die Kosmographie zurück. Ein äusserlich planvoll mit staunenswertem Sammelfleiss angelegtes Werk, das durch die historische Behandlung jeder Einzelfrage unentbehrlich ist; jedoch nur für den Kenner, da es das Wesentliche zu wenig vom Unwesentlichen scheidet und Zuverlässigkeit der ungeprüft übernommenen Nachweise vermissen lässt. In dem „Lehrbuch der kosmischen Physik" des schwedischen Physikers Sv. A. Arrhenius (Leipz. 1903, 1025 S.) treten die Probleme, die zu Physik und Chemie nähere Beziehungen haben, stark in den Vordergrund; es behandelt aber viele Fragen nach neuen Gesichtspunkten. Literarische Nachweise fehlen. Weit mehr als in diesem kommt die physikalische Weltbetrachtung gegenüber einer Geophysik in W. Traberts „Lehrbuch der kosmischen Physik" (Leipz. 1911) zur Geltung. Es will die Lehre vom Zustand und den Zustandsänderungen des Weltalls, d. h. des von einheitlichen Gesetzen beherrschten Ganzen behandeln. Vgl. Weiteres in § 66 Geophysik.

4. Die Erkenntnis, dass eine erschöpfende Behandlung der so verschiedenartigen Zweige der physischen Erdkunde über die Kraft des einzelnen geht, hat mehrfach zu einer Vereinigung von Fachmännern geführt. So besteht die „Allgemeine Erdkunde" von Hann, Hochstetter und Pokorny (1872; die 4. Aufl. bildet den 1. Bd. des Werkes „Unser Wissen von der Erde", Prag und Leipzig 1885—1886), aus drei ziemlich unabhängigen Teilen. In 5. Aufl. haben neben J. Hann, dessen Teil I (1896) „Die Erde als Ganzes, ihre Atmosphäre und Hydrosphäre" ein treffliches Lehrbuch bildet, Ed. Brückner, Teil II (1898), die „feste Erdrinde und ihre Formen", A. Kirchhoff, Teil III (1899), die „Verbreitung von Pflanzen und Tieren" übernommen. Wir kommen auf diese in § 116 u. 257 zurück. — Nach einheitlicherem, das Gesamtgebiet mehr erschöpfenden Plane entworfen, aber doch in ungleichartiger Durchführung ist das grosse Handbuch der physischen Erdkunde, herausgegeben von G. Marinelli, „La Terra, trattato popolare di geografia universale, I. Geografia matematica e fisica", Milano 1883—90. Es umfasst die ganze Kosmographie mit. (Die Geographie der Organismen und des Menschen folgt als geografia biologica im Bd. II.) Neben einer klaren Darstellung zeichnet sich das Werk durch eine sehr reiche, sorgfältig ausgewählte Quellenangabe aus.

5. Noch weiter reichte der Plan F. Ratzels (1904), durch Herausgabe einer Reihe geographischer Handbücher den Ausbau der Einzeldisziplinen zu fördern. Seit 1904 hat A. Penck die Herausgabe in die Hand genommen. Wir kommen auf dieselben bei den Einzelkapiteln zurück.

Ueber die Fortschritte innerhalb der einzelnen Zweige der allgemeinen Erdkunde berichten Fachmänner im Geographischen Jahrbuch (Gotha seit 1866, s. § 4). Seit 1891 erscheint ein Jahrbuch der Astronomie und Geophysik (Astrophysik, Meteorologie und physikalische Erdkunde) von Herm. J. Klein.

Im übrigen muss auf die besonderen Kapitel der allgemeinen Erdkunde verwiesen werden, denen kurze literarische Wegweiser vorausgeschickt sind.

Buch I.

Mathematische Geographie.

Einleitung.

§ 22. Wenn auch die Periode, in welcher man die Erde, von den Runzelungen der Oberfläche abgesehen, als eine Kugel ansah, hinter uns liegt, und selbst die Anschauung, als sei sie ein sogenanntes Rotationssphäroid, d. h. ein durch Drehung einer Ellipse um eine der Hauptachsen entstandener kugelähnlicher Körper, in der Wissenschaft überwunden ist, so sind doch die Abweichungen der wahren Gestalt der Erde von der Kugel so unbedeutend, dass wir eine solche den meisten der folgenden Betrachtungen zugrunde legen können. Diese letzteren sollen vor allem dazu dienen, uns zu zeigen, wie man gelernt hat, sich auf der Erde zurecht zu finden und die Wege zu bahnen, auf denen man zu den Erkenntnissen von Gestalt und Grösse derselben, sowie ihres äusseren Antlitzes gekommen ist. Doch können im allgemeinen nur die Grundgedanken der verschiedenen Verfahrungsweisen angedeutet werden. Wie eine jede exakte Wissenschaft hat auch die mathematische Geographie als ein Zweig der praktischen Geometrie ihre verschiedenen Stufen der Erkenntnis. Was hier an Erläuterungen, Formeln und Zahlenwerten gegeben werden kann, ist meist nur eine erste Annäherung an die schärferen Begriffe und Ziffern, welche unter Berücksichtigung der mannigfachen Fehlerquellen der Beobachtungsmethoden und unter Anwendung schärferer mathematischer Entwickelung auf einer höheren Stufe erstrebt und zumeist auch erreicht werden. Jedoch wird schon die Namhaftmachung der wichtigsten „Korrektionen", welche wir an den rohen Beobachtungen und Messungen anzubringen haben, dienlich sein, um zu zeigen, nach welcher Richtung hin die feineren Beobachtungs- und Rechnungsmethoden arbeiten, und wie weit wir mit jenen angenäherten Werten etwa die genaueren Resultate der heutigen Forschung erreichen.

Im übrigen muss die Technik der Behandlung dieser Fragen, die Handhabung der Instrumente, die Prüfung ihrer Konstruktion den Werken der Hülfswissenschaften der mathematischen Geographie überlassen werden: der Astronomie einerseits, welche die Bewegung der Himmelskörper kennen zu lernen strebt, der Geodäsie auf der anderen Seite, die sich speziell mit der Ausmessung der Erdoberfläche und ihrer Teile beschäftigt und in der sog. Feldmesskunst oder niederen

Geodäsie dem messenden Geographen manchen praktischen Wink zu geben vermag. Als eine dritte Hülfswissenschaft liesse sich für einen begrenzten Kreis von Fragen die Nautik oder die Kunst der Schiffsführung ansprechen. Die Geographie würde in manchen Zeiten raschere Fortschritte gemacht haben, wenn sie mit den genannten Wissenschaften immer Fühlung behalten hätte.

Mehr als in anderen Teilen der geographischen Wissenschaft führt die historische Entwickelung der Erkenntnisse den Anfänger in die Lehren der mathematischen Geographie ein; wir werden diesem Umstande Rechnung tragen, jedoch nur vom griechischen Altertum ausgehen und überhaupt nur dann von älteren Anschauungen sprechen, wenn sie für die Erläuterung der heutigen Kenntnisse verwertet werden können.

§ 23. Literarischer Wegweiser für den geodätisch-astronomischen Zweig der mathematischen Geographie. 1. Die Geschichte der mathematischen Geographie in der hier angenommenen Begrenzung ist im Zusammenhange noch nicht dargestellt worden, obgleich kein Zweig der Geographie mit solcher Vorliebe historisch behandelt wird als dieser, und manche ausgezeichnete Einzeluntersuchungen vorliegen. Mit Nutzen kann ausser früher genannten Werken (§ 1) und S. Günthers Handbuch der Geophysik (1898, § 21) heute noch Whewells Geschichte der induktiven Wissenschaften (deutsch von Littrow, 3 Bde., 1840—41), Gehlers Physikalisches Wörterbuch (neue Bearbeitung, 20 Bde., 1825—45), ferner Rud. Wolfs Geschichte der Astronomie (München 1877), sowie dessen Handbuch der Astronomie (s. u.) für gewisse Grenzfragen herangezogen werden, wobei aber bemerkt werden muss, dass auch Wolf vielfach nicht zu den Quellen vorgedrungen ist und irrtümliche Angaben macht.

2. Mathematische Geographie. Auf alle Hauptfragen (einschliesslich Projektionslehre) erstreckte sich Bd. I. von Ed. Schmidts trefflichem Handbuch der mathematischen und physikalischen Geographie (Göttingen 1829). Die Entwickelungen sind in streng mathematischer Form gegeben, rücksichtlich der Resultate ist das Werk selbstverständlich nur noch von historischem Wert. Es wird dasselbe nicht ersetzt durch S. Günthers Handbuch der mathematischen Geographie (Stuttg. 1890), weil dieses vielfach geistig nicht verarbeitetes Material aneinander reiht; statt der Entwickelungen nicht selten Sprünge von ganz elementaren Betrachtungen zu (oft willkürlich herausgegriffenen) komplizierten Formeln, die dem Selbststudium mehr Hindernisse als Führung bieten. Daneben sind Text und literarische Zugaben nur mit Vorsicht zu gebrauchen. Im Rahmen des gebotenen Stoffes beschränkter, aber ungleich mehr methodisch durchgearbeitet und trefflich in Auswahl und Darstellung ist H. Martus' Astronomische Geographie (Berlin 1880, 3. erweiterte Aufl. 1904); es setzt nur Kenntnisse der Elementarmathematik voraus und führt gut zur Einsicht in das Verfahren der Beobachtungen. Den gleichen Zweck verfolgt in etwas breiterer Ausführung die treffliche Geonomie (oder math. Geogr.) von Th. Epstein (Wien 1888). Das grössere „Lehrbuch der mathematischen Geographie" von Norbert Herz (Wien 1906) ist mehr als das Martussche eine astronomische Geographie, klar entwickelnd, auch auf Elementarmathematik sich beschränkend. Fast ganz ohne alle Formeln und mathematische Entwickelungen behandelt mit pädagogischem Takt Wilh. Schmidt den Gegenstand in seiner „Astronomischen Erdkunde" (Leipzig und Wien 1903). Selbstverständlich bieten auch die zahlreichen Leitfäden der mathematischen Geographie, die hier auch nicht in Auswahl genannt werden können, an Stoff weit mehr, als in diesem Lehrbuch der Gesamtgeographie in die Betrachtung gezogen werden kann.

Astronomie. Zur Orientierung über den heutigen Standpunkt der Forschung empfiehlt sich Newcombs Populäre Astronomie (1878, deutsch von Engelmann, 1881), besonders in der dritten, von H. C. Vogel nach der astrophysikalischen Seite erweiterten Auflage (Leipzig 1905 und 4. Aufl. herausgegeben von P. Kempf das. 1911). Eine gewisse Ergänzung bietet Herm. J. Kleins Handbuch der Allg. Himmelsbeschreibung in der 3. Aufl. (Braunschw. 1901). Ein reichhaltiges Kompendium über alle Zweige, auch die astronomischen Hülfswissenschaften, ist Rud. Wolfs „Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur" (2 Bde., Zürich 1890—93). Die Lehr- und Handbücher für beobachtende Astronomie, als deren beste der Abriss der praktischen Astronomie des Russen A. Sawitsch (1868—71, deutsch von Peters 1879), welches besonders durch zahlreiche Beispiele lehrend wirkt, sowie das Lehrbuch der sphärischen Astronomie von Brünnow (Berlin 1851, 4. Aufl. 1881) gelten, werden für unsere Zwecke z. T. durch Martus, Epstein, Herz u. a. vertreten. Fragen der modernen Astrophysik werden im vorliegenden Lehrbuch kaum gestreift. Zur allgemeinen Orientierung diene J. Scheiners Populäre Astrophysik (Leipzig 1908, 30 Taf.). Vergl. auch W. Valentiners Handwörterbuch der Astronomie, 4 Bde., Breslau 1897—1902.

Unter den astronomischen Ephemeriden, welche meist für mehrere Jahre im voraus berechnet und publiziert werden, stehen der Nautical Almanac (Greenwich), das Berliner astronomische Jahrbuch und die Connaissance des temps (Paris) obenan. Für viele geographische Zwecke genügt das handliche Nautische Jahrbuch, das gleichfalls jährlich in Berlin erscheint. Ueber geogr. Ortsbestimmung § 43.

Geodäsie. Neben Bauernfeinds weit verbreitetem Handbuch der Vermessungskunde (2 Bde., Stuttgart 1856, 7. Aufl. 1890) hat sich W. Jordans († 1899) gleichnamiges Werk (2 Bde., Stuttgart 1878, jetzt in 3 Bdn., von Reinhertz und O. Eggert, I. Ausgleichungsrechnung, 6. Aufl. 1908, II. Feld- und Landmessung, 7. Aufl. 1908, III. Landesvermessung und Grundaufgaben der Erdmessung, 5. Aufl. 1907), rasch grosse Geltung verschafft. Aus den zahlreichen Kompendien der niederen Geodäsie sei die „Geodäsie" von A. Galle, Leipzig 1907 hervorgehoben. Von besonderer Bedeutung für den Geographen sind E. Hammers grundlegende Berichte über die methodischen Fortschritte der geogr. Landmessung im Geogr. Jahrb. XXII, 1899; XXV, 1902; fortgesetzt von A. Marcuse (das. XXVIII, 1905). Vergl. auch C. Reinhertz, Niedere Geodäsie, und P. Pizetti, Höhere Geodäsie in der Encyklopaedie der mathematischen Wissenschaften, Bd. VI, 1., Leipzig, 1906 u. 1907.

Nautik. Die Mehrzahl der nautischen Lehrbücher wendet sich an ein Publikum, dem tiefere mathematische Kenntnisse abgehen. Eben deshalb enthalten sie manche auch für den Geographen wichtige Lehren (in der sog. geographischen und astronomischen Steuermannskunst) in elementarerer Form als diejenigen der Geodäsie und Astronomie. Ungemein fasslich ist A. Breusings „Steuermannskunst" (Bremen 1852, mit Tafeln; neubearbeitet in Verbindung mit O. Fulst und H. Meldau von C. Schilling, 8. Aufl. 1909); auch Freeses Lehrbuch der Navigation (Stade 1888) und Boltes Neues Handbuch der Schiffahrtskunde (Hamburg 1899) können empfohlen werden. Das deutsche Reichsmarine-Amt hat ein kurzes „Handbuch der Küstenvermessungen" (Berlin 1906, Text und Tafeln) herausgegeben. In der genannten Encyklopaedie der mathematischen Wissenschaften behandelt H. Meldau die Nautik in strengerer Form (Bd. VI, 1. Aufl., Heft 3, 1909) und C. W. Wirtz die nautische Astronomie im Anschluss an geographische Ortsbestimmung (Bd. VI, 2., Heft 7, 1905).

Kapitel I. Orientierung auf der Erdoberfläche.

I. Orientierung auf dem Horizonte[1]).

§ 24. Der Horizont. Ein Teil der Erdoberfläche, welchen wir von einem festen Standpunkte aus gleichzeitig übersehen, erscheint uns umsomehr als eine Kreisfläche, auf je ebenerem Boden wir stehen und je weniger uns erhabene Gegenstände, wie Bäume, Gebäude, Hügel, Berge u. s. f. den Blick in die Ferne hindern. Wie der Ausdruck „Kreis" zugleich den Kreisumfang und die von ihm eingeschlossene ebene Kreisfläche bezeichnet, so ist auch das griechische Wort des Grenzkreises oder Horizonts ὁ ὁρίζων (sc. κύκλος)[2]) in den modernen Sprachen mit auf die von ihm umgrenzte ebene Fläche des Gesichtskreises übertragen. In diesem Kreise steht zunächst nur der Mittelpunkt, haftend an dem Standpunkte des Beobachters, fest.

§ 25. Die vier Weltgegenden. Jeden Gegenstand, welchen wir ausser uns auf der Ebene des Horizonts sehen, beziehen wir in seiner Lage auf unsern Standpunkt. Wir vermögen aber zunächst immer nur die Richtung anzuzeigen, in welcher wir denselben beobachten, beschreiben können wir die Lage der Richtungslinie einem Dritten nur, wenn wir sie entweder zu bestimmt bekannten Seiten (Teilen) des Grenzkreises oder zu festen Richtungslinien in der Ebene des Horizonts in Beziehung setzen. Hierzu bietet der Kreislauf der Gestirne, vor allem der Sonne, insofern den nächsten Anhalt, als dieselben stets in einer gewissen Gegend des Grenzkreises unseres Gesichtsfeldes zum Vorschein kommen. Die Gegend des Aufgangs der Gestirne und besonders der Sonne ist daher den verschiedensten Völkern die vornehmste Weltgegend; sie war es im Altertum. Ihr das Antlitz zuwendend suchte man sich zurecht zu finden, zu „orientieren"[3]). Der Zweiteilung des Horizonts in eine Tag- und Nachtseite folgte schon in homerischer Zeit die Teilung in die vier Welt- oder Himmelsgegenden, indem man zwischen die Gegenden des Aufgangs und Untergangs der Sonne die ihres höchsten und niedrigsten Standes, des Mittags und der Nacht (Mitternacht), legte.

---

[1]) Mancher hier erörterte Punkt findet nach der historischen Seite Ergänzung in A. Breusings Aufsätzen in Zeitschr. für Erdkunde I, 1869, 31—51, und desselben Schrift: Die nautischen Instrumente bis zur Erfindung des Spiegelsextanten 1890, 1—14. — [2]) Lateinisch: Terminator. — [3]) Ob der uns heute durchaus geläufige Ausdruck „sich orientieren", d. h. nach dem Aufgang sich zurecht zu finden, in unmittelbarem Zusammenhang steht mit jenen Anschauungen des Altertums oder mit dem Umstande, dass der Osten im christlichen Mittelalter als Gegend des gelobten Landes bevorzugt ward, ist, wie es scheint, noch nicht näher untersucht.

Die gebräuchlichsten Namen für diese Weltgegenden drücken in den europäischen Kultursprachen zumeist diese unmittelbare Beziehung zum täglichen Lauf der Sonne (Gestirne) aus: Oriens, italienisch: Oriente und Levante, Osten; — Occidens, ital.: Ponente, Westen; — Meridies, Mezzodi, Mittag, Süden. Nur für die Gegend im Norden ist der Name bei den Mittelmeervölkern von dem auffallenden Sternbilde des Bären (ἡ ἄρκτος) oder des Siebengestirns (Septentrio)[4]), (settentrio) entnommen. Den aus dem Gotischen stammenden deutschen Namen Ost, West, Nord, Süd und ihren Zwischenrichtungen hat Karl der Grosse allgemeine Verbreitung verschafft[5]), sodass dieselben nicht nur bei germanischen Völkern, sondern auch bei den Franzosen, Spaniern, Portugiesen in entsprechendem Umlaut sich finden.

§ 26. Die vier Kardinalpunkte des Horizonts und die Mittagslinie. Fester Richtungslinien zur genaueren Orientierung bedurfte man wohl zuerst in der gottesdienstlichen Baukunst; es war die Aufgabe der Feldmesser, das Kreuz der sich rechtwinkelig schneidenden Ost-Westlinie und Süd-Nordlinie jeweilig niederzulegen. Die erste derselben ergibt sich wiederum durch unmittelbare Beobachtung am Horizont. Im Laufe des Jahres wechselt der Auf- und Untergangspunkt der Sonne seine Stelle im östlichen und westlichen Bogen des Horizonts; beide Punkte rücken bei uns, wenn sich die Tage verkürzen, gegen Süden, wenn letztere zunehmen, gegen Norden. Der Bogen des Horizontkreises zwischen den äussersten Punkten des Aufgangs im Laufe des Jahres heisst die Morgenweite, der des Untergangs die Abendweite (Sydow-Wagner, Atlas, Taf. I, Fig. 3); Auf- und Untergangspunkte zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen bestimmen daher die markanten Punkte im Osten und Westen, den Ostpunkt und den Westpunkt[6]). Ihre Verbindungslinie, die Ost-Westlinie, halbiert die Scheibe des Horizonts; man kann ihre Lage nur zweimal im Jahre unmittelbar bestimmen. — Umgekehrt lassen sich Süd- und Nordpunkt nicht in gleicher Weise aus unmittelbaren Beobachtungen am Grenzkreise des Horizonts finden; sie stellen sich zunächst als Endpunkte einer gedachten Geraden dar, welche die Ebene des Horizonts in eine östliche und eine westliche Hälfte teilt, der sog. Mittags- oder Meridianlinie[7]). Diese zu bestimmen, bedurfte es des ersten geographischen Instrumentes, des Schattenmessers, weil die Mittagslinie mit der Richtung des Schattens bei dem höchsten Stande der Sonne am Tage zusammenfällt. Wir kommen auf diesen Apparat zurück. (§ 44.)

Diese Meridianlinie ist im Laufe der Zeit zur Hauptorientierungslinie für Astronomen, Geographen und Seeleute geworden. Für die ersteren schon im Altertum; auch die Araber legten sie zu grunde. Die Seefahrer des

---

[4]) Wörtlich: die 7 Jochochsen. — [5]) Einharti, Vita Caroli Magni, Kap. 29. Vergl. auch Graff, Althochdeutscher Sprachschatz, I, 624, Art. Wint. — [6]) Die einsilbigen Namen Ost, Süd, West, Nord sind (Breusing a. a. O. 1869, 34) dem Seefahrer die entsprechenden Punkte, die zweisilbigen: Osten, Süden etc. die betreffenden Gegenden. Es ist daher nicht richtig, zu sagen, „die vier Punkte des Gesichtskreises nennt man die vier Haupthimmelsgegenden", wie es in A. Kirchhoffs Schulgeographieen gleich anfangs Jahrzehnte hindurch hiess. — [7]) Es ist hierdurch verständlich, warum bei den Alten die Ostwestlinie *(decumanus)* den Vorrang hatte; die Meridianlinie hiess *Cardo* (eig. Angelpunkt, d. h. den Punkt, um welchen sich das Weltall dreht). Vergl. Cantor, Röm. Agrimensoren, 1875, 66.

Mittelmeers, denen die „*stella maris*“, der Polarstern, Wegweiser war, wurden in dieser Wahl bekräftigt durch die Verbreitung der Magnetnadel, von der man Jahrhunderte lang glaubte, dass sie Nord-Süd weise. Es spricht sich dies Verhältnis auch in der Geschichte der Karten aus. Eine das Kartenblatt von oben nach unten durchziehende gerade Mittellinie ist uns auf diesem die Hauptorientierungslinie. Die mittelalterlichen Mönchskarten verlegten die Ostwestlinie in diese senkrechte Mittellinie, und zwar den Osten nach oben; auf den übrigen fällt die Meridianlinie in die senkrechte Mitte der Karte. Aber durch viele Jahrhunderte hat ein merkwürdiger Gegensatz bestanden. Die Karten der Araber, die italienischen Portulankarten des 14. und 15. Jahrhunderts[8]) und viele Landkarten bis weit über die Mitte des 16. Jahrhunderts zeigen den Süden nach astronomischer Art als vornehmere Gegend nach oben. Erst als Ptolemaeus wieder zur vollständigen Herrschaft gelangte und man Globen verfertigte, also seit Mitte des 16. Jahrhunderts, ward die uns heute geläufige Orientierung der Karten mit dem Norden nach oben allgemeiner[9]).

§ 27. Wind- und Strichrose. Der Vierteilung des Horizonts folgte sehr bald die Achtteilung und damit ist im allgemeinen dem Bedürfnis des Volkes genügt. Keine Berufsklasse desselben ist im gleichen Masse zur dauernden Beobachtung des Horizonts gezwungen, wie die des Seefahrers. Es ist die Herkunft des Windes, die er verfolgt, um von Küste zu Küste zu gelangen, und daher begreiflich, dass die seefahrenden Nationen des Mittelmeers die eigenen Namen der Winde auf die Weltgegenden übertrugen, aus denen sie zu kommen scheinen. An Stelle der Achtteilung, wie sie sich in dem achtseitigen Turm der Winde zu Athen ausspricht[10]), trat in der Schiffahrt der Griechen allmählich die Zwölfteilung des Horizonts. Dieselbe hat sich dann bei den Geographen festgesetzt und bis weit ins 16. Jahrhundert erhalten.

Immer aber entsprach auch bei dieser zwölfteiligen Windscheibe ein einzelner Wind nicht einem Punkte am Horizont, sondern einem Kreisbogen, in dessen Mitte die betreffende Weltgegend fiel. Je mehr sich die Schiffahrt ausbildete, um so störender musste diese Anordnung empfunden werden, denn der Seefahrer muss eine Richtungslinie in stete Beziehung zur Längsachse seines Schiffes bringen, auch er bedarf bekannter Punkte am Horizont. Somit begann eine neue Periode der Orientierung, als man das Hauptkreuz der Richtungslinien, durch welches die Kardinalpunkte markiert sind, mit der Windscheibe verband, und sich so gleichsam Landmesser und Seefahrer die Hand reichten. Dies ging von den Italienern aus.

Die Wind- oder Strichrose der seefahrenden Nationen beruht also auf der fortgesetzten Halbierung des rechten Winkels bis zum „Strich“ oder „Viertelwind“, deren die Rose 32 trägt, und es bestehen nur Unterschiede in der Benennung der Teilungen.

---

[8]) Ob die Römer schon die Südorientierung hatten, wie Elter (de forma urbis Romae deque orbis antiqui facie diss. II, Bonnae 1891) nachzuweisen sucht, ist doch noch nicht sicher. — [9]) Der Verlauf dieser Entwickelung in der Kartographie bedarf noch näherer Untersuchung. Einen plausiblen Grund für diese verschiedene Orientierung gibt bereits Peter Apian (Cosmographiae introductio 1529 (31), Kap. VII) an: „Nicht auf dieselbe Weise teilen die Geographen und die Astronomen den Horizont. Die rechte Weltgegend nennen die Astronomen die westliche, weil dieselben die Brust mehr nach Süden kehren, wo der Lauf der Gestirne am schnellsten ist (denn am Pol bewegen sie sich kaum); die Geographen sehen nach Norden, wo sie die Polhöle suchen. So wird die Erde auf Globen und den Karten des Ptolemaeus dargestellt“. — [10]) Vitruv, de architectura I, 6.

Die Italiener haben von allen Nationen allein sofort die Achtteilung des Horizonts bei ihrer Windrose *(rosa dei venti)* zu grunde gelegt und eigene, aus Süditalien stammende Namen[11]) für diese acht Hauptwinde eingeführt. Durch weitere Halbierung entstehen die sog. acht Halbwinde und ferner die 16 Viertelwinde. Diese Teilung ist auf alle romanischen Völker übergegangen, nur dass sie die Zwischenwinde mit Namen bezeichnen, welche aus den vier Kardinalnamen zusammengesetzt sind. Man erkennt die romanische Windrose daher sofort an den acht Rhomben, welche den Hauptstern bilden. — Die germanischen seefahrenden Nationen sprechen nicht von Windrichtungen, sondern von Strichen (engl. „Point"), indem sie, den rechten Winkel weiter halbierend, auf 32 Striche der Kompassscheibe oder Strichrose gelangen. Ihre Einheit ist also der achte Teil eines rechten Winkels, bei den Romanen die Hälfte eines solchen. Ein Strich der Germanen entspricht dem Viertelwind der Romanen und ist gleich $360^0 : 32 = 11^1/_4{}^0$. Die Benennung im einzelnen mag man dem Bilde einer Stichrose entnehmen (s. Atlas, Taf. I, Fig. 4)[12]).

§ 28. Azimut. Wenn somit die neuere Wind- oder Strichrose schon weit über den Bedarf des gewöhnlichen Lebens, ja auch über den des Geographen, der mit Worten beschreibt, hinausgeht, so genügt die Teilung des Horizonts für feinere Messungen selbstverständlich nicht. Man nimmt alsdann die Kreisteilung zu Hülfe und bezeichnet eine beliebige Richtung durch den beweglichen Schenkel eines Winkels, dessen festliegender Schenkel in die Meridianlinie fällt; dieser Winkel heisst Azimut oder Richtungswinkel.

Man zählt das Azimut gewöhnlich, indem man den Horizont im Sinne des Uhrzeigers umfährt. Doch herrscht zur Zeit keine Uebereinstimmung hinsichtlich des Anfangspunktes der Zählung. Die Astronomen beginnen am Südpunkte, den sie ja überhaupt als Hauptpunkt ansehen[13]) — sie lassen den astronomischen Tag von 24 Stunden bekanntlich auch um Mittag beginnen, — die Geodäten im Nordpunkte; in der Nautik pflegt man, vom Süd- oder Nordpunkte ausgehend, die Zählung nicht über 180° auszudehnen. In der Geographie, Geologie und den verwandten Wissenschaften ist das Wort Azimut weniger gebräuchlich. Man zählt hier beliebig von N, O, S, W und überschreitet 90° nicht. Die übliche Bezeichnung lässt dann kaum einen Zweifel über den Quadranten, in welchem der Richtungswinkel zu suchen ist. O $22^1/_2{}^0$ S würde der OSO-Richtung, N 40° W einer Richtung zwischen NW und NW z N entsprechen.

Seit dem 11. Jahrhundert ist die Bussole, d. h. die Verbindung einer schwebenden Magnetnadel mit einer Strich- oder Kompassrose, das wichtigste Instrument für die rohe Orientierung geworden. Zuerst wesentlich in der Nautik, namentlich seitdem man von dem italienischen Hafen Amalfi aus um 1300, wie man annimmt, die Nadel fest mit der Kompassscheibe verbunden und den Kompass

---

[11]) Tramontana (N), Greco (NO), Levante (O), Scirocco (SO), Ostro (S), Libeccio (SW), Ponente (W), Maëstro (NW). — [12]) Nord zu Ost, NO zu O u. s. f. wird bei den Romanen N $^1/_4$ E, NE $^1/_4$ E u. s. f. geschrieben. Da bei der üblichen Abkürzung auf die Anfangsbuchstaben Verwechselungen zwischen dem deutschen O (= Ost) und dem französischen O (Ouest = West) eintreten können, hat man in wissenschaftlichen, besonders meteorologischen Kreisen, begonnen, das deutsche „Ost" durch das französische bezw. englische E (Est, East) zu ersetzen. — [13]) Vergl. die Bemerkung über die Kartenorientierung im Mittelalter, oben Anm. 9.

dadurch erst in Wahrheit für das schwankende Schiff brauchbar gemacht hatte[14]). Beim Landkompass schwebt die Nadel frei auf einer Spitze über der Graduierung der dieselbe einschliessenden Büchse (Bussole). Durch kleine am Rande aufzuklappende Visire kann man die Bussole zu einem sog. Azimutkompass ausbilden, der, wenn von einiger Grösse, noch die Bestimmung der Richtung bis auf 1^0 gestattet. — Die Abweichung der Magnetnadel von der Nordsüdlinie beträgt in Mitteldeutschland jetzt ca. 11^0 W. (§ 74.)

§ 29. Geradlinige Entfernung. Alle bisher betrachteten Beobachtungen liefen auf Winkelbestimmungen hinaus, die uns zunächst nur die Richtung bezeichnen, in welcher wir einen zu erreichenden Punkt zu suchen haben. Fest ist seine Lage erst bestimmt, wenn wir auch seinen geradlinigen Abstand von unserem Standorte aus, gemessen auf der Richtungslinie, kennen. Azimut und geradlinige Entfernung[15]) sind also die Polar-Koordinaten eines Punktes, anwendbar für jeden Teil der Erdoberfläche, den wir als Ebene ansehen können. So tritt die Entfernungsmessung als zweite Fundamentalaufgabe an den Geographen heran, mühseliger als die Azimutbestimmung, da sie nicht durch eine einzige Beobachtung, sondern nur durch die hundert- und tausendfache Aneinanderlegung des Grundmasses der Längeneinheit gewonnen werden kann; schwieriger auch deshalb, weil es dabei gilt, auf dem Lande über Stock und Stein, auf dem Meere bei Strömung und Wellenschlag eine gerade Linie einzuhalten.

Da nun die Erde eine allseitig gekrümmte (Kugel-) Oberfläche besitzt, so hängt die Grösse des Teiles, den wir ohne merklichen Fehler noch als eine Ebene ansehen können, von der Grösse der Erdkugel ab. Für jetzt genüge es, sich zu merken, dass eine Strecke von etwa 5 km noch als gerade Linie gelten darf, sobald wir es, wie hier, mit sog. Horizontal- oder Lagemessungen zu tun haben. Bei grösseren Strecken handelt es sich dagegen stets um Bogen, die wir zunächst als Stücke von grössten Kugelkreisen ansehen können, weil auf einer Kugel die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten durch das zwischen ihnen gelegene Stück eines grössten Kreises gemessen wird.

§ 30. Das Wegemass und die Streckenmessung. Als Längeneinheit kommt für den Geographen die Einheit des Wegemasses in Betracht. Dieses hat sich historisch bei den einzelnen Völkern verschieden entwickelt. Ursprünglich entsprach es meist der Wegestrecke, die man in einer gewissen Zeit zurücklegt (Wegstunde, Rast etc.), dann legte man diesen etwas unsicheren Grössen das Vielfache eines fester bestimmten bürgerlichen Längenmasses (Fuss, Elle, Schritt, Rute, Klafter) zu grunde. In einem vorgeschrittenen Stadium brachte die Wissenschaft das Wegemass mit einem bestimmten Teil eines grössten

---

[14]) Breusing, a. a. O. 1869, 44; derselbe Naut. Instrumente 1890, 15 ff. Dass man die Erfindung des Schiffskompasses einem sagenhaften Flavio Gioja zuschreiben dürfe, wird von Tim. Bertelli ernstlich bestritten (Rivista geogr. Ital. IX, 1902, Fasc. V—VII), wogegen F. Porena einen gewissen De Joya aus Ravello bei Amalfi († 1312) nachweist. (Ebenda XIII, 1906, 396). — [15]) In der Nautik spricht man von Kurs (die Richtung der Fahrt bezeichnend) und Distanz. Der Kurs ist also immer eine Winkelgrösse.

Kreises der Erdkugel in Verbindung. So sagte man, die (deutsche) geographische Meile sei der 15. Teil eines Erdgrades. Im letzteren Falle ist das Wegemass ein Naturmass und schwankt in seiner Grösse (was doch weiten Kreisen nicht zum Bewusstsein gelangt) mit unserer Kenntnis der Grösse der Erde. Wir kommen auf diesen wichtigen Punkt zurück (§ 62). Das Richtigere ist, das Wegemass zu einer fest nach Urmass bestimmten Längeneinheit in Beziehung zu setzen. Als solche gilt uns jetzt das Meter. Das Tausendfache eines Meters oder das Kilometer ist uns heute das wichtigste geographische Streckenmass.

Zum Glück haben wir es in der Geographie heute im wesentlichen nur noch mit zwei Grundmassen für Längen, dem Meter und dem englischen Fuss zu tun, da die grösste Zahl der Kulturnationen in unseren Tagen das Meter, nachgebildet dem in den Pariser Archiven aufbewahrten Urtypus, als Einheit des Längenmasses anerkannt hat. Nur die Briten können sich noch nicht zur Einführung des Metermasses entschliessen, wogegen Nordamerika bald dazu übergehen und Russland dann auch wohl folgen wird. Jedenfalls sind wir der Einschiebung eines eigenen Kapitels über Massvergleichungen überhoben, das in den geographischen Lehr- und Handbüchern früherer Zeit eine grosse Ausdehnung hatte. Freilich bei Benutzung der älteren Literatur sind solche Massvergleichungen nicht zu umgehen, und bei der Unsicherheit unserer Kenntnisse von dem genauen Wert der im Altertum und Mittelalter angewandten Masse ist es verständlich, wie sich ein eigener Zweig des Wissens als Masskunde oder Metrologie bilden konnte [16]), der sich freilich bisher fast allein mit dem Altertum beschäftigte.

Kleinere Strecken lassen sich mit Meterstäben, Bandmassen und Messketten abmessen. Geradlinige Richtung, Bestimmung der Neigung und Zwischenräume der Massstäbe spielen dabei die Hauptrolle. Doch gehören schon feinere geodätische Operationen zur genaueren Abmessung auch einer kurzen Entfernung. Nicht nur im Altertum und Mittelalter, auch heute beruht unsere Kenntnis der gegenseitigen Lage zahlloser Punkte der Erdoberfläche auf blossen Schätzungen der Entfernungen (§ 50).

Zu Lande bildet der Schritt die Grundlage zu solchen. Die Grösse des einfachen Schritts (*passus simplex*) schwankt aber bei verschiedenen Individuen beträchtlich und, wer Entfernungsmasse durch Schrittzählung gewinnen will, muss zuvor das durchschnittliche Mass seines Schrittes an abgemessenen Wegestrecken bestimmen. 70 cm fand z. B. G. Schweinfurth für seine Person [17]), 74 cm beträgt die Länge des römischen (einfachen) Schrittes, 80 cm rechnet das deutsche Militär als mittleres Schrittmass [18]). Es sind bei letzterer Annahme, wie der Wegemassstab unserer (deutschen) topographischen Karten angibt,

1250 Schritt = 1 km oder 10 000 Schritt = 8 km.

---

[16]) Vergl. Fr. Hultsch, Griech. und röm. Metrologie, 2. Bearb., Berlin 1882, R. Lepsius, die Längenmasse der Alten, Berlin 1884. Nissen in Handb. der ges. Altertumwiss. I., 2. Aufl. 1892. Eine Metrologie des Mittelalters gibt es leider heute noch nicht. — Für die noch jetzt bezw. vor Einführung des Metermasses gebräuchlichsten Fuss-, Wege-, Flächenmasse in den verschiedenen Ländern der Erde gibt E. Debes die besten Zusammenstellungen nebst Reduktionstabellen im Geogr. Jahrb. I, II, III, Gotha 1866—70. Vergl. die kurze Uebersicht am Schluss dieses Bandes. — [17]) Pet. Mitteil. 1872, 32. — [18]) S. Näheres über das Schrittmass in W. Jordans Handb. d. Vermessungskunde, II, 6. Aufl. 1904, § 21.

Dem römischen Meilenmass (*mille passuum*) liegt übrigens stets der Doppelschritt $= 1{,}480^{m}$ zu grunde[19]). Aus der verwirrenden Fülle älterer Wegemasse wählen wir nur vier zum Vergleich aus:

das (ptolemaeische?) Stadium .	=	. . . . .	= 125 passus	= 185^{m},
die römische Meile	=	8 Stadien .	= 1000 „	= 1480^{m} (rund),
die italienische Meile . . .	=	10 „ .	= 1250 „	= 1850^{m} (rund),
die (spätere) deutsche Meile (*Milliare german. magnum*) .	=	4 ital. Meilen	= 5000 „	= 7400^{m} (rund).

Der italienischen Meile, die seit dem 16. Jahrhundert die älteren Wegemasse verdrängt hat, werden wir später (§ 62) als Seemeile begegnen und ihren genaueren Wert zu 1852^{m} begründen. Der 10. Teil derselben heisst in der Nautik eine Kabellänge, deren Länge (185^{m}) demnach derjenigen des Stadiums entsprechen würde, wenn wir diese zu 185^{m} annehmen dürfen[20]).

Das mühsame Zählen der Schritte erleichtern wir uns heute durch eigene (nicht immer zuverlässige) Schrittzähler in Uhrform, in denen eine feine, mit jedem Auftritt sich bewegende Feder ein Rädchen dreht.

Von jeher hat man grössere Entfernungen durch die Dauer der Zeit, welche man bei ihrer Durchschreitung gebraucht (Marschzeit), abgeschätzt. Eine Wegstunde mag man bei munterem Dauer-Schritt gleich 5^{km} (1^{km} in 12 Min.) bei eiligem Schritte gleich 6^{km} ansetzen. Eine Kamelstunde berechnet Jordan zu 4^{km}; eine Poststunde Fahrzeit entspricht in Deutschland durchschnittlich einer Entfernung von $7—8^{km}$, ein trabendes Pferd mag 12^{km} in der Stunde auch längere Zeit aushalten. Unsere Eisenbahnzüge durchlaufen im Durchschnitt jetzt 35^{km}, die Eilzüge 60^{km}, die Schnellzüge bis 90^{km}, ja 110^{km} in der Stunde, und die fortschreitende Technik geht mit Versuchen um, einzelne Strecken von festem Unterbau mit einer Geschwindigkeit von $120—130^{km}$ und mehr in der Stunde zurückzulegen.

Ueber die Wegstrecke eines Tagemarsches oder einer Tagereise lässt sich schwer etwas Bestimmtes aussagen, da sie je nach dem Terrain und der Art des Transportmittels verschieden sein wird. Die Karawanenzüge der Araber legen $30—35$, die Reitkamele $70—80^{km}$ am Tage zurück. Mit den Eilzügen unserer Zeit vermag man sich nach obigen Angaben 1300, ja 1400^{km} in 24 Stunden fortzubewegen, die Fahrt von Newyork nach S. Francisco, auf der Hauptlinie 3250 engl. Meilen $= 5230^{km}$ lang, erfordert jetzt 5 Tage, also entfallen etwa 1050^{km} auf einen Volltag. (Vergl. § 381.)

In der Schätzung des durchlaufenen Weges zur See — der sogen. Gissung — an der Hand der Bewegung des Schiffes durch das aufschäumende Wasser pflegen erfahrene Seeleute grosse Gewandtheit zu haben, und die uns in den nautischen Karten- und Segelanweisungen des Mittelalters überlieferten Entfernungsangaben, die nur durch solche Gissung gewonnen werden konnten, überraschen oft durch ihre Genauigkeit. Seit Ende des 16. Jahrhunderts wird ein einfaches Instrument, das Log oder die Logge[21]) angewendet zum Zwecke der Abschätzung der Geschwindigkeit des Schiffes. Ein dreieckiges Brettchen, dessen eine Seite durch Blei beschwert ist, damit es sich im Wasser senkrecht stellt, wird an einer Leine ins Wasser gelassen und in der Voraussetzung, dass es seinen

---

[19]) Wer (s. Hultsch, 700) $1{,}479^{m}$ für den römischen Schritt annimmt, erhält $1478{,}_{5}^{m}$ für die röm. Meile etc. — [20]) Nissen setzt dem ptolemaeischen Stadium von 185^{m} das attische Stadium von 600 Fuss zu $0{,}_{296}^{m} = 177{,}_{6}^{m}$ gegenüber (Handb. der Altertumswiss. I, 2. Aufl. 1892). — [21]) S. Breusing, die nautischen Instrumente, 1890, 25.

Ort nur wenig ändert, die Schnelligkeit der Schiffsbewegung aus der Länge des Stücks der Leine geschlossen, das sich in einer gewissen, mit einer Sanduhr, dem sogen. Loggeglas, gemessenen Zeit abrollt. Die Zahl der Knoten, welche sich während der Loggezeit (meist 15 Sekunden) abwickeln, entspricht der Zahl der Seemeilen, die das Schiff in einer Stunde durchläuft. Denn nimmt man die Seemeile wegen des unvermeidlichen Nachschleppens des Loggescheites rund zu 1800 m (statt 1852 m) an, und durchläuft das Schiff in einer Stunde eine Seemeile, so jedenfalls in einer Sekunde: 1800 : 3600 = $^1/_2$ m, also in der Loggezeit der Sanduhr von 15 Sekunden $7^1/_2$ m. Diese letztere Zahl ist in solchem Falle die Knotenlänge, nach welcher die Leine markiert wird. So viel Knoten nun dem beobachtenden Seemann in der Loggezeit durch die Hand laufen, so viel „Fahrt" hat das Schiff in einer Stunde. — Unsere grossen Dampfer, bei denen die Geschwindigkeit der Fortbewegung übrigens jetzt meist nach der Zahl der Drehungen der Schiffsschraube bestimmt wird, laufen, wie der Seemann sagt, jetzt meist 12 bis 15 Knoten, d. h 12—15 Seemeilen (oder 22—28 km) Fahrt in der Stunde, die schnellsten selbst 24—25 Knoten (44—46 km) und legen also im Etmal, worunter man in der Nautik die Zeit von Mittag zu Mittag, also von 24 Stunden, versteht, rund 300—350 Seemeilen (550—650 km), bei den schnellsten Fahrten sogar 550—600 Seemeilen (an 1000—1100 km) und mehr zurück.

II. Orientierung am Himmelsgewölbe.

§ 31. Die Himmelskugel. Das Zenit. Die vorhergehende Betrachtung zeigt bereits, dass eine Orientierung auf dem Horizonte nur in wenigen Fällen eines Aufblickes in das Himmelsgewölbe entbehren kann. Unbewusst werfen wir selbst die Sehstrahlen, die unser Auge mit einem Himmelskörper verbinden, auf die Ebene unseres Standortes; die Richtungslinien in der letzteren, auf die es uns allein ankommt, sind nichts Anderes als die Projektionen jener Sehstrahlen auf den Horizont. — Es ist eine optische Täuschung, hervorgerufen vor allem durch die über uns in geringer Entfernung schwebenden Wolken, dass uns das Himmelsgewölbe mehr wie eine gedrückte Kugelkappe erscheint; wie wenn die im Horizont auftauchenden Gestirne bei ihrer Erhebung sich uns gleichzeitig näherten. Schon die Kosmographie des Altertums ging sehr früh von der unmittelbaren Vorstellung einer mächtigen Himmelskugel aus, welche vom Horizont halbiert und in eine sichtbare und unsichtbare Halbkugel geschieden wird.

Nun bedarf es einer schärferen Bestimmung der Lage für die Ebene des Horizonts, als sie bisher gegeben ward. Die eigentliche Orientierungslinie innerhalb der Himmelskugel entnehmen wir der Lotlinie oder der Richtung der Schwerkraft am Beobachtungsort, wie sie uns ein sog. Senkel, ein beschwerter Faden, jederzeit erkennen lässt. Den Horizont bezeichnen wir nunmehr als eine zur Richtung der Schwerkraft senkrechte Ebene, welche durch unsern Standpunkt gelegt wird.

Die Oberfläche einer ruhenden Wasserfläche deutet uns diese Lage gleichfalls an. Daher bedienen wir uns zur Erkennung einer wahrhaft horizontalen Lage einer Wasserwage, einer an beiden Enden nach oben gebogenen, mit Wasser gefüllten und in der Mitte auf einem Stativ ruhenden Röhre, oder der

sog. Libellen, in denen ein auf Wasser schwimmender Oeltropfen bei horizontaler Lage der Röhre oder Dose, in welchen beide Flüssigkeiten eingeschlossen sind, sich um den Mittelpunkt lagert [22]).

Die Vertikale oder Lotlinie trifft die sichtbare Himmelskugel im Scheitelpunkt, für welchen sich der arabische Ausdruck Zenit eingebürgert hat, die uns unsichtbare im Gegenpunkt oder dem Nadir. Im Zenit [23]) ist unser eigener Standpunkt fortan an das Himmelsgewölbe selbst projiziert; es wandelt das Zenit bei jeder Ortsbewegung mit uns fort. Vom Zenit aus orientieren wir uns am Himmel, ganz wie in der Horizontebene von unserm Standpunkte aus.

§ 32. Höhe und Azimut. Jeder durch Zenit und Nadir gelegte grösste Kreis der Himmelskugel ist ein sog. Vertikalkreis, es gibt unter diesen zwei ausgezeichnete sich rechtwinkelig schneidende. Der

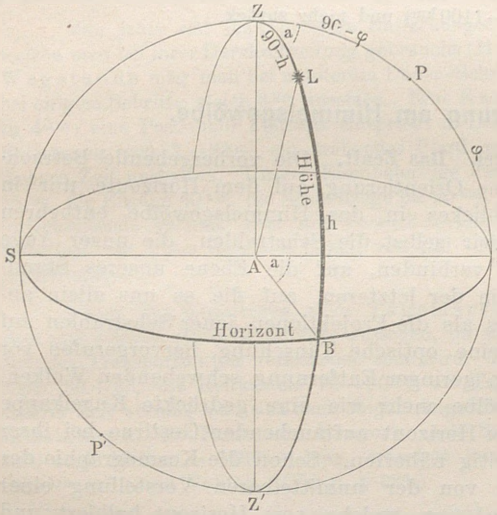


Fig. 1.

Z = Zenit, Z' = Nadir, P = Pol.

ZNZ'S = Meridianebene.

ZLBZ' = Vertikalkreis.

ZA = Lotlinie.

LB = h = Höhe des Sterns L.

ZL = 90 − h = Zenitabst. v. L.

PN = φ = Höhe des Pols.

ZP = 90 − φ = Zenitabstand des Pols.

NZB = a = Azimut v. L.

(Hier von Nord gezählt.)

SN = Meridianlinie.

Vertikalkreis, welcher durch Süd- und Nordpunkt geht, ist der Mittags- oder Meridiankreis, kurzweg Meridian genannt; seine Ebene schneidet diejenige des Horizonts in der Meridianlinie. Der Vertikalkreis, welcher durch Ost- und Westpunkt geht, heisst dagegen

[22]) Unter anderen hierher gehörigen Instrumenten verweisen wir auf das in Amerika mehr gebrauchte Horizontalglas, das uns an einem Turm, einer gegenüberliegenden Bergwand gestattet, den Punkt zu bestimmen, der mit unserm Auge in horizontaler Linie liegt, s. Richthofen, Führer für Forschungsreisende 1886, 20. — [23]) Zöppritz suchte nachzuweisen, dass das h, welches man den Worten Zenith, Azimuth etc. anzuhängen pflegt, aus dem Französischen stamme, um das t hörbar zu machen. (Zeitschr. f. Vermessungswesen, Bd. XII, 1883, 321.) Es bedarf aber noch der Untersuchung, ob die deutschen Astronomen des 15. und 16. Jahrhunderts diese Schreibweise von den Franzosen übernommen haben, was mir zweifelhaft ist.

Erster Vertikal. Das Bogenstück eines durch einen beliebigen Stern gezogenen Vertikalkreises zwischen Stern und Horizont nennt man seine Höhe (h) (s. Fig. 1), dasjenige zwischen Zenit und Stern seinen Zenitabstand. Letzterer ($90 - h$) ergänzt die Höhe zu einem Rechten. Kenne ich ausserdem das Azimut des betreffenden Vertikalkreises (a), d. h. den Winkel des letzteren mit dem Meridian[24]), so ist die Stellung des Sterns am Himmelsgewölbe genügend bestimmt. Höhe und Azimut sind die rechtwinkelig-sphärischen Koordinaten, Zenitabstand und Azimut die Polarkoordinaten eines Gestirns in bezug auf den Horizont.

§ 33. Polabstand und Stundenwinkel. Scheinbar bewegen sich die Sterne mit dem gesamten Himmelsgewölbe ohne ihre gegenseitige Lage zu ändern von Osten nach Westen um die Erde, und alle Orientierung am Himmelsgewölbe knüpft, unbeschadet unsers bessern Wissens von der Bewegung der Erde, an diese scheinbaren Drehungen der Himmelskörper an. Die Bewegung geht mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich und setzt eine in ihrer Lage feste Himmelsachse voraus, deren Endpunkte, die Pole, keinen Anteil an der Drehung nehmen.

Das Wort πόλος bedeutet ursprünglich nur Drehung[25]), also den Inbegriff des ganzen sich bewegenden Himmels, und ist erst später auf die Endpunkte der Drehungsachse, die Himmelspole, übertragen. Allgemein wird heute in der Geographie der Punkt einer Halbkugel, der vom Grenzkreise derselben 90° entfernt ist, ihr Pol genannt. Das Zenit ist also der Pol der sichtbaren, sein Gegenpunkt, das Nadir, der Pol der unsichtbaren Himmelshalbkugel.

Wären die Drehkreise der Sterne dem Horizont parallel, so würde die Himmelsachse auf ihm senkrecht stehen und unser Zenit mit dem uns sichtbaren Himmelspol zusammenfallen. Sie sind aber gegen den Horizont geneigt, und zwar — wir stellen uns hier stets auf den Standpunkt eines Beobachters der nördlichen Halbkugel — nordwärts. Folglich muss der eine der Pole um ebensoviel nordwärts vom Zenit abweichen, als die Neigung der Drehkreise gegen den Horizont beträgt. Die Höhe des Pols über dem Horizont oder die Polhöhe (φ) ergänzt also den Zenitabstand des Pols ($90 - \varphi$) zu einem Rechten (s. Fig. 1).

Die unmittelbare Anschauung lehrt uns den Ort des Pols jedoch nicht genau kennen, weil derselbe nicht durch einen wahrnehmbaren Stern bezeichnet ist. Wir müssen ihn daher auf indirektem Wege suchen. Hierzu bietet die Erfahrung, dass alle Drehkreise der Gestirne vom Meridiankreis halbiert werden, das geeignete Mittel. Die Durchgänge derselben durch den Meridian nennt man die Kulminationen. Als zirkumpolar bezeichnet man die Sterne von so kleinem Drehkreis, dass sie niemals unter dem Horizont verschwinden oder auf der Gegenseite niemals über demselben auftauchen. Bei diesseitigen Zirkumpolarsternen kann man beide Kulminationen beobachten, sowohl

---

[24]) Oder den Richtungswinkel zwischen der Projektion jenes Höhenkreises auf die Ebene des Horizonts *(AB)* und der Meridianlinie *(AN)*, s. Fig. 1. — [25]) Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer I, 2. Abt. 1816, 115.

die obere Kulmination, welche ihrem höchsten Stande über dem Horizont (oder ihrem kleinsten Zenitabstande) entspricht, als die untere, welche 12 Stunden später eintritt und in der die Sterne dem Horizont am nächsten kommen. (Atlas Taf. I, Fig. 1.) Das Bogenstück des Meridians zwischen oberer und unterer Kulmination wird im Pol halbiert werden. Nennen wir die Höhe eines Sternes in beiden Zeiten h_o und h_u, so ist die Höhe des Pols

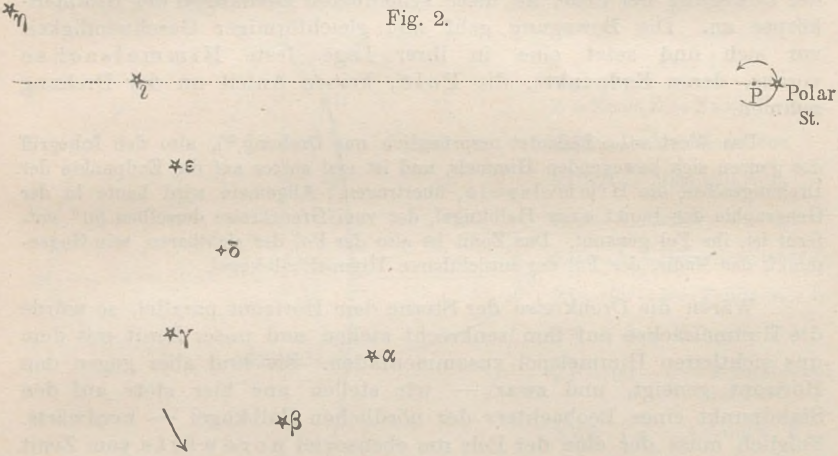
$$\varphi = \frac{h_o + h_u}{2}.$$

Bezeichnen Z_o und Z_u die Zenitabstände in beiden Fällen, so ist der Zenitabstand des Pols

$$90^0 - \varphi = \frac{Z_o + Z_u}{2} = 90^0 - \frac{(h_o + h_u)}{2}.$$

Der Polarstern. Unter den Sternen der nördlichen Halbkugel hat sich ein zum Sternbild des kleinen Bären gehöriger Stern zweiter Grösse (*α Ursae minoris)* aus Gründen, die wir später kennen lernen werden (§ 93), dem Nordpol des Himmels derart genähert, dass er einen sehr kleinen Drehkreis um denselben

Fig. 2.



beschreibt. Man hat ihn daher Polarstern genannt, und er dient uns vermöge seines geringen Weges bei der Drehung als treffliches Orientierungsmittel auf der nördlichen Halbkugel. Mittelst des Sternbildes des grossen Bären ist er, wie aus jeder Sternkarte ersichtlich, leicht aufzufinden, wenn man durch die hintern Sterne des Himmelswagens (β, α) eine Linie aufwärts (d. h. über α hinaus) zieht. Trotzdem er vor etwa 2000 Jahren noch 12° vom Pol entfernt war, diente der Polarstern auch schon im Altertum als wichtiger Wegweiser am Himmel, da kein anderer von solcher Helligkeit einen kleineren Drehkreis um den Pol beschreibt. Jetzt steht er kaum mehr $1\,^1/_6{}^0$ vom Pol entfernt[26]). Da der scheinbare Durchmesser der Vollmondscheibe etwa $^1/_2{}^0$ beträgt (§ 45, 1), so haben wir uns den Pol selbst also immerhin noch fast $2\,^1/_3$ Vollmondbreiten vom Polarstern entfernt zu denken. Ob der Pol nun ober- oder unterhalb, rechts oder links vom Polarstern zu suchen ist, lässt sich annähernd durch die gleichzeitige Beobachtung der Lage des Mittelsterns in der Deichsel des Himmelswagens (*ζ Ursae majoris)* entscheiden. Dieser Stern liegt nämlich (s. die Sternkarte im

[26]) 1900: $1^0\,13\,^1/_2{}'$; 1912: $1^0\,9\,^1/_2{}'$. S. die astronom. Jahrbücher, die den Ort für jeden Tag des Jahres nach Rektaszension und Deklination angeben.

Atlas, Taf. I) mit dem Polarstern fast genau in einer durch den Himmelspol gehenden geraden Linie. Der Polarstern steht (Fig. 2) östlich vom Pol, wenn z *Ursae majoris* westlich in gleicher Höhe mit jenem sich findet; geht z in unterer Kulmination durch den Meridian, dann befindet sich der Polarstern genau über dem Pol u. s. f. (Vergl. Anm. 34 zu § 36.)

Die grössten Kreise, welche durch die Himmelspole gehen und demnach die Himmelsachse zum gemeinsamen Durchmesser haben, nennt der Astronom Stundenkreise. Auf diesen misst man die Entfernung der Sterne vom Pol, die man als Polabstand (Poldistanz) bezeichnet. Alle Sterne von gleichem Polabstand liegen auf ein und demselben (die Stundenkreise rechtwinkelig durchschneidenden) Parallelkreis des Himmels. Da nun die Sterne bei der täglichen Drehung mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf ihrem Parallelkreis fortwandern, so bietet dies ein Mittel, um die Zeit einzuteilen. Wir bestimmen den vom Stern zurückgelegten Weg durch den Winkel, welchen der (mit dem Stern fortwandernd gedachte) Stundenkreis mit unserm Meridian am Pol bildet. Dieser Winkel heisst Stundenwinkel (t) (s. Fig. 3) und wird von Süd über West, Nord und Ost gezählt. Die Astronomen drücken ihn in Zeit aus. Durch Stundenwinkel und Poldistanz ist wiederum jeder Stern seiner augenblicklichen Lage nach fest bestimmt Es sind dies die astronomischen Polarkoordinaten in bezug auf den Pol.

§ 34. Das Mass der Zeit[27]). Eine (scheinbare) Umdrehung des Himmelsgewölbes ist abgelaufen, wenn der nämliche Stern wiederum kulminiert. Die Zeit, welche von einer Kulmination eines Fixsterns bis zur folgenden verfliesst, heisst ein Sterntag. Die Zeit dagegen von einer Kulmination der Sonne zur andern — ein sogenannter wahrer Sonnentag — ist aus Gründen, die wir erst bei der Betrachtung der Bewegung der Erde darlegen können (§ 87), stets etwas grösser als ein Sterntag, und diese Sonnentage sind zugleich vermöge der Ungleichförmigkeit der (scheinbaren) Bewegung der Sonne am Himmel ungleich lang. Unter diesen Umständen eignet sich weder der Sterntag noch der wahre Sonnentag zur Einheit der bürgerlichen Zeitrechnung. Der Sterntag deshalb nicht, weil im Laufe des Jahres die anfängliche Uebereinstimmung mit den Tages- und Nachtzeiten des Sonnentages sich gänzlich verschieben würde, der Sonnentag dagegen nicht wegen seiner ungleichen Länge. Man ist daher übereingekommen, der Zeitrechnung den mittleren Sonnentag zu grunde zu legen, d. h. das Mittel aller (ca. $365\,^1/_4$) wahren Sonnentage eines Jahres. Somit hat man in Wahrheit die Zeitdauer eines Jahres zum Grundmass der Zeitmessung genommen, da man die Länge eines solchen Jahres in langen Zeiträumen als gleichbleibend ansehen kann. Den mittleren Sonnentag teilt man alsdann in 24 Stunden zu je 60 Minuten, jede Minute in 60 Sekunden. Die mittlere Sonne legt also in 4 Minuten einen Bogen von einem Grad zurück, da sie

[27]) Vergl. die klar gefassten Erläuterungen über die drei Zeitarten in jeder Ausgabe des Berliner Naut. Jahrbuchs (Einleitung).

$24 \cdot 60 = 1440$ Minuten braucht, um den Kreis von 360^0 zu durchlaufen.

Da die Zahl der Sterntage, wie später zu zeigen sein wird (§ 87), während eines Jahres um 1 grösser ist als die der Sonnentage, so ergibt sich die Länge des Sterntages in mittlerer Zeit, wenn wir gleich den genauen Wert für die Dauer des Jahres $= 365^d,_{242}$ einstellen, aus der Proportion

$$365^d,_{242} : 366^d,_{242} = x : 24^h \qquad x = \frac{365,_{242} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{366,_{242}} = 23^h\ 56^m\ 4^s.$$

Ein Sterntag ist also nur $23^h\ 56^m$ lang oder 4 Minuten kürzer als ein mittlerer Sonnentag. Die mittlere Zeit, nach welcher wir unsere Uhren richten[28]), entspricht also dem Lauf einer mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich fortbewegenden, nur gedachten Sonne, welche dem wahren Stand der wirklichen Sonne bald ein wenig voraus ist, bald ihm ein wenig nachfolgt. Den Unterschied zwischen der mittleren und der wahren Zeit nennt man die Zeitgleichung[29]). Die Sonne kulminiert (d. h. geht durch den Meridian) stets zur Zeit des wahren Mittags, dieser ist aber um die Zeitgleichung vom mittleren Mittag unserer Uhren verschieden. Und diese letztere schwankt im Laufe des Jahres zwischen den Extremen $+ 14\,^1/_2{}^m$ (im Februar) und $- 16^m$ (im Oktober); sie ist an 4 Tagen des Jahres (ca. 15. April, 14. Juni, 31. August, 24. Dezember) gleich Null, d. h. an diesen Tagen fällt der wahre Mittag mit dem mittleren Mittag zusammen. Alle astronomischen und nautischen Jahrbücher und viele Kalender geben diese Zeitgleichung oder die Kulminationszeit der Sonne in mittlerer Zeit an.

Für die Verwandlung von Bogenmass in Zeitmass besteht die Grundgleichung

$$\text{Bogen} : 360^0 = \text{Zeit} : 24^h, \text{ also}$$

$$\frac{\text{Bogen}}{\text{Zeit}} = \frac{360}{24} = 15 \text{ oder Bogen} = 15 \times \text{Zeit}$$

$$\text{und } \frac{\text{Zeit}}{\text{Bogen}} = \frac{24}{360} = \frac{1}{15} \text{ oder Zeit} = \frac{1}{15} \times \text{Bogen}.$$

Um Zeitmass in Bogenmass zu geben, sind Stunden, Minuten und Sekunden je mit 15 zu multiplizieren.

Eine Stunde (1^h) $= 15$ Grad (15^0).
Eine Zeitminute (1^m) $= 15$ Bogenminuten $(15')$.
Eine Zeitsekunde (1^s) $= 15$ Bogensekunden $(15'')$.

Umgekehrt um Bogenmass in Zeit zu verwandeln, hat man daher die in Graden, Minuten, Sekunden ausgedrückten Bogen je durch 15 zu dividieren.

Ein Bogen von 360^0 $= \frac{360}{15}$ Stunden $= 24$ Stunden (24^h).

Ein Gradbogen (1^0) $= \frac{1}{15}$ Stunde $= 4$ Zeitminuten (4^m).

Eine Bogenminute $(1')$ $= \frac{1}{15}$ Minute $= 4$ Zeitsekunden (4^s).

Eine Bogensekunde $(1'')$ $= \frac{1}{15}$ Zeitsekunde.

Man besitzt Tabellen zur gegenseitigen Verwandlung von Bogen in Zeitmass[30]).

---

[28]) Ueber die Zonenzeit vergl. § 49. — [29]) Vergl. Martus, Astron. Geogr. § 83. — [30]) S. Geogr. Jahrbuch I, 1866, XCIII ff., W. Jordan, Grundzüge der astron. Zeit- und Ortsbestimmung, Berlin 1885, Anhang.

Um endlich Sternzeit in mittlere Zeit zu verwandeln und umgekehrt — eine Operation, welche bei zahlreichen Berechnungen im Gebiete der Ortsbestimmungen zur Anwendung kommt, — vergegenwärtige man sich, dass der Sterntag stets kürzer als der mittlere Sonnentag ist. Man hat daher den Ausdruck in

$$\text{Sternzeit mit } \frac{365{,}242}{366{,}242} = 0{,}99727 \text{ zu multiplizieren,}$$

um mittlere Zeit zu erhalten, oder

$$\text{mittlere Zeit mit } \frac{366{,}242}{365{,}242} = 1{,}00274 \text{ zu multiplizieren,}$$

um Sternzeit zu erhalten. Die astronomischen Jahrbücher enthalten Tabellen zur Verwandlung jeder Stunde, Minute, Sekunde beider Zeiten.

§ 35. Die fünf ausgezeichneten Parallelkreise des Himmels. Alle Drehkreise der nicht zirkumpolaren Sterne werden vom Horizont

Fig. 3.

$ZPNZ'SQ$ = Meridianebene.

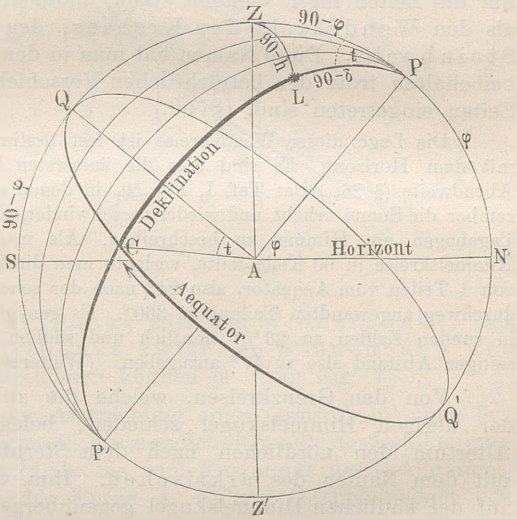
$PLCP'$ = Stunden- od. Deklinationskreis des Sterns L.

$CL = \delta$ = Deklination von L.

$PL = 90 - \delta$ = Polabst. v. L.

$ZPL = t$ = Stundenwinkel v. L (bezw. Ergänzung des Stundenwinkels zu 24^h).

⟵ Richtung der Wanderung der Stundenkreise.



geschnitten; er zerlegt sie in einen über dem Horizont befindlichen Tagbogen und einen Nachtbogen unter ihm. Von den beiden Kulminationen solcher nicht zirkumpolarer Sterne kann man nur die obere beobachten; die untere vollzieht sich 12 Stunden später unterhalb des Horizonts. Nur einer jener Drehkreise wird vom Horizont halbiert; bei einem in diesem Drehkreise sich fortbewegenden Gestirne ist also der Tagbogen von gleicher Länge wie der Nachtbogen. Die Sonne steht in diesem Kreise nur zweimal des Jahres, es ist alsdann die Zeitdauer von Tag und Nacht dieselbe. Daher nannten die Griechen jenen Kreis ἰσημερινός, den Taggleicher, die Lateiner: *aequinoctialis linea,* den Nachtgleicher. Wir nennen ihn kurz den Gleicher oder Aequator. Als einziger grösster Kreis der Himmelskugel unter den Parallelkreisen halbiert er alle Meridiane und teilt den Himmel in eine nördliche und eine südliche Halbkugel. Der Winkel,

unter welchem die Aequatorebene gegen den Horizont geneigt ist, heisst die Aequatorhöhe; dieselbe ist das Komplement der Polhöhe zu 90^0 (Fig. 3), also $= 90^0 - \varphi$. Sehr bald fingen die Astronomen an, die Aequatorebene als Anfangsebene für ein neues Koordinatensystem zu nehmen. Der Abstand eines Gestirns (im Bogen) vom Aequator heisst seine Abweichung oder Deklination (δ), die sich mit dem Polabstand ($90^0 - \delta$) desselben zu 90^0 ergänzt (Fig. 3). Die Abweichung aller nördlichen Gestirne bezeichnet man als positiv, aller südlichen als negativ.

Neben dem Aequator unterschied man ferner schon im Altertum die beiden Kreise äusserster Sonnenabweichung zur Zeit der Sommer- und Wintersonnenwende und nannte sie die Wendekreise (*κύκλω τροπικώ*). Nach denjenigen Sternbildern des die Sonnenbahn umlagernden sog. Tierkreises, in welchen vor 2000 Jahren die Sonne um die Zeiten ihrer Wenden stand, bezeichnete man den nördlichen als den Wendekreis des Krebses, den südlichen als den des Steinbocks. Diese Namen hat man in der Astronomie und Erdkunde beibehalten trotz der beträchtlichen Verschiebungen, die im Laufe der Zeiten eingetreten sind. (§ 90.)

Die Lage dieser Wendekreise ist fest bestimmt durch ihre Schnittpunkte mit dem Horizont. Es sind dies die äussersten Endpunkte der Morgen- und Abendweite (§ 26, Atlas Taf. I, Fig. 2), in denen sich am 21. Juni und 21. Dezember die Sonne erhebt und wieder verschwindet, um den längsten und kürzesten Tagebogen am Himmel zu beschreiben. Als man den Umfang der grössten Himmelskreise in 60 Teile teilte, verlegte man die Wendekreise in einen Abstand von 4 Teilen vom Aequator, also 24^0 nach der schon von Hipparch (150 v. Chr.) durchweg angewandten Teilung in 360^0. Es genügt für jetzt, ihre heutige Lage in runden Zahlen zu $23\,^1/_2{}^0$ nördlich und südlich vom Aequator, ihren gegenseitigen Abstand also zu 47^0 anzugeben. (Weiteres § 80.)

Von den Grenzkreisen, welche die zirkumpolaren Gestirne von der übrigen Himmelskugel schieden, belegte man im griechischen Altertum den nördlichen nach dem Sternbild des Bären (*ἡ ἄρκτος*) mit dem Namen des arktischen. Ihm ward der antarktische auf der südlichen Himmelskugel gegenübergestellt als Grenze des dem Beobachter im jeweiligen Horizont für immer unsichtbaren Teils des südlichen Himmels[31]). Die Festlegung dieser beiden sogenannten Polarkreise im gleichen Abstand vom Pol, wie dem der Wendekreise vom Aequator, gehört erst einer fortgeschritteneren Periode griechischer Astronomie an[32]).

§ 36. Abweichung und gerade Aufsteigung. Die Beobachtung des jährlichen Gangs der Sonne am Himmel ergibt, dass dieselbe nur an zwei Tagen des Jahres im Aequator steht, zur Zeit der sog. Frühlings-

[31]) Unter den wechselnden arktischen Kreisen hat derjenige für Rhodos ganz besondere Bedeutung erlangt. Da Rhodos unter dem 36^0 N. angenommen ward, so ward der Polarkreis unter 54^0 N. verlegt, weil nur die Sterne von grösserer Abweichung als 54^0 (oder weniger als 36^0 Polabstand) zirkumpolar für Rhodos waren. — [32]) Sie fällt ins Zeitalter des Eratosthenes. S. Berger, Gesch. d. wiss. Geogr. d. Griechen, 1889, Abt. II, 139 ff., 2. Aufl. 1903, 306.

und der Herbst-Tagundnachtgleiche (Aequinoktien). Gleich nach denselben weicht sie vom Aequator ab, und gewinnt, sich immer weiter von ihm entfernend, an Deklination. Der Moment des Uebertritts der Sonne von der südlichen Halbkugel auf die nördliche zur Zeit des Frühlingsaequinoktiums legt auf dem Aequator einen ausgezeichneten Punkt fest, dessen er sonst als Kreislinie entbehrt.

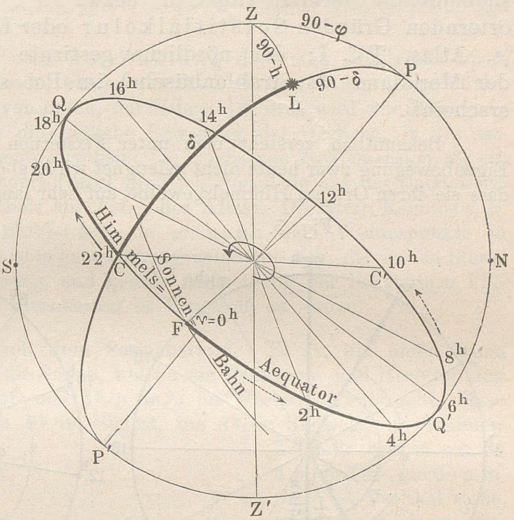
Fig. 4.

F = Frühlings- oder Widderpunkt.

⋯⋯➤ Richtung der Zählung der Rektaszension.

$FQ'C'QC$ = Rektaszension des Sterns L (22^h).

➤— Richtung der (scheinbaren) Drehung des Himmels. L kulminiert 22 Stunden nach dem Widderpunkt F.



Es ist dies der Frühlingspunkt oder der Widderpunkt, den wir auch als den Schnittpunkt zwischen Sonnenbahn und Himmels-Aequator bezeichnen können (s. F in Fig. 4).

Kennt man neben der Abweichung eines Gestirns (δ) auch den Aequatorbogen vom Widderpunkt bis zum Schnittpunkt des Deklinationskreises mit dem Aequator (d. h. bis zum Fusspunkt des Deklinationsbogens), so ist die Lage des Sterns in völliger Unabhängigkeit von einem beliebigen Horizont bestimmt. Jeder Aequatorbogen vom Widderpunkt an heisst die gerade Aufsteigung oder Rektaszension[33]. Sie wird in einer der Bewegung des Uhrzeigers entgegengesetzten Richtung gezählt und von den Astronomen stets in Zeit ausgedrückt[34]. Rektaszension und Deklination sind die rechtwinkelig sphärischen Koordinaten der Gestirne in bezug auf den Aequator. Alle Sterne von gleicher Rektaszension liegen auf einer Hälfte eines durch die Pole gehenden grössten Kreises und kulminieren gleichzeitig. Diese Halbkreise, welche mit den

[33]) *Ascensio recta,* ein Name, der daran erinnert, dass er in südlicheren Breiten entstanden ist, wo der Aequator sich viel steiler über den Horizont erhebt, als bei uns in Mitteleuropa. — [34]) Der Polarstern hatte 1911 eine mittlere Rektaszension von $1^h\,27^m$ = ca. 22°, und ζ *Ursae majoris* von $13^h\,20^m$ = ca. 200°, beide stehen also fast 180° von einander ab und annähernd in einer durch den Pol gehenden geraden Linie. Fig. 2, S. 56.

bisher betrachteten Stunden- oder Deklinationshalbkreisen identisch sind (Fig. 3), bilden das System der Meridiankreise des Himmels. Auch in diesem gibt es zwei ausgezeichnete. Der durch den Widderpunkt gehende Aequinoktialkolur[35]) oder Kolur der Tag- und Nachtgleiche, dessen Sterne eine Rektaszension von 0^h bezw. 12^h haben, ist der Anfangsmeridian für die Zählungen. Der ihn rechtwinkelig schneidende Meridian (Rekt. 6^h bezw. 18^h), heisst aus später zu erörternden Gründen Solstitialkolur oder Kolur des Sonnenstillstands (s. Atlas, Taf. I: der nördliche gestirnte Himmel, wo das System der Meridiane als Strahlenbüschel im Pol sich schneidender Geraden erscheint).

Bekanntlich versteht man unter Fixsternen alle diejenigen Sterne, deren Eigenbewegung zwar heute nicht geleugnet wird, aber für uns so minimal erscheint, dass sie ihren Ort am Himmelsgewölbe auf sehr lange Zeit inne zu halten scheinen.

Fig. 5.

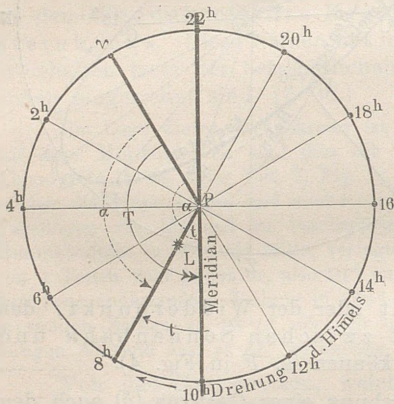
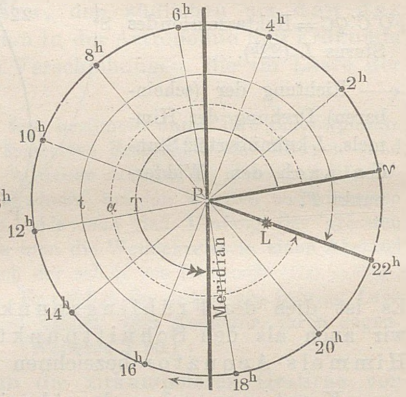


Fig. 6.



Es ist nun die Aufgabe der Astronomen, uns zu sagen, auf welchem Himmelsmeridian und welchem Parallelkreis des Himmels sie gelegen sind, d. h. die Sternörter nach Rektaszension und Deklination genau zu bestimmen. Die Sternkataloge enthalten derartige Angaben, während die astronomischen Jahrbücher (Ephemeriden) eine gewisse Auswahl treffen und daneben die kleinen säkularen Aenderungen der Koordinaten berücksichtigen. Die Planeten (Wandelsterne) sowie Sonne und Mond ändern dagegen ihren Ort am Himmel täglich und stündlich. Die Jahrbücher beschränken sich daher nicht darauf, die Abweichung und gerade Aufsteigung des täglichen Standes für einen bestimmten Zeitpunkt zu berechnen, sondern teilen auch die stündlichen oder dreistündlichen Aenderungen ihrer Koordinaten mit. Die Astronomen beginnen den Tag, wenn der Widderpunkt kulminiert; dann ist $0^h\,0^m\,0^s$ Sternzeit (T). Die gerade Aufsteigung

[35]) Der Etymologie nach bedeutet der Name Koluren „Stutzschwanzkreise", vielleicht, wie Heis vermutete (Wochenschr. f. Astr., Meteorol. u. Geogr. 17, 348 ff.), weil durch diese Kreise der Schwanz des grossen und kleinen Bären geschnitten wird. Die für die Orientierung am Himmel wichtige Lage des Aequinoktialkolur wird dadurch markiert, dass er den Schwanz des grossen Bären vom Rumpfe trennt, indem er etwa durch den kleinen Stern δ *Ursae majoris* (Atlas, Taf. I) verläuft. (Günther, Math. Geogr. 131, Anm. 1, lässt irrtümlich den Solstitialkolur durch das Sternbild des grossen Bären laufen.)

der Sterne (α), in Zeit ausgedrückt, gibt daher zugleich die Kulminationszeit der letztern in Sternzeit an (Fig. 3). Beobachtet man dagegen einen Stern zu einer beliebigen Zeit, wo sein Deklinations- oder Stundenkreis den Stundenwinkel t mit dem Meridian bildet, so ist

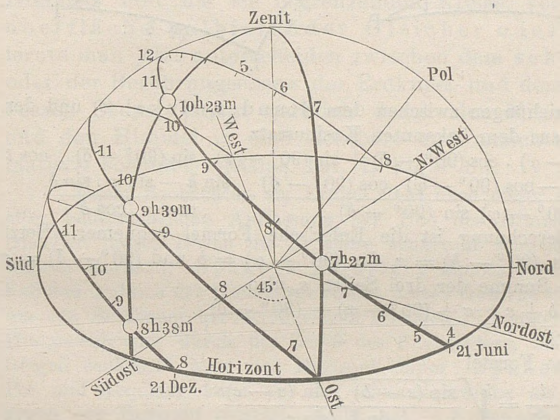
$T = \alpha + t$ oder Sternzeit = Rektaszension + Stundenwinkel.

In Fig. 5 ist $\alpha = 8^h$ und $t = 2^h$, also $T = \alpha + t = 8^h + 2^h = 10^h$. Sind $\alpha + t > 24^h$, so hat man von der Summe 24^h abzuziehen, um die Sternzeit zu erhalten. In Fig. 6 ist $\alpha = 22^h$, $t = 19^1/_2{}^h$, folglich $T = \alpha + t - 24^h = 41^1/_2{}^h - 24^h = 17^1/_2{}^h$.

Hinsichtlich der Richtung der Zählung darf man sich nicht durch manche Sternkarten täuschen lassen, welche den Blick in das Himmelsgewölbe hinein, also in einer Ansicht von unten, darstellen. Dadurch wird eine Bewegung im Sinne des Uhrzeigers, wie die tägliche Bewegung der Gestirne, in die entgegengesetzte verwandelt. Ebenso erscheint die wachsende Rektaszension als ein Fortzählen im Sinne des Uhrzeigers (vergl. die Richtungspfeile auf der Darstellung des nördlichen gestirnten Himmels auf Taf. I des Atlas). Der Stern Regulus z. B. hat eine Rektaszension von $150^0 = 10^h$, da er nach dem Widderpunkte in obere Kulmination tritt. Als eine gute Uebung empfiehlt sich, die in den Sternkatalogen angegebene Abweichung und gerade Aufsteigung der bekanntern Fixsterne mit ihrer Lage auf den Sternkarten in Vergleich zu ziehen.

§ 37. Orientierung nach dem Sonnenstand. Es ist ein unter Laien weit verbreiteter Irrtum, dass die Sonne, welche am Frühlings- und Herbstanfang um 6^h a. m.*) im Ostpunkt auf- und 6^h p. m.*) im Westpunkt untergeht, überhaupt während des Jahres um 9^h im Südost, um 3^h im Südwest, im Sommerhalbjahr ebenso um 6^h a. m. im Ost-, um 6^h p. m. im West-Vertikal stehe, und dass nur die sog. Zeitgleichung (§ 34) einen geringen Unterschied hervorrufe.

Fig. 7.



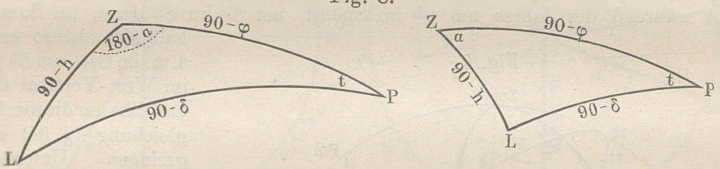
In diesem Falle könnte man sich am Tage mittelst einer nach Ortszeit gehenden Uhr trefflich orientieren. Indessen ergibt eine einfache Ueberlegung, welche durch Fig. 7 erläutert werden soll, dass dem im allgemeinen keineswegs so ist. Nur am Pol ist dies der Fall, weil hier Stundenkreise und Vertikalkreise (und ebenso Stundenwinkel und Azimut) zusammenfallen. In den andern Breiten braucht die Sonne im Sommer bis zum Eintritt in den „Ersten Vertikal“ (§ 32) stets eine längere Zeit, als die Fortwanderung des Stundenkreises von Sonnenaufgang bis 6^h morgens beansprucht. Sie wird daher stets später als 6^h im Ost erscheinen, zur Sommersonnenwende im mittlern Europa erst um $7^1/_2{}^h$ (50^0 Br. $= 7^h\ 27^m$ s. Fig. 7). Ebenso verhält es sich mit dem Eintritt der Sonne in den Südost-Vertikal, mit welchem Zeitpunkt die Schatten nach NW geworfen werden. In

*) a. m. = ante meridiem, vormittags; p. m. = post meridiem, nachmittags.

den Monaten Oktober bis Januar steht die Sonne schon $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde vor 9 Uhr im Südost (50° Br., am 21. Dezember um $8^h\ 38^m$). In den übrigen Monaten verspätet sie sich mit dem wachsenden Tagesbogen der Sonne immer mehr, um in unsern Breiten bei Sommersanfang wiederum erst um $10^1/_2$ Uhr in den Südostvertikal zu gelangen (50° Br. = $10^h\ 23^m$, s. Fig. 7). Wer sich also nach der Zeit am Horizont orientieren will, tut gut, sich die Tageszeiten zu merken, in welchen je nach den Monaten (und den jeweilig in Betracht kommenden Breiten) die Sonne in Ost, Südost, Süd, Südwest und West steht. Durch Einführung der Zonenzeiten in den bürgerlichen Verkehr (§ 49) wird freilich die Aufgabe, sich nach der Uhr zu orientieren, verwickelter. Man muss dann die Zonenzeit erst auf mittlere Ortszeit reduzieren [36]).

§ 38. Das astronomische Dreieck. Die Beziehungen der beiden sphärischen Koordinatensysteme, welche für den Geographen Bedeutung haben, ergeben sich unschwer aus dem sog. astronomischen Dreieck, dessen Eckpunkte Zenit (Z), Pol (P) und Stern (L) sind. Zwei Seiten sind, wie aus Fig. 3 S. 59 und 4 S. 61 ersichtlich ist, die Ergänzungen zur Polhöhe φ und zur Abweichung δ, die dritte ist die Zenitdistanz $z = (90^0 - h)$. Der Winkel am Zenit ist das Azimut a (§ 32). Der Winkel am Pol ist der Stundenwinkel t (§ 33). Erinnert man sich endlich noch der Beziehung (S. 63), dass die Rektaszension gleich ist der Sternzeit vermindert um den Stundenwinkel ($\alpha = T - t$), so kommen im astronomischen Dreieck alle astronomischen Koordinaten zur Geltung und man vermag mittelst der Formeln der sphärischen Trigonometrie je zwei Grössen (der Winkel bei L ist hierbei ohne Bedeutung) zu berechnen, sobald man die drei andern kennt bezw. durch Beobachtung gefunden hat.

Fig. 8.



Die wichtigsten Beziehungen zwischen dem Stundenwinkel (t) und den drei Seiten ergeben sich aus dem bekannten Kosinussatz

$$\cos(90^0 - h) = \cos(90^0 - \varphi) \cdot \cos(90^0 - \delta) + \sin(90^0 - \varphi) \cdot \sin(90^0 - \delta) \cdot \cos t$$

$$\cos t = \frac{\cos(90^0 - h) - \cos(90^0 - \varphi) \cdot \cos(90^0 - \delta)}{\sin(90^0 - \varphi)\ \sin(90^0 - \delta)} = \frac{\sin h - \sin\varphi \cdot \sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos\delta}.$$

Für die logarithmische Berechnung ist die Euler'sche Formel bequemer. Setzt man für die Zenitdistanz $(90^0 - h) = z$, für $(90^0 - \varphi) = b$ und $(90^0 - \delta) = c$ und nennt man die halbe Summe der drei Seiten s, also

$$s = \frac{z + b + c}{2} = \frac{z + (90^0 - \varphi) + (90^0 - \delta)}{2},$$

so folgt aus der bekannten Formel

$$\sin\frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin(s - b) \cdot \sin(s - c)}{\sin b \cdot \sin c}}$$

beispielsweise zur Berechnung des Stundenwinkels

$$\sin\frac{t}{2} = \sqrt{\frac{\sin\frac{(z + \varphi - \delta)}{2} \cdot \sin\frac{(z + \delta - \varphi)}{2}}{\cos\varphi \cdot \cos\delta}}$$

[36]) Zweckmässige tabellarische Anleitung zur Orientierung nach dem Stand der Sonne gibt P. Kahle in seinen handlichen kleinen „Sonnen- und Sterntafeln für Deutschland, Oesterreich und die Alpen", Aachen 1892. Eingehend behandelt die Fehlergrenzen M. Möller in der Schrift „Orientierung nach dem Schatten", Wien 1905. Vergl. auch E. Hammer, „Wann steht die Sonne im Osten?" Pet. Mitt. 1902, I, 86.

III. Orientierung auf der Erdoberfläche.

§ 39. Wahrer Horizont. Erdpole. Erdaequator. Eine geringe Wanderung auch auf ebenstem Boden oder eine Meerfahrt überzeugt uns bald, dass wir uns auf einer allseitig gekrümmten Fläche bewegen. Die erhabenen Gegenstände hinter uns verschwinden bei grösserer Entfernung nicht, indem sich ihre Umrisse gleichmässig verhüllen, sondern sie scheinen allmählich hinter der Grenze des Horizonts zu versinken, während vor uns Berge, Bäume, Gebäude, Schiffe u. s. f. zuerst mit ihren Spitzen auftauchen, ehe wir sie ganz erblicken. Sobald man diese Erscheinung eines Wechsels des Horizonts als stete Erfahrung der Ortsveränderung erkannte und statt der Scheibe die Kugelgestalt für die Erde annahm, trat für die Orientierung das Bedürfnis hervor, die Ortslagen auf der gekrümmten Oberfläche unabhängig von dem Standpunkt des Beobachters zu bezeichnen, gleichsam zu jederzeitiger Wiederauffindung. Dazu bedarf es wiederum orientierender Punkte oder Linien. Eine Kugelfläche entbehrt an sich jedoch jedes ausgezeichneten Punktes, der als Anhaltspunkt dienen könnte. Somit war die Uebertragung der Himmelskreise auf die Erde ein notwendiger Schritt. Denn dadurch, dass die Erde in das Zentrum der Himmelskugel gerückt und die Drehachse des Himmels durch den Mittelpunkt der Erde hindurchgelegt ward, waren nunmehr an der Erdoberfläche zwei ausgezeichnete Punkte fixiert, die Erdpole. Ihrer Lage nach festgelegt waren zugleich alle parallelen Zonen des Himmels und die sie begrenzenden Kreise, vor allem ein die Erdoberfläche halbierender Gleicher oder Aequator. Ebenso lernte man jetzt unterscheiden zwischen dem scheinbaren Horizont oder der Berührungsebene der Erdkugel und dem wahren Horizont, dessen Ebene, jenem parallel, durch den Mittelpunkt der Erde geht und den Himmel in eine sichtbare und unsichtbare Halbkugel mathematisch scheidet. (Atlas Taf. I, Figur 8.)

Einem Beobachter am Erdpol steht nach dieser das Altertum und Mittelalter beherrschenden Auffassung der Pol des Himmels im Scheitel, und der Gleicher, dessen Ebene die Erdachse senkrecht schneidet, bildet für jenen den wahren Horizont. Sphaera parallela nannte man im Altertum für diesen Fall den Anblick des Himmelsgewölbes, dessen Gestirne sich in horizontalen Kreisen um den Beschauer herumzubewegen scheinen. Umgekehrt geht am Aequator der Himmelsgleicher durch das Zenit des Beobachters, die Drehkreise der Gestirne steigen senkrecht über den Horizont empor: Sphaera recta. Nur zwischen Pol und Aequator kann uns das Himmelsgewölbe als eine mehr oder weniger gegen den Horizont geneigte Halbkugel — Sphaera obliqua — erscheinen.

Jeder durch die Erdpole gehende grösste Kugelkreis entspricht ferner einem Himmelsmeridian. Aber da der letztere in seiner täglichen Drehung gleichmässig über alle Punkte der Erdoberfläche hinwegwandert, so lässt sich weder Widderpunkt noch Aequinoktialkolur (§ 36) fest auf die Erdkugel übertragen. Der Erdaequator entbehrt also eines ausgezeichneten (Null-) Punktes, wie ihn der Himmelsaequator im Widderpunkt hat, und es ist die Wahl eines für die Orientierung erforderlichen Anfangs- oder Nullmeridians in das Belieben der Menschen gelegt. Erdaequator und Nullmeridian sind nun-

mehr die orientierenden Hauptlinien auf der Erdoberfläche. Durch die Abstände im Bogen von beiden Hauptkreisen ist die Lage eines jeden Punktes in bezug auf diese Fläche unzweideutig bezeichnet, es sind die geographischen Koordinaten der Breite (Abstand vom Aequator im Bogen) und der Länge (Abstand vom Nullmeridian im Parallelkreis gemessen); Atlas Taf. I, Figur 9.

Auch diese Bezeichnung „Länge“ und „Breite“ stammt schon aus dem griechischen Altertum, aus den Zeiten des Uebergangs von der Vorstellung einer kreisförmigen Scheibe zur Erkenntnis der Kugelgestalt der Erde und der Uebertragung der Himmelszonen auf dieselbe [37]). Denn dadurch empfing die Weltinsel, die man zuerst zwischen Wendekreis und Polarkreis oder zwischen die unbewohnbaren (die heisse und die kalte) Zonen einschloss [38]), die Gestalt eines Rechtecks oder eines Kugeltrapezes, dessen westöstliche Erstreckung beträchtlich die meridionale übertraf. Erstere bezeichnete man daher folgerichtig als Länge, letztere als Breite. Auch der dem Altertum tatsächlich bekannte Teil der Erdoberfläche leistete diesen Vorstellungen Vorschub. Die Längsachse dieses Gebietes zog sich gemäss der Erstreckung des Mittelmeers in westöstlicher Richtung weit nach Asien hinein.

§ 40. Das Gradnetz der Erdkugel und der Nullmeridian. Wenngleich für das kugelförmige Abbild unserer Gesamterde, welches wir Globus (d. h. Kugel) zu nennen pflegen, die Einzeichnung von Aequator und Nullmeridian genügen würde, um Länge und Breite eines Ortes darauf abzumessen oder sie nach gegebener Länge und Breite darauf einzuzeichnen, so lässt uns dieses Mittel meist im Stich, sobald es sich um blosse Teile der Erdoberfläche handelt, auf denen jene Grundlinien nicht zur Darstellung gelangen. Dies erklärt, weshalb schon die Geographen des Altertums nach einigen vorbereitenden Schritten für die Entwerfung von Karten das System rechtwinkelig sich schneidender Kreise als Hülfslinien benutzten, das durch die Lage von Pol und Aequator vorgezeichnet war: die 180 Breiten- oder Parallelkreise — auch Breitenparallelen genannt —, in abnehmender Grösse dem Aequator gleichlaufend, und die 360 Meridiane oder Mittagslinien, als halbe Hauptkreise der Kugel die Pole verbindend.

Das Ueberspinnen der Erde mit diesem System sich kreuzender Linien teilt die gesamte Oberfläche zugleich in eine Reihe von Flächenstücken. Es bedarf der Vorsicht, um für alle die Linien- und Flächenabschnitte die richtige Bezeichnung anzuwenden. Die einzelnen Parallelkreise oder Breitenparallelen heissen wohl Grade der Breite, aber niemals Breitengrade. Sie teilen die gesamte Oberfläche in ein System paralleler, gleich breiter Kugelzonen, und diese Flächenstücke werden „Breitengrade“ genannt. Da nun die nordsüdliche Breite einer solchen Zone durch den sphärischen Abstand der dieselbe begrenzenden Parallelkreise, d. h. durch den 180. Teil eines Meridians gemessen wird, so heisst ein solches Stück eines Meridians gleichfalls Breitengrad (oder Meridiangrad, niemals aber Längengrad). Die Messung eines beliebigen Bogenstücks des Meridians wird daher Breitengradmessung genannt. — Die Meridiane dagegen

[37]) Aristoteles de coelo II, 4, 5. Vergl. Berger, Gesch. d. wissensch. Erdk. der Griechen II, 1889, 35 u. 125 ff., 2. Aufl. 1903, 206 u. 301. — [38]) Die klimatischen Unterscheidungen führt man auf Parmenides (um 480 v. Chr.) zurück. Aristoteles Meteor. II, 5, 14 beschreibt bereits die Grenzgürtel; s. Berger a. a. O. II, 125 u. 148, 2. Aufl., 301 u. 324.

heissen Grade der Länge, aber niemals Längengrade; sie schliessen sphärische Zweiecke, sog. Meridianstreifen, zwischen sich ein, welche nach beiden Polen sich zuspitzen. Ein solches Flächenstück, von zwei benachbarten Meridianen begrenzt, heisst Längengrad. Seine westöstliche Ausdehnung wird in jeder Breite durch ein Stück der ihn jeweilig senkrecht durchschneidenden Breitenparallele gemessen, das nun auch als Längengrad der betreffenden Breite bezeichnet wird. Die 360 Meridiane teilen die Parallelkreise daher je in 360 Längengrade (oder Parallelgrade, niemals aber Breitengrade). Die Messung des Bogens eines Breitenparallels — der Seemann benutzt für dieses Linearmass den passenden Ausdruck „Abweitung" — heisst demnach eine Längengradmessung. Die Lage eines Punktes der Erdoberfläche ist fest bestimmt, wenn wir wissen, auf welchem (benannten) Grad der Breite und der Länge er gelegen ist, da er im Schnittpunkt beider Linien liegt, nicht aber, wenn wir erfahren, auf welchem (benannten) Breiten- und Längengrad er sich findet, da hierunter nur Flächenstücke verstanden werden können. Der 51. Breitengrad z. B. umfasst die Zone zwischen der 50. und 51. Breitenparallele; Frankfurt, Giessen, Marburg liegen sämtlich auf dem 51. Breitengrad. Uebrigens ist bei den Geographen die astronomische Ausdrucksweise, ein Punkt sei „unter" der oder jener Breite etc. gelegen, noch vielfach üblich. Wir ziehen jedoch die geographische vor.

Die Flächenstücke, in welche die 180 Kugelzonen und 360 Meridianstreifen durch das System der Meridiane und Breitenparallelen zerlegt werden, nennt man Gradtrapeze oder Gradfelder. Die Gradfelder ein und derselben Kugelzone sind einander gleich. Die Erdoberfläche besitzt $180 \cdot 360 = 64800$ sog. Eingradfelder. Unter einem Zwei-, Fünf-, Zehn-Gradfeld versteht man Gradfelder von je 2, 5, 10 ... Graden Seitenlänge, sie enthalten also je 4, 25, 100 ... Eingradfelder.

Die Zählung der Parallelkreise vom Aequator nord- und südwärts, je von 0^0—90^0, ergab sich von selbst durch Annahme des Gleichers als Grundkreis des rechtwinkelig-sphärischen Koordinatensystems. Dieser Fortzählung entsprechend redet man von „niederer Breite" in den nach dem Aequator zu gelegenen, von „höherer Breite" in den nach den Polen zu gelegenen. Da der Erdaequator, wie schon angedeutet (§ 39), keinen ausgezeichneten Punkt hat, so liegt die Wahl des Null- oder Anfangsmeridians, von welchem aus man die Zählung der Länge beginnen soll, in der Hand der Astronomen und Geographen. Derselbe kann durch jeden beliebigen Punkt der Erdoberfläche gelegt und nach ihm benannt werden; und in der Tat hat man dafür die verschiedensten Vorschläge gemacht und zur Anwendung gebracht. In neuerer Zeit hat man es im Bereich der Astronomie, Geodäsie, Geographie, Nautik als eins der grössten Bedürfnisse erkannt, sich unter den Kulturnationen über einen gemeinsamen Anfangsmeridian zu verständigen, und die Vereinbarungen der letzten Jahre lassen hoffen, dass man zu diesem Ziele kommt.

Anfangsmeridian. Der Vollender der mathematischen Geographie der Alten, Ptolemaeus (150 n. Chr.), verlegte ihn, wie sein Vorgänger Marinus von Tyrus, von den Säulen des Herkules an die westlichste Grenze der bekannten Erde, die glückseligen Inseln (Kanarische Inseln), von denen er glaubte, dass sie in einer Nordsüdlinie lägen. So ist derselbe auf die Nachwelt gekommen beim Wiederaufleben der geographischen Wissenschaft und des Ptolemaeus. Die deutschen Kartographen des 16. Jahrhunderts verlegten den Anfangsmeridian bald in die Azoren, bald in die Kapverdischen Inseln, oder in diese oder jene der Kanarischen Inseln — wobei man sich aber vergegenwärtigen muss, dass man über die gegenseitige Lage dieser Inseln noch schlecht unterrichtet war. Aehnlich ging es bei andern Nationen zu, bis, um diesem bedenklichen Schwanken ein Ende zu machen, ein von Richelieu unter Ludwig XIII. von Frankreich 1634 berufener Kongress sich für den alten Ptolemaeischen Meridian entschied, den

man nunmehr aber durch die westlichste der Kanarien, Ferro, legte. Im Prinzip hatte man sich damit für einen internationalen Anfangsmeridian entschieden, welcher kein europäisches Staatsgebiet durchschnitt. Aber man übersah den Grundfehler der Massregel, dass man zum Nullpunkt einen weit von den europäischen Sternwarten entfernten Ort der Erde wählte, dessen genaue Positionsbestimmung Schwierigkeiten bereitet. Es wär daher ein richtiger Gedanke des französischen Geographen Guill. De l'Isle, des ältern († 1726), den Meridian von Ferro einfach als den 20.° westlich von der Pariser Sternwarte verlaufenden zu erklären (1720), nachdem die Bestimmungen Le Feuillée's zu Anfang des 18. Jahrhunderts gezeigt, dass dies annähernd richtig sei[39]). De l'Isle drang mit diesem Vorschlag durch; tatsächlich war damit allerdings ein nationaler Meridian, derjenige von Paris, als Hauptmeridian anerkannt, und seit Anfang des 18. Jahrhunderts zählen die Franzosen auch tatsächlich von diesem aus und beginnen erst in letzter Zeit der Aufgabe desselben zu Gunsten des Greenwich-Meridians sich zuzuneigen. In der deutschen Kartenliteratur hat sich dagegen der Meridian von Ferro (in jener De l'Isleschen Definition = 20° westl. v. Paris) neben demjenigen von Paris bis vor kurzem behauptet, in England und seinen Kolonien derjenige von Greenwich, dem Sitz der britischen Hauptsternwarte in der östlichen Vorstadt Londons. — Daneben spielen in der Astronomie und den Landesvermessungen eine grosse Reihe nationaler Nullmeridiane eine Rolle. Die ersteren nennt man Ephemeriden-Meridiane; auf sie beziehen sich die für Ortsbestimmungen und astronomische Beobachtungen so unentbehrlichen Tafeln in den astronomischen und nautischen Jahrbüchern[40]). Endlich haben die Landesaufnahmen der europäischen Staaten einen möglichst in der Mitte des betreffenden Landes gelegenen, meist durch eine Sternwarte ausgezeichneten Punkt zum Nullpunkt ihres Koordinatensystems genommen, und es findet sich daher auf den topographischen Kartenwerken dieser Staaten die verschiedenste Orientierung nach heimischen Nullmeridianen[41]). Seit Entwickelung des modernen Weltverkehrs, seit Ausbildung von Eisenbahn- und Telegraphennetz hat sich das Bedürfnis für eine allgemeine „Längenunifikation", d. h. für die Rechnung von einem einheitlichen Nullmeridian aus in immer höherem Masse gezeigt, und zwar besonders in Verbindung mit der Notwendigkeit einer einheitlichen Zeitrechnung (vergl. § 49, Zonenzeit). Nach einer lebhaften Agitation von Astronomen, Geodäten, Geographen und Nautikern ist man heute der allgemeinen Annahme des Meridians der Sternwarte von Greenwich als Nullmeridian schon wesentlich näher gerückt. Besonders rasch hat sich in Deutschland der Umschwung im Gebiete der Schulgeographie vollzogen, während, wie angedeutet, die Franzosen bis jetzt im Meridian von Greenwich nur einen andern nationalen Anfangsmeridian erblicken[42]).

Die Astronomen sind stets für eine einheitliche Zählung der Längen in einer Richtung von West nach Ost von 0° bis 360° eingetreten, denn für sie, die ihren Tag in 24, nicht in zweimal 12 Stunden teilen und die Längen nicht in Bogen, sondern in Zeit ausdrücken, hat der Gegensatz zwischen Ost und

---

[39]) In Wahrheit verläuft der betreffende Meridian noch etwa 20 km östlich von Ferro (s. Atlas Taf. 28, Karton mit eingezeichnetem Ferro-Meridian). — [40]) Für das Berliner astronomische Jahrbuch ist der Meridian der Berliner Sternwarte der Nullmeridian etc., das deutsche „nautische Jahrbuch" dagegen rechnet nach Greenwich. — [41]) S. die topographischen Nullmeridiane im Geogr. Jahrb. XXIX, 1906, 459 ff. — [42]) Bei Gelegenheit des IV. internationalen geographischen Kongresses zu Paris 1889 hat man nochmals den Versuch gemacht, den Meridian von Jerusalem zum Nullmeridian zu erheben. Ueber die Stellung der deutschen Geographen zu der Frage s. Verhandl. des IV. deutschen Geographentages zu München 1884.

West keinen Wert. Es muss der Zukunft überlassen bleiben, ob sich diese Rechnung auch innerhalb der Geographie und Nautik einbürgert. Die Zeit für eine rückhaltlose Aufgabe von „westlicher" Länge scheint uns dagegen noch nicht gekommen und so werden wir in diesem Werke die Längen noch als östliche und westliche unterscheiden und nur bis 180° zählen. Nach den neuesten Bestimmungen [43]) liegt: Paris 2° 20′ 14″ östlich von Greenwich [44]), also (ideell)
Ferro 17° 39′ 46″ westlich von Greenwich.

Da 15 Bogensekunden in Länge (= 1 Zeitsekunde) selbst auf dem Aequator noch nicht $^1/_2$km (465m s. § 57) ausmachen, in höheren Breiten entsprechend noch weniger, so kann man diese Grösse bei Karten kleineren und mittleren Massstabes, wie bei denen unserer Handatlanten, ohne weiteres vernachlässigen und Paris zu $2^1/_3{}^0$ O., Ferro zu $17^2/_3{}^0$ W. v. Gr. annehmen, was die Einzeichnung der Greenwich-Meridiane in ältere Karten wesentlich erleichtert. Bei topographischen Karten dagegen geht dies begreiflicher Weise nicht an, wie man sich leicht durch Rechnung überzeugen kann. Denn es sind 15 Bogensekunden:

	Auf der	Auf Karten im Massstab von			
Breite:	Erdoberfläche:	1 : 1 000 000:	1 : 500 000:	1 : 100 000:	1 : 50 000:
0°	465m	$0{,}_{47}$mm	$0{,}_{93}$mm	$4{,}_{7}$mm	$9{,}_{3}$mm
50°	299m	$0{,}_{30}$mm	$0{,}_{60}$mm	$3{,}_{0}$mm	$6{,}_{0}$mm

§ 41. Recht- und schiefläufige Richtung. Der grösste Kreis und die Loxodrome. Will man in der Ebene auf kürzestem Wege und ohne die Richtung zu ändern einen zweiten Punkt erreichen, so bewegt man sich auf ein und demselben geradlinigen Strahl der Kompassscheibe fort (§ 27). Die Richtung wird uns dabei stets durch den „Richtungswinkel" bezeichnet, den unser Weg mit dem Ortsmeridian macht, oder durch das sog. Azimut (§ 28). Auf der kugelförmigen Erdoberfläche lassen sich jene beiden Anforderungen nicht mehr durch ein und dieselbe Linie erfüllen. Der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten *A* und *B* fällt im allgemeinen nicht mit derjenigen Bahn zusammen, die uns unter Beibehaltung stets gleichen Azimutes von einem zum andern Ort führt. Zwar kann man über die Grenzen des Horizonts fortwandernd insofern die ursprüngliche geradlinige [45]) Richtung beibehalten, als man durch Rückwärtsschauen sich überzeugt, dass zwei hinter uns liegende Punkte des Weges immer in einer Vertikalebene mit unserm augenblicklichen Standort erscheinen; aber da die überschrittenen Meridiane auf der Erdoberfläche sich nicht parallel sind, sondern gegen die Pole konvergieren, so muss eben dadurch der Richtungswinkel unsers Weges fortwährend sich ändern. Recht- oder geradläufig (orthodrom) nennt man in diesem Fall die verfolgte Richtung, welche mit dem grössten Kreise zusammenfällt, der durch *A* und *B* gezogen werden kann und folglich auch dem kürzesten Wege zwischen beiden entspricht. Die Nautik nennt den Verfolg dieser Linie das Segeln im grössten Kreise. Aber da letzteres eine dauernde Aenderung des Kurses bedingt —

---

[43]) S. Geogr. Jahrbuch XXIX, 1906, 462. — [44]) Zeitunterschied 9m 20^s,94. Ebenda 459 u. 460. — [45]) Geradlinig nur für den jeweiligen Horizont, in Wahrheit bewegt man sich immer in einem Bogen vorwärts.

unter Kurs versteht der Seemann den Winkel zwischen Fahrtrichtung und Meridian, also das Azimut der erstern (§ 29) —, so zieht er den Weg vor, der ihn unter Beibehaltung stets gleichen Kurses an das Ziel führt. Das geschieht, indem er dann alle Meridiane unter gleichem Winkel passiert. Er verfolgt damit eine schiefläufige Richtung oder eine Loxodrome, d. h. eine Kurve, die alle Meridiane unter dem gleichen Winkel schneidet und in ihrer Bedeutung für die Schiffahrt erst im 16. Jahrhundert erkannt ist[46]).

Im allgemeinen läuft eine solche Loxodrome als doppeltgekrümmte Kurve in Spiralen um die Erde herum ohne je die Pole zu erreichen. Doch sind Meridiane und Parallelkreise gleichfalls loxodromische Linien, die ersten, weil für sie der loxodromische Kurswinkel $= 0^\circ$ ist, die letztern, weil sie alle Meridiane unter rechtem, also gleichem Winkel schneiden. — Wie der Seemann stillschweigend unter dem „Kurs" eines Schiffs stets den loxodromischen versteht, so hat sich auch der Geograph gewöhnt, die gegenseitige Lage der Orte nach schiefläufiger Richtung zu bezeichnen, ohne sich immer dieses Verhältnisses bewusst zu sein[47]). Für kleine Distanzen tritt der Unterschied gegenüber der orthodromischen Richtung kaum hervor. Wie bedeutend derselbe jedoch bei grösseren Entfernungen wird, vermag am besten eine in strahliger Horizontalprojektion entworfene Karte zu erläutern; unsere Atlanten enthalten deren für die sog. Land- und Wasserhalbkugel (vergl. Atlas, Taf. VI). Wir bezeichnen Orte, die mit uns auf gleichem Breitenparallel liegen, als streng östlich oder westlich von uns gelegen, wie z. B. die Mündung des Amur in Ost, die des St. Lorenzstromes in West vom „Kanal"[48]) liegen (vergl. eine Karte in Mercators Projektion). Das ist jedoch nur im loxodromischen Sinn der Fall; orthodromisch liegt Bombay in Ost, Haiti in West vom Kanal, da ein den Nullmeridian in 50° Br. rechtwinkelig schneidender grösster Kreis Haiti und Bombay trifft. Die Amurmündung haben wir orthodromisch in $N\ 20^\circ O$ vom Kanal zu suchen u. s. f. Wenn somit im allgemeinen orthodromische und loxodromische Richtungen auseinandergehen, so fallen sie selbstverständlich für Meridiane und den Aequator zusammen, weil diese einerseits grösste Kugel-Kreise sind, andererseits für die Meridiane das Azimut $= 0$, für den Aequator $= 90^\circ$ ist.

Die Unterscheidung hat auch für die Distanz zweier Punkte Bedeutung. Der Seemann versteht sie im loxodromischen Sinn. Für ihn ist die durchlaufene („gut gemachte") Distanz das zwischen Abfahrtsort und Ziel gelegene Stück einer Loxodrome. Spricht man in der Geographie schlechtweg von der Entfernung zweier Punkte auf der Erdoberfläche, so meint man damit den kürzesten Weg zwischen beiden, also das Stück des zwischen ihnen ausgespannten grössten Kreises.

Hiernach ist es eine leichte Aufgabe der sphärischen Trigonometrie, die terrestrische Entfernung zweier Orte auf der Erdoberfläche zu berechnen, so lange man die Erde als eine Kugel betrachtet. Man

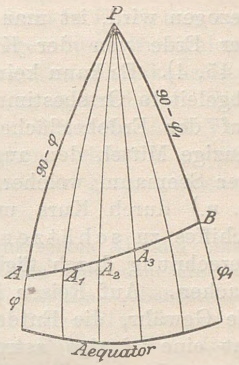
---

[46]) Die Ausdrücke Orthodrome und Loxodrome (von λοξός schief und δρόμος Lauf) sind von Snellius (Tiphys Batavus sive Histiodromice, de navium cursibus et re navali, Lugd. Bat. 1624) vorgeschlagene Uebersetzungen der niederdeutschen Ausdrücke „gerade und krumme Segelstriche". — [47]) S. Breusing, Zeitschr. f. wiss. Geogr. II (1881), 184. — [48]) Die Karte der Landhalbkugel im Atlas (Taf. 6) hat ihren Mittelpunkt im Schnittpunkt des 50°. Br. und 0°. Meridians, also etwa in der Mitte des Aermelkanals.

bildet aus den beiden durch A und B gehenden Meridianen und der sphärischen Distanz $AB = s$ ein sphärisches Dreieck PAB. Der Winkel am Pol ist gleich dem Längenunterschied der Orte, die Seiten PA und PB entsprechen je dem Komplement der Breiten. Dann ist nach dem Kosinussatz

$$\cos s = \cos (90^0 - \varphi) \cdot \cos (90^0 - \varphi_1) + \sin (90^0 - \varphi) \cdot \sin (90^0 - \varphi_1) \cdot \cos P.$$
$$= \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi \cdot \cos \varphi_1 \cdot \cos P.$$

Fig. 9.



Der Bogen s ist alsdann noch mittelst bekannter Verhältnisse (z. B. $1^0 = 60$ Seemeilen $= 111$ km) ins Wegemass zu übersetzen. Will man den grössten Kreis zwischen A und B auf einem Globus oder einer Karte eintragen, so mus man die Breite der Durchschnittspunkte desselben mit den Zwischenmeridianen berechnen [49]). Da man die Winkel A oder B aus obigem Dreieck PAB bestimmen kann, so kennt man in den sphärischen Dreiecken PAA_1, PAA_2, PAA_3 u. s. f. eine Seite PA und die anliegenden Winkel, um daraus die Gegenseiten PA_1, PA_2 . . ., d. h. den Polabstand und damit indirekt die geographische Breite aller Durchschnittspunkte des grössten Kreises mit den einzelnen Meridianen zu finden.

IV. Geographische Ortsbestimmung.

§ 42. Geographische Ortsbestimmung. Wenden wir uns zu den Verfahrungsweisen, welche uns die gegenseitige Lage der Punkte auf der Erdoberfläche und damit die Grundlage für die Entwerfung eines Bildes derselben gewähren, so bedarf es der Erläuterung noch etwas schärferer Begriffe. Die Lage eines Punktes im Raume ist bekanntlich durch drei Koordinaten bestimmt. Für die Erde beziehen wir dabei alles auf den Erdmittelpunkt. Indem wir zunächst die Unebenheiten der wirklichen Oberfläche, an welcher feste Erdrinde, Wasserhülle und Luftmeer in Berührung treten, ihrer Kleinheit wegen im Verhältnis zur Grösse der Erde ausser Acht lassen, setzen wir eine ideale, aber durch einen einfachen mathematischen Ausdruck darstellbare Fläche an ihre Stelle. Als solche mathematische Oberfläche bietet sich als erste Annäherung die einer Kugel dar, für welche alle Punkte gleich weit vom Mittelpunkte entfernt sind. Der Meeresspiegel, an der Aussenseite der ausgebreiteten Ozeane und im gleichen Niveau unter den Festländern fortgesetzt gedacht, ist uns das Sinnbild dieser idealen Kugelfläche.

Für eine solche Fläche ist die Lage eines Ortes allein durch die beiden Koordinaten der geographischen Länge und Breite bestimmt. Man hat daher bis in die neueste Zeit den Namen der geographischen Ortsbestimmung auf die Aufgabe, diese beiden Koordinaten zu finden, beschränkt. Für ihre Beobachtungen, die wesentlich auf astronomischem Wege gewonnen und uns daher hauptsächlich als

[49]) Wie z. B. bei der üblichen Eintragung der Ekliptik auf die Zone zwischen den Wendekreisen.

„astronomische Ortsbestimmung" beschäftigen werden, ist es bei der gewaltigen Entfernung der Gestirne in der Tat gleich, ob man sie am Meeresstrand oder in höheren Stufen des Geländes anstellt. Bei den Methoden, bei welchen der Mond zur Ortsbestimmung herangezogen wird, ist man jedoch schon gezwungen, auf die Abweichungen der Erde von der Kugelgestalt Rücksicht zu nehmen (s. Parallaxe § 45, 4). Es kann keine Frage sein, dass die aus Himmelserscheinungen abgeleitete Ortsbestimmung das Fundament aller exakten Orientierung auf der Erdoberfläche ist. Sie ist vor allem für die Seefahrt das einzige Mittel, den augenblicklichen Standort genau kennen zu lernen. Der Seemann, welcher längs der Wasserfläche auf geodätischem Wege (s. u.) durch Kurs und Distanz (§ 29) die Ortsveränderung seines Schiffes zu schätzen sucht, wird stets bemüht sein, diese unsichere Berechnung durch tägliche astronomische Ortsbestimmungen zu überwachen. Auf Reisen in unbekannte Länder bieten die letztern allein die Gewähr, die Entdeckungen für immer festzulegen. Nicht selten hat eine einzige astronomische Ortsbestimmung in fernen Erdteilen ganzen Landstrichen, die in ihren einzelnen Umrissen schon ganz gut bekannt waren, erst das Aussehen, das uns die heutigen Karten zeigen, gegeben, indem sie die gemessenen Punkte an die richtige Stelle des Gradnetzes rückte. Es ist für das Studium der Karte fördernd, die verzerrten Bilder früherer Jahrhunderte an der Hand der Fortschritte astronomischer Bestimmungen in den betreffenden Ländern zu verfolgen, indem man die Umrisse der älteren Karten auf solche heutigen Datums zeichnerisch überträgt.

Unter geodätischer Ortsbestimmung kann man alle diejenigen Operationen zusammenfassen, welche durch Winkel- und Entfernungsmessungen zwischen terrestrischen, also an der physischen Erdoberfläche haftenden Gegenständen die wechselseitige Ortslage festzulegen suchen. Mittelbar führt dieselbe auch zur Kenntnis der Länge und Breite der Orte, sobald man von einem astronomisch bestimmten Ort ausgeht oder einen solchen in das Netz geodätischer Messungen einschliesst. Messungen im horizontalen Sinn, sog. Lagemessungen, spielen dabei die Hauptrolle. Für die Nautik, in der man auf dem Meeresspiegel entlang gleitend durch Kurs und Distanz den Ort bestimmen will, zu dem man nach durchlaufener Fahrt gelangt, ist dies von selbst klar. Im übrigen hat man die Messungen auf der unebenen Fläche des Festlandes auszuführen und somit, um sie vergleichbar zu machen, erst noch sämtlich auf ein und dasselbe Niveau, d. h. auf eine der idealen Erdoberfläche parallele Fläche oder besser auf erstere gleich selbst zu übertragen. In diesen feinern Reduktionen, die für die sog. niedere Geodäsie meist ohne Bedeutung sind, liegt einerseits die Schwierigkeit und Mühseligkeit geodätischer Ortsbestimmung, andererseits aber auch das Mittel, um die Abweichungen der allgemeinen Gestalt der Erde von der Kugel kennen zu lernen.

Sind somit Lagemessungen das Ziel geodätischer Ortsbestimmung, so kann diese der Messung terrestrischer Höhen nicht entbehren. Für die Geographie erlangt die Höhenmessung selbständige Bedeutung,

da es ihre Aufgabe ist, gerade die Unebenheiten des Bodens in genauester Weise auszumessen, teils um ein Bild der Einzelformen daraus herzustellen, teils um die Höhenlage an sich und im Verhältnis zur idealen Erdoberfläche kennen zu lernen. Jahrtausende lang hat man innerhalb der mathematischen Geographie diese dritte Koordinate der Höhe gegenüber der Bestimmung von Längen- und Breitenlage vernachlässigt. Es bedurfte erst der Entfaltung der physikalischen Geographie, um die Wichtigkeit der Höhenlagen in klimatischer Hinsicht vor Augen zu führen und überhaupt das Interesse und Verständnis für die Plastik des Erdbodens zu erwecken. Seitdem gehört die Höhenbestimmung zu den wichtigsten Elementen geographischer Ortsbestimmung im weiteren Sinne.

Man versteht unter absoluter Höhe den senkrechten Abstand eines Punktes vom Niveau des Meeresspiegels und pflegt Höhen über dem Meeresspiegel als positiv, solche unter demselben als negativ zu bezeichnen; Landstriche von negativer Höhe nennt man Depressionen der Erdoberfläche unter dem Meeresspiegel. Die Erhebung irgend eines Punktes über einem beliebigen Punkt der Erdoberfläche heisst seine relative Höhe über letzterem.

§ 43. Astronomische Ortsbestimmung. Von den beiden geographischen Koordinaten lässt sich nur die Breite durch eine Einzelbeobachtung und in völliger Unabhängigkeit zu andern bereits festgelegten Punkten der Erdoberfläche bestimmen. Stern- und Sonnenhöhen, also Winkelbeobachtungen, spielen dabei die Hauptrolle, jedoch auch Zeitbestimmungen kommen in Frage. Aus der Gleichartigkeit (Winkelgrösse, Dauer) gewisser Himmelserscheinungen schliesst man also auf die gleiche Breitenlage verschiedener Beobachtungspunkte der Erdoberfläche. — Indem man im Altertum die Himmelkreise auf die Erdkugel übertrug, war man sich auch sofort bewusst, dass die Erscheinungen, wie insbesondere der Eintritt der Kulminationen, von allen Bewohnern auf ein und demselben Erdmeridian gleichzeitig wahrgenommen werden müssen. Damit war bereits das Prinzip aller Bestimmungen der geographischen Länge, nämlich das der Zeitvergleichungen bezw. die Bestimmung der Zeitunterschiede festgestellt. Denn die einfache Beobachtung hinsichtlich der Ortszeit kann uns hierbei nichts nützen, wenn wir sie nicht mit der Ortszeit eines andern Punktes bezw. eines auf dem Nullmeridian gelegenen vergleichen können.

Es hat indessen eines langen Weges bedurft, um auf Grund dieser an sich einfachen Voraussetzungen die Lage eines Punktes astronomisch genauer zu bestimmen, und viele Jahrhunderte hat man sich mit rohen Annäherungen begnügen müssen. Wenn dies früher weniger auf den Mangel zweckmässiger Methoden, als guter Messinstrumente zurückgeführt werden musste, so rührt die noch immer geringe Zahl guter astronomischer Ortsbestimmungen doch auch daher, dass von den Geographen und Forschungsreisenden bis heute nur wenige dieses Fundament praktischer Tätigkeit eines Geographen sowohl rücksichtlich der Handhabung der Instrumente als der Rechnung beherrschen. — Bessere astronomische Ortsbestimmungen sind erst seit dem 18. Jahrhundert in etwas grösserer Zahl vorhanden, aber doch noch immer in weit geringerer, als man gewöhnlich anzunehmen

pflegt, da unsere Land- und Seekarten leider nur in seltenen Fällen darüber Auskunft geben, welche Punkte wirklich astronomisch festgelegt sind.

Literarischer Wegweiser für astronomische Ortsbestimmung. Die für Astronomie wie Geographie gleich interessante Geschichte astronomischer Ortsbestimmungen liegt noch in den Anfängen. Auch die Mehrzahl der neuesten Versuche in dieser Richtung entbehren zu sehr gründlicher Vorstudien, um hier genannt zu werden. Und doch würde eine historische Behandlung der Entwickelung der Methoden geeignet sein, auch nicht mathematisch vorgebildete Geographen in diese Aufgaben einzuführen. Als ein Beispiel trefflicher Behandlung kann C. Schoy's „Geschichtl. Entwickelung der Polhöhebestimmungen bei älteren Völkern", Hamburg 1911 (Arch. d. D. Seewarte, Jahrg. XXXIV) genannt werden.

Den früher genannten grösseren Handbüchern (§ 23) kommt es mehr auf Standbeobachtungen von äusserster Genauigkeit an. Unter den kürzeren Anweisungen oder handlichen Schriften, um den reisenden Geographen über die auf Reisen anwendbaren Methoden zu unterrichten, lassen W. Jordans Grundzüge der astronomischen Zeit- und Ortsbestimmungen (Berlin 1885) bei grosser Klarheit der Darstellung überall den Mann der praktischen Erfahrungen erkennen. Knapper gefasst und daher doch noch ein ziemliches Mass von Schulung voraussetzend ist W. F. Wislicenus' Handbuch der geographischen Ortsbestimmungen auf Reisen (Leipzig 1891, 269 SS.), das neben der Handhabung der Instrumente eine grosse Zahl von Methoden durch durchgeführte Beispiele erläutert. Dazu sind in der deutschen Literatur neuerdings getreten P. Güssfeldts Grundzüge d. astronom.-geograph. Ortsbestimmung auf Forschungsreisen (Braunschw. 1902; die Hälfte des Werkes ist jedoch den rein mathematischen Vorkenntnissen gewidmet), und A. Marcuse's Handbuch der geograph. Ortsbestimmung für Geographen und Forschungsreisende (Braunschw. 1905, 342 SS.), welches trotz seines allgemeinen Titels die Höhenbestimmung nicht mit umfasst, im übrigen aber trefflich in die Methoden einführt. Mit reichen Quellenangaben behandelt C. W. Wirtz, die geographische Ortsbestimmung und nautische Astronomie in der Encyklopädie der mathemat. Wissenschaften, Bd. VI 2, Heft 1. Leipzig 1905. Enger beschränkt sich der Abschnitt „Geographische Ortsbestimmungen auf Reisen" von L. Ambronn in Neumayers Anleitung I, 3. Aufl., Hannover 1906, 1—73 auf die Bedürfnisse des Forschungsreisenden. Originell ist die hierher gehörige Schrift „Geogr. Ortsbestimmung ohne astronom. Instrumente" von P. Harzer, Pet. Mitteil. Ergänzungsheft 123. Gotha 1897. Ueber die Ephemeriden vgl. § 23. Die umfangreichsten „Formeln und Hülfstafeln für geographische Ortsbestimmungen" gab Th. Albrecht heraus (4. Aufl., Leipzig 1908). Vergl. weiter den Jahresbericht von A. Marcuse über geogr. Ortsbestimmung (im Geogr. Jahrb. XXVIII, 1905).

§ 44. Die Winkelmess-Instrumente. Bei der geographischen Ortsbestimmung im weitesten Sinn treten, wie angedeutet, Astronomie und Geodäsie als fundamentale Hülfswissenschaften der Geographie ein. Ihnen liegt es ob, die zweckmässigsten Methoden zur Festlegung jedes Punktes der Erdoberfläche zu ersinnen und die dazu geeigneten Instrumente, welche bei beiden Disziplinen, soweit sie unsere Frage betreffen, teilweise gleich sind, zu konstruieren. Hier mögen einige der wichtigeren der im Laufe der Zeit für die Ortsbestimmungen zur Anwendung gekommenen Gerätschaften[50]) angeführt und die ihnen zu grunde liegenden Grundsätze erläutert werden.

Auf das Gnomon oder den Schattenmesser der Alten ist schon oben (§ 26) hingewiesen. Es ist eines der einfachsten, aber auch ältesten astro-

[50]) Vergl. über einige Günther, Math. Geogr., 77—128.

nomischen Instrumente und besteht im wesentlichen nur aus einem Stabe, der senkrecht auf einem horizontal zu stellenden Brett oder auch wohl im Mittelpunkt einer hohlen Halbkugel befestigt ist. Noch heute kann es durch Beobachtung der Schattenrichtung in verschiedenen Stunden des Tages zur Aufsuchung der Mittagslinie benutzt werden; oder zur Bestimmung der Mittagszeit, sobald wir den Eintritt des Schattens in die uns vorher schon bekannte Mittagslinie beobachten. Und endlich gestattet es, die Mittagshöhe der Sonne an der Länge des Schattens im Verhältnis zur Stablänge zu berechnen. Da es Schwierigkeit hat, den genauen Endpunkt des Schattens festzulegen, bringt man unweit des Stabendes eine kleine Oeffnung an, welche in der Schattenlinie als leuchtender Punkt erscheint. — Im übrigen beherrschen die Astrolabien Altertum und Mittelalter[51]), in ihrer einfachsten Gestalt Ringe von Holz oder Metall mit einem beweglichen, über den Kreisring hingleitenden Durchmesser, der sog. Alhidade, welche an beiden Enden mit Absehvorrichtungen (Diopter) versehen ist. Je grösser diese Ringe waren, um so genauer liessen sich die Winkel an der Kreiseinteilung (dem Limbus) ablesen. Da es sich bei Sonnen- und Sternhöhen stets um Winkel handelt, die kleiner sind als ein Rechter, ersetzte man den Vollring für astronomische Zwecke durch möglichst grosse Quadranten; die Diopter waren hier auf beweglichem Halbmesser angebracht. Dem Seemann kam es jedoch auf leichter zu handhabende Instrumente an. Für diesen bestand im Zeitalter der Entdeckungen der See-Quadrant aus einem mit dem Scheitelpunkt nach oben gehaltenen Kreissektor, an dessen einem festen Schenkel die „Absehen" angebracht waren. Man visierte Sterne vom Endpunkt des Schenkels durch das am Mittelpunkt befindliche Diopter oder liess Sonnenstrahlen in umgekehrter Richtung einfallen. Den Höhenwinkel las man an einem von der Mitte herabhängenden Senkel ab, das über die Kreiseinteilung glitt. — Alle diese Vorrichtungen konnten nur bei Beobachtungen in vertikaler Ebene gebraucht werden. Daher bedeutet die Einführung des sog. Jakobstabes, bei den Seeleuten Gradstock genannt, einen Fortschritt; ein vierkantiger Stab, auf dem ein kurzes bewegliches Querholz, der Schieber, sitzt. Der Stab wird vor dem Auge in die Richtung zwischen die beiden zu visierenden Gegenstände gebracht und nun der Schieber so lange verschoben, bis diese letztern (z. B. zwei Sterne) oder die Endpunkte des zu messenden Abstands (z. B. zwischen einem Stern und dem Rande des Mondes) an den Enden des Querholzes vorüber vom Auge zugleich gesehen werden. An der am Stab angebrachten Einteilung konnte man dann den Winkel der Sehlinien je nach dem Abstand des Querholzes vom Nullpunkt des Stabes ablesen. Dieser Gradstock ist seiner Handlichkeit wegen lange zur See gebraucht worden[52]). Man kann mit demselben Winkel in jeder beliebigen Ebene messen.

Die wesentlichsten Fortschritte in der Genauigkeit der Winkelmessungen knüpfen sich an die Ersetzung der Diopter durch das Fernrohr und die Erfindung der Spiegelinstrumente. Es genüge unter letztern an den von Hadley zuerst 1731 angewandten Spiegelsextanten zu erinnern. Bei diesem wird der Winkelabstand zweier entfernter Punkte dadurch bestimmt, dass man

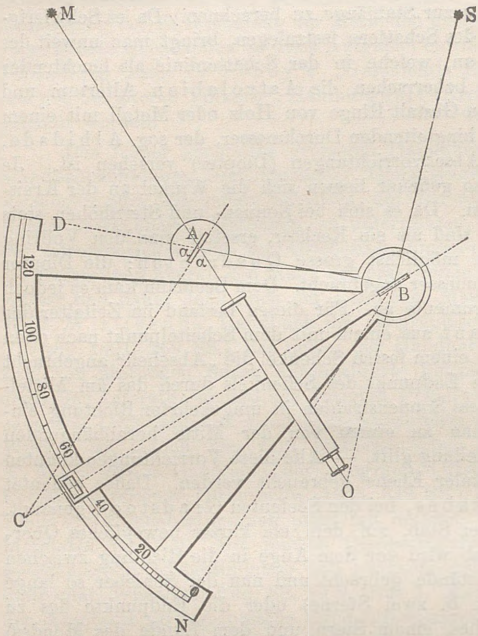
---

[51]) Vergl. Breusing, Die nautischen Instrumente bis zur Erfindung der Spiegelsextanten 1890, und E. Gelcich, Die Instrumente und die wiss. Hülfsmittel der Nautik z. Z. der grossen Länderentdeckung, Hamburger Festschrift zur Entdeckung Amerikas, I, 1892. — [52]) Als baculus geometricus schon im 14. Jahrh. bekannt, hat ihm Regiomontan (um 1470) neue Bedeutung gegeben, indem er ihn in die Astronomie einführte. S. Breusing a. a. O. 1890, 36 ff. Der Ansicht Breusings, dass M. Behaim den Jakobstab in die portugiesische Marine eingeführt, ist von Gelcich nicht ohne triftige Gründe widersprochen a. a. O. 50 Es bleibt noch zu untersuchen, ob wirklich der Jakobstab zur See eine so weite Verbreitung gehabt hat, wie Breusing annahm.

das im Fernrohr direkt gesehene Bild des einen Punktes (M Fig. 10) mit dem durch doppelte Spiegelung (auf dem Wege $SBAO$) in die Fernrohrachse zurückgeworfenen Bilde des andern Punktes (S) zur Deckung bringt. Zu diesem Zweck ist der eine Spiegel B mit der beweglichen Alhidade eines Kreissextanten von Metall fest verbunden; mittelst dieser kann man den zu messenden Winkel ablesen. Der Spiegel A ist in seiner obern Hälfte durchsichtig. Die Theorie ergibt (da BN stets dem festen Spiegel A parallel ist), dass der am Limbus abgelesene Winkel (NBC), welcher gleich dem Winkel beider Spiegelebenen (ACB), auch stets gleich der Hälfte des gesuchten Winkels zwischen den Objekten ist ($SOM = 2\ ACB$), weshalb man die Skala mit den verdoppelten Gradziffern versieht[53]).

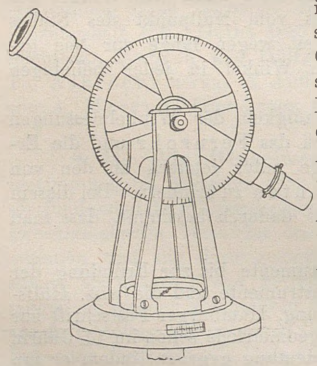
Fig. 10.

Spiegelsextant. (N = Nullpunkt der Skala.)



Um mit diesem frei in der rechten Hand gehaltenen Instrumente Stern- und Sonnenhöhen zu messen, sucht man das direkt gesehene Objekt mit dem auf einem künstlichen Horizont gespiegelten Bilde desselben im Fadenkreuz des Fernrohrs zur Deckung zu bringen. Als solchen Horizont wählt man eine gut reflektierende Flüssigkeit, die in einer Schale ausgebreitet ist (wie etwa Quecksilber oder Oel), oder auch eine geschwärzte Glasscheibe. Der Seemann misst die Sternhöhen stets vom Rand des natürlichen Horizonts, der Kimm, aus. Das Fernrohr ist in beiden Fällen dem im Horizont gespiegelten Bilde bezw. der Kimm zugekehrt, der bewegliche Spiegel (B) dagegen der Sonne.

Fig. 11.



Häufiger noch, besonders in der Geodäsie, kommt jedoch der Theodolit zur Anwendung, ein Universalinstrument[54]), welches doppelte Kreise besitzt und eine vollständig feste Aufstellung auf einem Stativ in genau horizontaler Lage erfordert. Ein um eine horizontale Achse drehbares Fernrohr lässt am vertikal stehenden, fest mit demselben

[53]) S. Näheres in Martus a. a. O. § 22, Jordan, Grundzüge 155 ff. Günther gibt (Math. Geogr. 117 u. 118) sowohl eine verkehrte Abbildung des Sextanten (nach derselben müsste man das Instrument mit der linken Hand fassen), als eine falsche Entwickelung der Theorie. — [54]) S. Martus, § 23.

verbundenen Höhenkreis unmittelbar jeden Höhenwinkel ablesen, während die Fernrohrachse vermöge der festen Stützen, welche auf dem Horizontalkreis (Grundkreis) des Instrumentes stehen, mit diesen Stützen drehbar ist. Man kann also am Grundkreis den Horizontalwinkel zwischen der Vertikalebene des Fernrohrs und jeder andern Richtung, d. h. das Azimut, bestimmen. Beobachtet man mit dem Theodolit demnach einen schiefen Winkel, d. h. den Winkelabstand zweier nicht in einer Vertikalebene gelegener Objekte, wie etwa den Abstand des Mondrandes von einem Stern, so erhält man mit diesem Instrument — im Gegensatz zum Spiegelsextanten — unmittelbar den auf den Horizont reduzierten Winkel.

§ 45. Die Korrektionen. An den rohen Winkelmessungen sind zunächst eine Reihe von Korrektionen anzubringen, ehe man die gefundenen Grössen in die Formeln einstellen kann. Wir betrachten hier nur diejenigen, welche die Winkelgrössen beträchtlich beeinflussen.

1) Die Reduktion auf den Mittelpunkt der Gestirne kommt zumeist nur für Beobachtungen von Sonne und Mond in Betracht, da der scheinbare Durchmesser der grossen Planeten nur wenige Bogensekunden beträgt[55]), und die Fixsterne uns auch im Fernrohr als Punkte erscheinen. Bei Sonne und Mond kann man stets nur einen Randpunkt, welcher das Fadenkreuz im Fernrohr zuerst oder zuletzt berührt, also z. B. bei der Sonnenhöhenbestimmung den obern oder untern Sonnenrand, ins Auge fassen. Je nachdem dieser beobachtete Rand nun dem Objekt, dessen Abstand gemessen werden soll, zu- oder abgekehrt ist, hat man den gemessenen Winkel um den scheinbaren Halbmesser von Sonne oder Mond zu vergrössern oder zu verkleinern. Der Halbmesser der Sonne beträgt im Mittel 16′ 0″, schwankt aber im Laufe des Jahres infolge der verschiedenen Entfernung zwischen Sonne und Erde von 16′ 16″ (Januar) bis 15′ 44″ (Juli); beim Monde, dessen scheinbarer Halbmesser bei mittlerer Entfernung 15′ 33″ beträgt, sind die Differenzen noch grösser, nämlich 16′ 47″ in Erdnähe und 14′ 43″ in Erdferne[56]). Die „Ephemeriden“ enthalten Angaben über die täglich wechselnden Werte dieser Grössen, wobei zu beachten, dass der Mondhalbmesser durch den vom Mittelpunkt der Erde aus gesehenen Winkel gekennzeichnet ist. — Auch beim Gnomon ist der abgelesene Schattenwinkel h' zu gross (s. Atlas, Taf. I, Fig. 7), da die Linie, welche mit dem Schatten selbst diesen Winkel bildet, vom obern Rand der Sonnenscheibe, nicht von ihrem Mittelpunkt kommt. Es ist jener Winkel also stets um den halben Sehwinkel der Sonnenscheibe (ε) zu verkleinern, damit man den wahren Schattenwinkel (h) erhalte,

$$h = h' - \varepsilon.$$

2) Refraktion. Infolge der atmosphärischen Strahlenbrechung gelangen die Lichtstrahlen ferner nicht geradlinig in unser Auge, sondern werden bei ihrem Durchgang durch die Atmosphäre gebrochen. Es erscheinen uns infolge davon die beobachteten Objekte stets in etwas grösserer Höhe, als sie wirklich stehen; es muss daher der Betrag der Refraktion von den gemessenen Höhenwinkeln abgezogen werden. Man unterscheidet zunächst die astronomische Strahlenbrechung, die bei Beobachtungen der Gestirne in Betracht kommt. Hier haben die Lichtstrahlen die ganze atmosphärische Schicht zu durchsetzen. Die Grösse der Brechung wächst, wenn der Neigungswinkel der Strahlen gegen den Horizont kleiner wird, weil mit dieser Abnahme eine immer mächtigere Luftschicht sich dem Wege des Lichtstrahls entgegenstellt. Bei senkrechten Strahlen ist die Strahlenbrechung gleich Null, beträgt bei Neigungswinkeln von über 45°

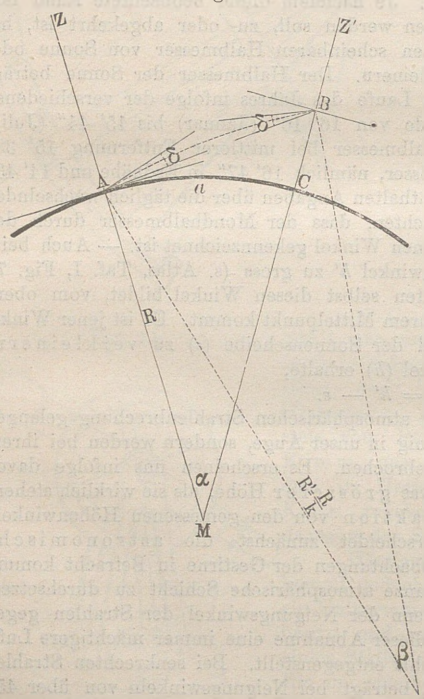
[55]) Etwas grössere Werte nur bei Venus (im Mittel 19″, Max. 33″) und Jupiter (Polarhalbmesser Min. 14″,$_3$, Max. 23″,$_4$, Mittel 18″,$_7$). S. Nautical Almanac; Connaissance des temps. Die Werte hängen natürlich von der Annahme des scheinbaren Durchmessers in Einheit der Entfernung (§ 90,$_2$) ab. — [56]) Vergl. § 91 u. § 92. Irrtümlich gibt W. Jordan (Astron. Ortsbestimmung) den mittlern Mondhalbmesser zu 15′ 44″ an.

noch weniger als eine Bogenminute, steigt aber allmählich zu immer grösserem Betrage, bis sie im Horizont 35′ erreicht. Aus diesem Grunde muss man bei Ortsbestimmungen vermeiden, zu tief stehende Gestirne zu beobachten. Uebrigens ist der Betrag der Refraktion auch noch vom Zustand der Atmosphäre abhängig, weshalb man Aufzeichnungen über Temperatur und Feuchtigkeit der Luft und den Barometerstand mit den astronomischen Beobachtungen verbinden muss, um daraus weitere Korrektionen zweiter Ordnung zu berechnen. Die folgenden Zahlen beziehen sich auf die mittlere astronomische Refraktion[57]).

Scheinbare Höhe:	Refraktion:	Scheinbare Höhe:	Refraktion:
90°	0° 0′ 0″	15°	3′ 34″
80°	10″	10°	5′ 19″
70°	21″	8°	6′ 33″
60°	34″	6°	8′ 28″
50°	49″	4°	11′ 45″
40°	1′ 9″	2°	18′ 18″
30°	1′ 41″	1°	24′ 37″
20°	2′ 39″	0°	35′ 24″

Die Wirkung der terrestrischen Refraktion oder irdischen Strahlenbrechung kann man sich so vorstellen, dass eine geradlinige Sehlinie AB (Fig. 12) bei ihrem Gang durch die Luft in einen flachen Kreisbogen verwandelt wird, dessen Zentriwinkel β gleich den beiden Winkeln $\delta + \delta$ zwischen der Sehne AB und den an die Endpunkte A und B gelegten Tangenten ist. Man hat durch Beobachtungen dieser Winkel gefunden, dass der Radius des flachen Kreisbogens (R') etwa zum achtfachen des Erdradius (R) angenommen werden kann und nennt daher das Verhältnis beider Halbmesser $R : R' = k$ den Refraktionskoeffizienten der Luft. Derselbe beträgt im Mittel etwa $^1/_8$, genauer $0{,}_{13}$[58]). Der Refraktionswinkel δ, im Bogen ausgedrückt, ist $= \frac{a}{2R} \cdot k$, da man bei der Grösse der Erde ohne merklichen Fehler den Bogen $AB = AC = a$ setzen kann und der Zentriwinkel $\beta = 2\delta = a : R'$ ist.

Fig. 12.

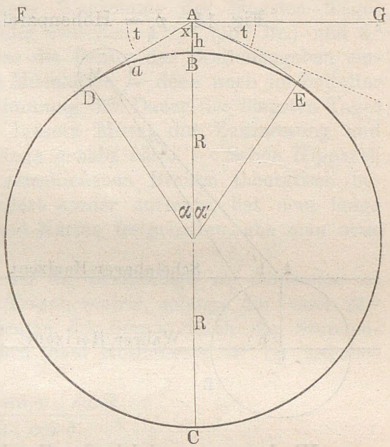


3) Kimmtiefe. Da man auf See die Höhenwinkel stets von der Kimm, d. h. vom natürlichen Horizont oder der Begrenzungs-

[57]) Unter mittlerer Refraktion versteht man neuerdings eine solche bei 10° C. Lufttemperatur und 760 mm (auf 0° reduzierten) Barometerstand. Für diesen ist die mittlere Refraktion bei 45° scheinbarer Höhe zu 58″ gefunden. Naut. Jahrb. f. 1911, S. 239. — [58]) S. Näheres in W. Jordans Handbuch der Vermessungskunde, 3. Aufl., II, 426 ff., 5 Aufl., II, 558, woselbst auch die älteren Mittelwerte für k mitgeteilt sind.

linie zwischen Wasser und Luft misst, so ist noch die sog. Depression des Horizonts oder die Kimmtiefe zu berücksichtigen. Man versteht darunter den Winkel zwischen der vom Auge ausgehenden Horizontallinie (*FG* in Fig. 13) und der Tangente an die gekrümmte Wasserfläche (d. h. an den natürlichen Horizont). Die Kimmtiefe vergrössert also die gemessenen Sternhöhen und ist von letzteren abzuziehen. Da aber die irdische Strahlenbrechung die Kimm wiederum um ein Geringes (ca. $^1/_{14}$) hebt, so muss die aus den Formeln berechnete Kimmtiefe um diesen Betrag erst noch vermindert werden.

Fig. 13.



In nebenstehender Fig. 13 entspricht die linke Seite den Verhältnissen ohne die irdische Strahlenbrechung, die rechte denjenigen mit derselben. Die Kimmtiefe t ist als Komplement zu x stets gleich dem Zentriwinkel α, wird also, wie dieser, durch den Bogen $DB = a$ gemessen. Nun ist die Tangente AD das geometrische Mittel zwischen Sekante AC und äusserm Abschnitt AB:

$$AD^2 = AC \,.\, AB = (BC + AB) \,.\, AB$$

oder, da BC gleich dem Durchmesser der Erde ($= 2\,R$) und AB, der Abstand des beobachtenden Auges von der Erdoberfläche, $= h$ ist, wird

$$AD^2 = (2\,R + h) \,.\, h. \qquad (1)$$

Bei der Kleinheit des von A zu übersehenden Stücks der Erdoberfläche oder der Kleinheit der Sehweite AD kann man diese Tangente gleich dem Bogen $DB = a$ setzen; ferner kann die Höhe h gegen den Erddurchmesser vernachlässigt werden. Dann wird (1)

$$(\text{arc}\, a)^2 = (2\,R + h) \,.\, h$$

oder vereinfacht

$$(\text{arc}\, a)^2 = 2\,R \,.\, h. \qquad (2)$$

Im Metermass ist $R = 6370^{\text{km}} = 6\,370\,000^{\text{m}}$, wonach

$$\text{arc}\, a^2 = \sqrt{2 \,.\, 6370\,000} \,.\, \sqrt{h} = 3569^{\text{m}} \,.\, \sqrt{h}$$

folgt. Da nun die Länge einer Bogensekunde für einen solchen grössten Kreis der Erde $= 30{,}_{88}{}^{\text{m}}$ beträgt, so wird der Winkel

$$a = \frac{3569^{\text{m}}}{30{,}_{88}{}^{\text{m}}} \,.\, \sqrt{h} = 115{,}_6'' \,.\, \sqrt{h}.$$

Die irdische Strahlenbrechung hebt jedoch die Kimm noch um etwa $^1/_{14}$, sodass der Winkel der Kimmtiefe

$$t = \alpha - {}^1/_{14}\alpha = {}^{13}/_{14} \,.\, 115{,}_6'' \,.\, \sqrt{h} = 107{,}_3'' \,\sqrt{h}$$

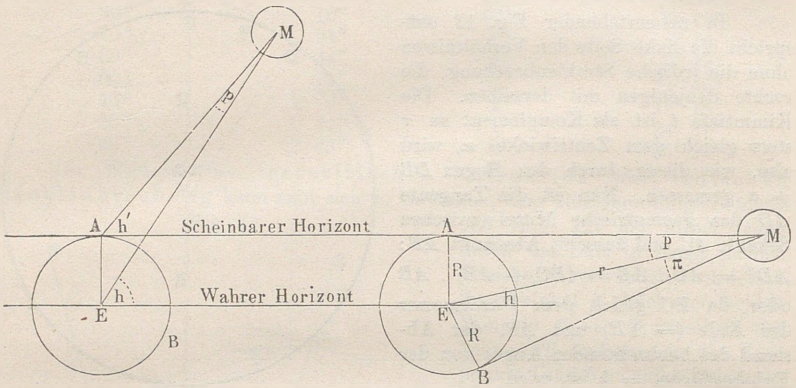
wird. Für $h = 2^{\text{m}}$ ist hiernach die Kimmtiefe $= 2'\ 31''$, für $h = 5^{\text{m}}$ ist sie $4'$, für $h = 10^{\text{m}}$ ist sie $5'\ 39''$ u. s. f.[59]).

4) Verschub oder Parallaxe. Eine weitere Korrektion erfordert der Umstand, dass unsere Ephemeriden die Höhen der Gestirne nicht für den schein-

[59]) Tabellen über die Kimmtiefe finden sich bei Breusing, Steuermannskunst, auch im Nautischen Jahrbuch. Man beachte, dass dabei die Grundwerte, von denen ausgegangen ist, ein wenig von obigen abweichen. Jordan geht von der Formel $t = 107{,}_8'' \,\sqrt{h} = 1{,}_{797}' \,.\, \sqrt{h}$ aus, das Naut. Jahrb. von $t = 106{,}_{74}'' = 1{,}_{779}' \,.\, \sqrt{h}$.

baren, sondern für den wahren, durch den Mittelpunkt der Erde gehenden Horizont angeben. Man nennt (Fig. 14) den Unterschied (p) zwischen dem vom Erdmittelpunkt (h) aus und der Erdoberfläche (h') aus beobachteten Höhenwinkel die Höhenparallaxe oder den Verschub. Für Fixsterne kommt dieselbe wegen ihrer grossen Entfernung nicht in Betracht. Bei der Sonne und den Planeten beträgt sie nur wenige Sekunden, beim nahen Monde dagegen steigt sie fast bis zu 1^0, sobald der Mond im Horizont steht; und sie ändert sich auch ein wenig mit der Entfernung des Mondes von der Erde. Es ist $h = h' + p$.

Fig. 14. p = Höhenparallaxe, π = Horizontalparallaxe.



Hierbei mag sogleich der Begriff der Horizontalparallaxe erläutert werden, worunter man den Winkel versteht, unter dem der Erdhalbmesser vom Mittelpunkt eines andern Gestirns uns erscheint. Aus Fig. 14 ist ersichtlich, dass für ein im Horizont stehendes Gestirn die Höhenparallaxe gleich ist der Horizontalparallaxe oder $p = \pi$. Es ist leicht verständlich, dass, weil R bei der abgeplatteten Erde nicht überall gleich ist, die Korrektion der Parallaxe auf diese Abweichung der Erdgestalt von der Kugel Rücksicht nehmen muss. Das nautische Jahrbuch gibt die Horizontalparallaxe des Mondes für je 12^h an.

Die wahre Höhe eines Gestirns ist also gleich der gemessenen scheinbaren Höhe, vermindert um Refraktion und Kimmtiefe, aber vergrössert um die Höhenparallaxe.

§ 46. Bestimmung der geographischen Breite. Jede Zoneneinteilung der Erdoberfläche ermöglicht eine rohe Unterscheidung der Breitenlage, falls die Zonen nur parallel dem Aequator genommen werden. Gewisse klimatische Erscheinungen mit ihren Folgen für Pflanzen- und Tierwelt sowie für das wirtschaftliche Leben der Bewohner können auf einer ersten Stufe geographischer Erkenntnisse zur Kennzeichnung solcher Gürtel dienen, aber dieselben versagen bei der Schwierigkeit, sie in schärfere Abstufungen zu bringen, den Dienst, sobald man ihre Zahl behufs Angabe der Breitenlage vermehrt und die Zonen damit verschmälert. — Schon das Altertum ersetzte die mehr oder weniger breiten Gürtel verschiedenen physischen Klimas durch sog. mathematische Klimata, d. h. Erdgürtel, welche durch bestimmte Parallelkreise begrenzt waren, und innerhalb deren der Neigungswinkel der Strahlen der Sonne (*τὸ κλίμα*, die Neigung) bei ihrem höchsten jähr-

lichen Stande eine gewisse Grösse erreichte. Von dieser Höhe hängt bekanntlich die Grösse des Tagebogens der Sonne ab und von letzterer wieder die Dauer des Tages. Somit diente dem Hipparch und Ptolemaeus die Dauer des längsten Tages zum Anhaltspunkte für eine Zonen-Einteilung der Erdoberfläche. Man begrenzte die Gürtel durch die Breitenparallelen, unter denen der längste Tag polwärts um ein Bestimmtes — bei Ptolemaeus je um $^1/_4$ bezw. $^1/_2$ Stunde — zunahm.

Die Breite der Zonen viertelstündigen Wachstums des längsten Tages schwankt in den Breiten der Mittelmeerländer zwischen $1\,^1/_2\,^\circ$ (50° Br.) und 3° (30° Br.). In diese Grenzen hätte man also die Fehler der Breitenangaben einengen können, wenn man im Altertum und Mittelalter — denn noch im Zeitalter der Entdeckungen suchte man aus der Bestimmung der Dauer des längsten Tages ein Bild der Breitenlage zu gewinnen — bessere Mittel der Zeitmessung und damit der genauen Bestimmung der Tageslänge gehabt hätte. — Schon Hipparch hat die Dauer des längsten Tages für die verschiedenen Breiten theoretisch berechnet und, als Ptolemaeus im 15. Jahrhundert wieder auflebte, hat man lange an den Ptolemaeischen Zonen in Büchern und Karten festgehalten, ehe man neue Berechnungen anstellte.

Aus der Dauer des längsten Tages auf die Breitenlage zu schliessen, ist eine sehr einfache Aufgabe der sphärischen Trigonometrie, solange die Dauer 24^h nicht übersteigt. Es wird der halbe Tagbogen der Sonne durch den Stundenwinkel $t = ZPL$ (Fig. 15) gemessen. Nach dem Kosinussatz ist im astronomischen Dreieck (§ 38)

$$\cot t = \frac{\sin h - \sin \varphi \,.\, \sin \delta}{\cos \varphi \,.\, \cos \delta},$$

aber, da bei einem aufgehenden (oder untergehenden) Gestirn die Höhe desselben über dem Horizont $h = o$ ist, so wird

$$\cos t = -\frac{\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} = -\operatorname{tang} \varphi \,.\, \operatorname{tang} \delta;$$

demnach berechnet sich die Breite aus

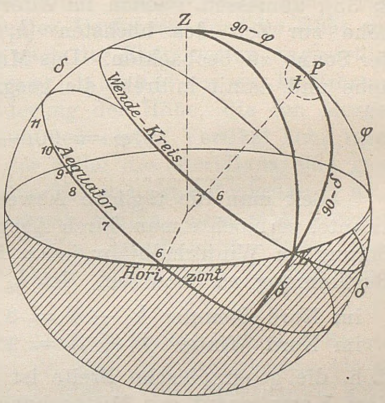
$$\operatorname{tang} \varphi = -\frac{\cos t}{\operatorname{tang} \delta} = -\cos t \operatorname{cotang} \delta.$$

Nimmt man die Deklination der Sonne am 21. Juni $\delta = 23\,^1/_2\,^\circ$ an und hätte man die Tageslänge z. B. zu $14^h\ 30^m$ gefunden, so ist der Stundenwinkel des halben Tagbogens $t = 7^h\ 15^m$ oder im Bogen (§ 34) $= 108^\circ\ 45'$; demnach aus

$$\operatorname{tang} \varphi = -\cos 108^\circ 45'. \operatorname{cotang} 23\,^1/_2\,^\circ$$
$$= \cos 71^\circ\ 15' \,.\, \operatorname{ctg} 23\,^1/_2$$

folgt die Breite $\varphi = 36^\circ\ 28'$.

Fig. 15.

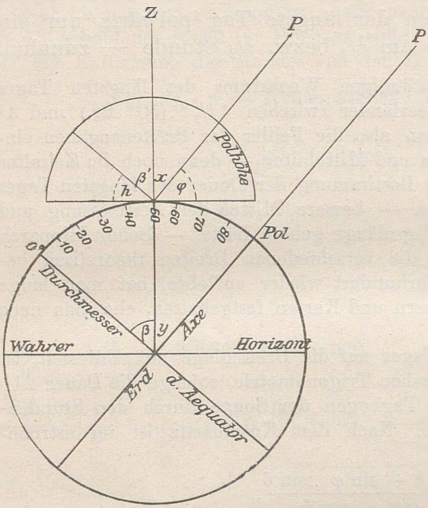


Wir kommen bei der Lehre von der Umdrehung der Erde um sich selbst auf diese Punkte zurück und wollen hier nur noch daran erinnern, dass man in ähnlicher Weise auch aus der Dauer eines beliebigen Tages auf die Breite schliessen kann, indem man in der gleichen Formel nur die dem betreffenden Tage zukommende Sonnendeklination δ einzusetzen hat (§ 89).

Weit wichtiger war und ist die unmittelbare Bestimmung der Breite aus Sonnen- und Sternhöhen, und zwar findet die erstere von seiten der Geographen und Seefahrer die häufigere Anwendung.

Theoretisch liegt beiden Methoden der Fundamentalsatz zu grunde, dass die Polhöhe (φ) eines Ortes gleich seiner geographischen Breite (β) ist. Indem man Sonnenhöhen beobachtet, kommt der zweite Hauptsatz in Betracht: die Höhe des Himmelsaequators über dem Horizont (h) ist gleich dem Komplement der Polhöhe (φ), also auch gleich dem Komplement der geographischen Breite (Atlas, Taf. I, Fig. 8). Beide Sätze ergeben sich aus Fig. 16 von selbst, wenn man festhält, dass die Richtungslinie nach dem Pol stets der Erdachse, diejenige nach dem Himmelsaequator immer dem Erdaequator parallel läuft. Da also $x = y$ als Gegenwinkel und $x + \varphi = y + \beta = 90^0$, so folgt $\varphi = \beta$. Daneben ist $\varphi + h = \beta' + x = 90^0$, also $\varphi = 90 - h$.

Fig. 16



Direkt lässt sich die Höhe des Aequators aus der Mittagshöhe der Sonne nur zweimal im Jahr, zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen (§ 35), abmessen. Schon im Altertum zog man es vor, diese Mittagshöhe zur Zeit des höchsten (h_1) und des niedersten Standes (h_2) der Sonne zu beobachten. Das Mittel aus beiden musste die Aequatorhöhe und damit indirekt die geographische Breite ergeben

$$\varphi = 90 - \left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)$$

Seit man die tägliche Abweichung der Sonne vom Aequator (δ') kannte, vermochte man durch Abzug derselben im Sommer- oder Hinzufügung im Winterhalbjahr jeden Einzeltag des Jahres zu der nötigen Bestimmung zu benutzen. Ist h_t die Mittagshöhe der Sonne, so ist

im Nord-Sommer $h_t - \delta' = 90 - \varphi$, also $\varphi = (90 - h_t) + \delta'$,
im Nord-Winter $h_t + \delta' = 90 - \varphi$, „ $\varphi = (90 - h_t) - \delta'$,

d. h. die geographische Breite ist auf der nördlichen Halbkugel gleich dem Komplement der Mittagshöhe der Sonne, vermehrt um die nördliche bezw. vermindert um die südliche Sonnendeklination[60].

---

[60]) Umgekehrt lässt sich die zu erwartende Sonnenhöhe bei bekannter Breite und Kenntnis der jeweiligen Deklination vorher bestimmen. Auf dem 50.° der Breite ist die Aequatorhöhe $= 40^0$, also die Sonnenhöhe am 21. Dezember, wo die Deklination $-23\,^1/_2$ beträgt, $= 40^0 - 23\,^1/_2{}^0$. Die Sonne steht also am Mittag nur $16\,^1/_2{}^0$ über dem Horizont.

Das einfachste und älteste, wenn auch am wenigsten sichere Verfahren der Breitenbestimmung aus Sonnenhöhen ist die Messung der (kürzesten) Schattenlängen vermittelst des senkrechten Stabes im Gnomon zur Mittagszeit. Es ergibt sich die Höhe h' aus der einfachen Gleichung (Atlas, Taf. I, Fig. 7)

$$\text{tang } h' = \frac{\text{Stablänge}}{\text{Schattenlänge.}}$$

Von dem gefundenen Werte h' hat man alsdann noch die jeweiligen Werte des halben Sehwinkels der Sonnenscheibe mit ca. $^1/_4{}^0$ abzuziehen, um h' auf den Sonnenmittelpunkt zurückzuführen (§ 45), denn da die Schattenlänge von den Strahlen erzeugt wird, die vom oberen Rand der Sonne über die Stabspitze hinweg zur Bodenfläche fallen, so ist der beobachtete Schatten zu kurz, der Schattenwinkel also zu gross.

Zur Messung der Sonnenhöhe stand im Mittelalter besonders der Quadrant (§ 44) zur Verfügung. Wenn nun trotz der Einfachheit der eben bezeichneten Voraussetzungen bis zum Zeitalter der Entdeckungen von Seeleuten so wenig Breitenbestimmungen aus Sonnenhöhen gemacht sind, so ist es nicht unmöglich, dass der Mangel übersichtlicher Deklinationstafeln die Hauptschuld daran trug. Somit hat die Verbreitung der von Regiomontan neu und zweckmässiger aufgestellten Tafeln der Sonnendeklination vielleicht ebenso zu dem um 1500 bewirkten Umschwung beigetragen wie die Einführung des handlichen Instrumentes des Jakobstabes (§ 44)[61]. Im Spiegelsextanten hat dann später der Seemann für die Bestimmung der Mittagshöhe der Sonne ein bequemes Instrument empfangen, das von den Marinen noch heute für diesen Zweck fast allein benutzt wird. Absolute Genauigkeit fordert man dabei nicht. Das öftere Erheben des Instrumentes ans Auge um die Mittagszeit lässt erkennen, wann die Sonnenhöhe nicht mehr wächst. Für den Nautiker auf See ist dieses Verfahren zugleich bestimmt, die Ortszeit, deren er für die Längenmessung bedarf, zu finden (§ 49).

Theoretisch wird verlangt, dass man die Höhe der Sonne genau in dem Moment beobachtet, wo sie durch den Meridian geht. Auf dem Lande zieht man als ein genaueres Verfahren vor, die Höhe aus einer Reihe von kurz vor und kurz nach der Kulmination angestellten Messungen oder aus sog. Zirkummeridianhöhen zu bestimmen. Es ist dies angängig, weil die Aenderung der Höhe, die am Morgen und Abend bis zum Durchgang durch den ersten Vertikal sehr rasch vor sich geht (Fig. 7 in § 37), in der Nähe des Meridians eine ganz geringe ist. — Um aus der — auf den Mittelpunkt reduzierten (§ 45_1) — Sonnenhöhe die geographische Breite abzuleiten, muss man übrigens die Sonnendeklination zur Mittagszeit des betreffenden Ortes genau kennen. Dieselbe ändert sich im Laufe des Tages, folglich auch stündlich mehr oder weniger.

Es ist diese Aenderung äusserst gering (wenige Sekunden) zur Zeit der Sonnenwenden, sie steigt dagegen um die Zeiten der Tag- und Nachtgleichen bis auf $23^1/_2$ Bogenminuten am Tage oder 59″ für die Stunde. Die „Ephemeriden“ geben die Sonnendeklination nur für den Mittag der Orte an, welche als Ausgangspunkte der Zeitrechnung überhaupt gelten, also z. B. für Greenwich, daneben jedoch auch die stündliche Aenderung. Eine annähernde Kenntnis der geographischen Länge des Beobachtungsortes ist also erforderlich, um diese stündliche Aenderung in Rechnung zu ziehen.

[61]) Auf diese Vermutung weist E. Gelcich hin. (Die Instr. d. Nautik etc., Hamburger Festschr. z. Entd. Amerikas, I2, 1892, 77.)

Bei Bestimmung der Breite aus der Höhe von Fixsternen bedarf es zwar nicht einer Reduktion auf den Mittelpunkt (§ 45), da sie als Punkte anzusehen sind, auch gilt uns ihre Deklination als fast unveränderlich, aber die Beobachtungen zur Nachtzeit bieten an sich mehr Schwierigkeiten und werden daher von Geographen und Seeleuten seltener angewandt. Theoretisch das einfachste Verfahren ist dann (auf dem Lande, d. h. bei festem Standpunkt) die Beobachtung ein und desselben Sternes zur Zeit seiner oberen und seiner unteren Kulmination, wozu sich selbstverständlich nur Zirkumpolarsterne eignen. Die halbe Summe ihrer Höhen ergibt unmittelbar die Polhöhe (§ 33). Hierzu muss man also von vornherein den genauen Zeitpunkt dieser Kulminationen kennen, da der Stern zur Zeit des Durchgangs fast horizontal hinstreicht. Demnach hat bei diesen Beobachtungen eine Zeitbestimmung (Uhrenkorrektion) nebenher zu gehen.

Wie man den Polarstern zur Messung der Polhöhe verwenden kann, ist früher (§ 33) angedeutet. Vermag man ihn zu beobachten, wenn er kulminiert, so hat man, um den genauen Ort des Himmelspols zu finden, nur seinen jetzigen Abstand vom Pol (1900 : $1^0\ 13^1/_2'$, 1912 : $1^0\ 9^1/_2'$) von der gemessenen Höhe abzuziehen oder ihr hinzuzufügen, je nachdem man den Polarstern in oberer oder unterer Kulmination beobachtet hat.

Man verwendet indessen auch Zirkummeridianhöhen ein und desselben Sternes, ganz wie bei der Sonne, zur Bestimmung der höchsten Höhe im Moment seiner eigentlichen Kulminationszeit. Man wählt dazu am besten Sterne geringer Abweichung vom Aequator. Die Subtraktion der Sterndeklination, wie sie uns die Ephemeriden ergeben, lässt uns dann sofort die Aequatorhöhe oder das Komplement der Breite finden.

§ 47. Bestimmung der geographischen Länge. Da alle Orte, welche auf demselben Meridian gelegen sind, gleiche Zeit — Ortszeit — haben, so läuft die Bestimmung der geographischen Länge auf den Vergleich der Ortszeiten unter einander hinaus (§ 43). Dieser Vergleich erfolgt entweder durch Beobachtung einer von zwei verschiedenen Punkten der Erdoberfläche aus in demselben absoluten Zeitmoment (aber eben zu verschiedener Ortszeit) sichtbaren Erscheinung, oder durch Uebertragung der Ortszeit einer Station an eine andere mittelst der Uhren behufs direkten Vergleichs mit der Ortszeit (den Uhren) an der zweiten Station.

Als solche weit über die Erdoberfläche im gleichen Zeitmoment sichtbare Erscheinung kamen zuerst die Mondfinsternisse in Betracht, welche schon Hipparch empfahl und zu diesem Zweck im voraus berechnete. Sie blieben bis zum Ende des 15. Jahrhunderts das einzige Mittel zur Längenbestimmung und schon aus diesem Umstande ist es erklärlich, warum bei der Seltenheit der Finsternisse, die in gleicher Breite zu beobachten sind, uns so ausserordentlich wenig Bestimmungen der Länge aus dem Altertum und Mittelalter überliefert sind.

Eine solche Mondfinsternis, über welche Ptolemaeus berichtet, ist gewissermassen von klassischer Bedeutung für das Weltbild geworden. Aus dem Umstand,

dass eine i. J. 331 v. Chr. stattfindende Mondfinsternis in Arbela (ö. d. Tigris) um die fünfte, in Karthago um die zweite Stunde beobachtet sein sollte[62]), schloss Ptolemaeus (150 n. Chr.) auf eine Differenz der Ortszeiten von drei Stunden, also einen Längenunterschied von 45°. In Wahrheit beträgt der letztere zwischen beiden Orten weniger als 34°. Die ausserordentliche Ausdehnung der Längsachse des östlichen Teils des Mittelmeers auf den Karten des Ptolemaeus hängt wesentlich mit dieser falschen Bestimmung zusammen.

Erst nach Erfindung des Fernrohrs und der Entdeckung der Jupitermonde durch Galilei 1610 gesellte sich das Verschwinden der letzteren im Schatten des Jupiter (oder auch hinter der Scheibe desselben) zu den für Längenbestimmungen verwertbaren Beobachtungen. Freilich haben auch die genannten Phänomene den Uebelstand an sich, zu selten einzutreten und dabei nicht plötzlich genug, um einen festen Zeitpunkt dadurch scharf zu fixieren. Aus diesem Grunde wendet man sich neuerdings den Sternbedeckungen durch den Mond für die Längenbestimmung zu. Es kann sich dabei selbstverständlich nur um solche Sterne handeln, die nahe der Mondbahn liegen, (d. h. rund etwa in einer Breitenzone von ca. $\pm 6\,^2/_3{}^0$ um die Sonnenbahn).

Die Ephemeriden teilen die Elemente der Sternbedeckungen für eine gewisse Anzahl von Sternen mit, und wenn diese sich durch Einfachheit und Genauigkeit auszeichnende Methode erst neuerdings mehr in Aufnahme kommt, so liegt dies daran, dass es an geeigneten Tafeln zur Vorausberechnung gewisser Angaben bis vor kurzem fehlte, nämlich zur Feststellung, ob eine betreffende Sternbedeckung am Beobachtungsort sichtbar ist, zu welchen Ortszeiten Ein- und Austritt des Sterns erfolgt, und an welchen Stellen der doch immerhin grossen Mondscheibe der Stern verschwindet und wieder zu tage tritt[63]).

Seit man über genau gehende Uhren verfügte, hat man auch terrestrische, künstlich erzeugte Lichterscheinungen wie Pulverblitze oder das in starken Spiegeln reflektierte Sonnenlicht etc. benutzt, um den Längenunterschied zweier nicht fern gelegener Punkte, von denen aus man diese Lichtquellen sehen kann, zu bestimmen. Dies letztere erforderte naturgemäss eine genaue gegenseitige Verständigung der Beobachter an den verschiedenen Stationen (bezw. an den etwa eingeschalteten Zwischenstationen). An Stelle solchen mühsamen Verfahrens ist nun im 19. Jahrhundert die Benutzung des elektrischen Telegraphen getreten. Je weiter das Netz desselben sich über die Erde spinnt, umsomehr gewinnt die telegraphische Längenbestimmung gewisser Fixpunkte an der Erdoberfläche wie vor allem der Sternwarten, an Bedeutung. Da man bei der gewaltigen Geschwindigkeit, mit welcher der elektrische Strom sich fortpflanzt, annehmen kann, dass ein in A gegebenes Zeichen tatsächlich gleichzeitig in B bemerkt wird, wie weit B auch von A entfernt sein mag, so läuft also auch diese Längenbestimmung wieder auf einen möglichst genauen Vergleich der Ortszeiten im gegebenen Moment hinaus.

---

[62]) Ptolomaeus, Geogr. I, Kap. 4. — [63]) Solche Tafeln sind von Stechert berechnet worden (Archiv der D. Seewarte XIX, 1896). S. Näheres über diese Methoden in Marcuse's Handbuch d. geogr. Ortsbest., 1905, 252—274.

Die zuletzt genannten Methoden eignen sich selbstverständlich nur für wenige auserwählte Punkte, wogegen der Geograph, der Reisende, der Seemann sich nach solchen umsehen muss, die er des öftern an jedem beliebigen Punkte der Erdoberfläche anwenden kann. Unter diesen ist die sog. Längenbestimmung durch Mondabstände prinzipiell schon im Beginn der Neuzeit in Vorschlag gebracht worden.

Der Mond, dessen Bahn nur einen kleinen Winkel (5°) mit der Ebene der Sonnenbahn (Ekliptik) macht (Atlas Taf. III, Fig. 13; § 92), eilt bei seinem Umlaufe um die Erde der Sonne immer voraus, im Durchschnitt täglich etwa 13°[64]), stündlich also 33′ (rund ½°)[65]). Wie der Zeiger einer Uhr am Zifferblatt, so geht also der Mond an den unweit seiner Bahn gelegenen Sternen vorüber, der Abstand eines Mittelpunktes von einem solchen verkleinert sich; der Abstand verschwindet, wenn Mond und Stern im gleichen Meridian stehen (oder der Mond den Stern vielleicht bedeckt); und er wächst nach dieser sog. Konjunktion wieder mehr und mehr. Es gilt nun die Bewegung des Mondes gleichsam vom Mittelpunkt der Erde aus zu verfolgen und dabei die Winkelabstände des Mondzentrums von dem der Sonne oder von einigen hellern (nicht zuweit von der Mondbahn abgelegenen) Sternen für bestimmte Zeitunterschiede — meist von 3ʰ zu 3ʰ — zu berechnen. 0ʰ ist dabei natürlich der mittlere Mittag des Ausgangspunktes für diese Ephemeriden (Greenwich). Diese berechneten Werte sind mit den beobachteten in Beziehung zu setzen. Man findet in den Jahrbüchern eine kleine Auswahl von Sternen, welche sich jeweilig an den einzelnen Tagen zur Messung des Abstandes eignen; Winkel von mehr als 130° sucht man dabei zu vermeiden. Die Messung geht direkt vom Mondrand zum Stern oder zum Sonnenrand, sodass man in geeigneter Weise auf die Mittelpunkte (§ 45) reduzieren muss. Aber weil die Beobachtungen an der Erdoberfläche und nicht im Mittelpunkt derselben angestellt sind, muss man die beim Monde so wichtige Korrektion der Parallaxe (§ 45), deren Wert wieder von der Höhe der Gestirne abhängt, in Betracht ziehen und demnach auch die letztere messen. Diese Berücksichtigung der Refraktion und der Parallaxe ist es besonders, welche die praktische Berechnung so umständlich macht. — Hat man den Abstand von beiden befreit, so gilt es, die Zeit zu bestimmen, in welcher von Greenwich aus der gleiche Abstand beobachtet sein würde, und die gefundene Zeit mit derjenigen zu vergleichen, in welcher unsere Beobachtung gemacht ward. Gesetzt, wir hätten am 10. Febr. 1893 um 7ʰ 8ᵐ abends den Abstand des Mondzentrums vom Regulus zu 105° 30′ gefunden, während das Jahrbuch für Greenwich denselben um 6ʰ p. m. zu 104° 36′ 4″ und um 9ʰ p. m. zu 106° 5′ 27″ angibt, so entspricht der gemessene Winkel von

[64]) Der Mond legt ca. 389° in 29½ Tagen oder in einem synodischen Monat zurück (Atlas Taf. III, Fig. 12. § 92). Die Grösse der Vorauseilung schwankt zwischen ca. 10° u. 15° in 24 Stunden (24′ u. 38′ in 1ʰ). — [65]) Bis in die neueste Zeit pflegte man Amerigo Vespucci als den ersten zu bezeichnen, der das Verfahren der Längenbestimmung durch Monddistanzen angewandt habe, und zwar am 23. Aug. 1499 (s. z. B. Günther, Handbuch d. Math. Geogr. 1890, nach welchem Vespucci [† 1512] sogar die Beobachtung als Begleiter des Magalhães [1519—20] gemacht haben soll), sowie R. Wolf, Handbuch d. Astr. 1892, II, 150. Wie es scheint, stützt sich diese Legende in Deutschland auf Zachs monatl. Korresp., 1810. Indessen hatte schon 1867 F. A. v. Varnhagen (Am. Vespucci, son caractère, ses écrits etc. Lima 1865, 67 ff.) den zuerst von Bandini 1745 veröffentlichten Brief des Vespucci, in dem sich obige Angaben finden, für unecht erklärt. Später hat Breusing (Naut. Instr., 26) wieder hierauf aufmerksam gemacht, hinzufügend, dass man einem Seemann mit einigen nautischen Kenntnissen nicht zutrauen könne, er habe angenommen, dass der Mond eine stündliche Bewegung von einem ganzen Grade habe, wie es aus Vespucci's vermeintlicher Beobachtung hervorgehen würde.

105° 30′ offenbar $7^h\ 48^m\ 50^s$ mittlerer Greenwicher Zeit[66]). Da unsere Beobachtung um $7^h\ 8^m$ mittlerer Ortszeit ausgeführt ward, so ist der Zeitunterschied $40^m\ 50^s$; der Beobachtungsort liegt also $40 \times 15' + 50 \times 15'' = 600' + 750'' = 10°\ 12'\ 30''$ östlich von Greenwich (§ 34).

Wenngleich nun diese Methode schon im Zeitalter der Entdeckungen vorgeschlagen ward[67]), so hat es doch Jahrhunderte bedurft, bis einigermassen genügende Mondtafeln hergestellt waren. Man verdankt die ersten brauchbaren dem Göttinger Astronomen Tobias Mayer († 1762), dessen Erben einen Teil des grossen Preises erhielten, den das englische Parlament auf die Verbesserung der Methoden der Längenbestimmung gesetzt. Sein Schüler, Carsten Niebuhr, wandte sie auf seiner Reise nach Arabien zuerst an, James Cook u. a. führten sie im Anschluss an den Spiegelsextanten in die Marinen ein. In neuerer Zeit wendet man sich jedoch der Umständlichkeit der Berechnung wegen wieder mehr von dieser Methode ab und die wichtigsten astronomischen Jahrbücher haben die entsprechenden Angaben seit kurzem aus ihren Tafeln entfernt[68]). Dagegen kam seit Verbesserung der Mondtafeln die Methode der Längenbestimmung aus Zenitdistanzen des Mondes (aus Mondhöhen) mehr in Aufnahme.

Sobald man über tragbare Uhren verfügte, tauchte der Vorschlag auf, sie zur Längenbestimmung zu benutzen[69]). Man besitzt in einer nach Ortszeit des Ausgangspunktes gestellten Uhr theoretisch eben diese Ortszeit, um sie mit derjenigen am Beobachtungsort direkt zu vergleichen. Seit Vervollkommnung des Uhrenbaues und der Herstellung sog. Chronometer wird dieses Verfahren weitaus am meisten für die Ortsbestimmung angewandt, noch mehr zur See, wo die geeignete (sog. cardanische) Aufhängung die Uhren mehr vor Erschütterung schützt, als dies bei Landreisen möglich ist. Neben genauer Kenntnis der dem Chronometer anhaftenden Fehler, welche in eigenen Anstalten geprüft zu werden pflegen, kommt also alles auf eine sorgfältige Bestimmung des Uhrgangs an, um jederzeit die Ortszeit des Ausgangspunktes (bezw. von Greenwich) genau dadurch wieder kennen zu lernen.

§ 48. Bestimmung der Ortszeit. Wenn alle Längenbestimmungen auf einen Vergleich der Ortszeiten zweier verschiedener Punkte hinauslaufen und auch bei Breitenbestimmungen häufig zu Zeitbestimmungen gegriffen werden muss, so erkennt man, dass das Fundament des Ver-

---

[66]) Die Aenderung beträgt in Greenwich 106° 5′ 27″ — 104° 36′ 4″ = 1° 29′ 23″ in 3 Stunden; wir suchen die Zeit, welche der Aenderung des Abstandes um 105° 30′ — 104° 36′ 4″ = 0° 53′ 56″ entspricht, und finden sie zu $1^h\ 48^m\ 50^s$ aus der Proportion: 1° 29′ 23″ : 53° 56″ = $3^h : x$. — [67]) Bis jetzt in der Literatur nachweisbar ist die Methode zuerst bei dem Nürnberger Mathematiker Joh. Werner in seiner Paraphrasis in I librum geogr. Cl. Ptolemaei, Nürnb. 1514, Kap. IV, Annot. VIII, zu finden. Ueber Vespucci vergl. Anm. 64. Peter Apians Cosmographicus liber, in welchem er die Methode durch eine Figur erläutert, erschien erst 1524; er war also nicht (wie Günther, Math. Geogr. 585, meint) der erste, welcher sie empfahl. — [68]) S. Näheres im Geogr. Jahrb. XXVIII, 1905, 395, die Connaissance des Temps haben 1905, der Nautical Almanac 1907 die Angaben aufgegeben. — [69]) Ein solcher, vom jugendlichen Gemma Frisius ausgehend, stammt schon aus 1530 (nicht 1550, s. Peschel, Gesch. d. Erdk. 1877, 399); in seiner Schrift „de principiis astronomiae et cosmographiae", Antwerpen 1530, überschreibt er das fragliche Kapitel XVIII ausdrücklich: de novo modo inveniendi longitudinem.

fahrens die Bestimmung der Ortszeit ist. Als das einfachste erscheint es, von der Sonnenkulmination auszugehen; und in der Tat pflegt man sich auf See nicht selten damit zu begnügen, die Zeit des höchsten Standes der Sonne (s. S. 82) als den wahren Mittag anzusehen, aus dem man unter Berücksichtigung der Zeitgleichung (§ 34) den mittlern Mittag erhält. Indessen zu genauerer Bestimmung genügt dies aus früher dargelegten Gründen (§ 46) nicht. Unter den sonstigen Methoden führt das Verfahren der sog. „korrespondierenden Höhen" zu günstigen Resultaten. Hierbei beobachtet man die Sonne oder einen Fixstern vor und nach der Kulmination in gleicher Höhe über dem Horizont und merkt sich die Zeitpunkte der Beobachtungen U_1 und U_2 durch eine möglichst gleichmässig gehende Uhr. Man beobachtet nahe dem Ersten Vertikal, weil sich dann die Höhen der Gestirne am schnellsten ändern. Es ist klar, dass man also diese Art der Zeitbestimmung nur auf dem Lande und ohne den Platz zu wechseln, nicht auf einem weiterfahrenden Schiffe, anwenden kann, da zwischen den einzelnen Beobachtungen Stunden vergehen.

Bei Zeitbestimmungen durch korrespondierende Sonnenhöhen gibt uns das rohe Mittel beider Uhrzeiten $(U_1 + U_2) : 2$ nur den sog. unverbesserten Mittag[70]). In Wahrheit bleibt die Deklination in der Zwischenzeit nicht gleich; ist sie im Wachsen begriffen (zwischen 21. Dezember und 21. Juni), so wird sie ihren höchsten Stand erst nach ihrem Durchgang durch den Meridian — welcher letztere für die Zeitbestimmung allein in Frage kommt — erreichen, bei abnehmender Deklination (21. Juni bis 21. Dezember) dagegen etwas vor der Kulmination (im engeren Sinne)[71]). Infolge davon wird (bei zunehmender Deklination) am Nachmittage etwas längere Zeit bis zum Herabsinken der Sonne auf die gleiche Höhe verstreichen als sie Vormittags bis zur Erreichung des Meridians gebrauchte. Nennt man diese Verzögerung dt, so bezeichnet man mit dt: 2 die sog. Mittagsverbesserung. Es ist dies die Zeit, um welche die Sonne vor ihrem höchsten Stand schon durch den Meridian geht. Demnach ist der wahre Mittag des Orts

$$U = \frac{U_1 + U_2}{2} - \frac{dt}{2}.$$

Die Grösse dt steht in gewisser Abhängigkeit von der jeweiligen Deklination der Sonne. Berücksichtigt man endlich noch die Zeitgleichung und deren stündliche Aenderung, so lässt sich bei annähernder Kenntnis des Längenunterschiedes die mittlere Ortszeit berechnen. — Bei Zeitbestimmungen aus korrespondierenden Sternhöhen ergibt das Mittel aus den Uhrständen sofort die Kulminationszeit des beobachteten Sterns und damit die Ortssternzeit, weil die (aus den Jahrbüchern zu entnehmende) gerade Aufsteigung eines Sternes der Sternzeit seiner Kulmination entspricht (§ 34). Hier bietet die Umrechnung auf mittlere Greenwicher Zeit etwas grössere Schwierigkeit.

§ 49. Zonenzeit und Datumgrenze. Bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts herrschte im bürgerlichen Leben ziemlich allgemein die Rechnung nach wahrer Sonnenzeit. Die Sonnenuhren an den Kirchtürmen zeigen sie an. Seit die ersten mehr und mehr durch Pendeluhren von gleichmässigem Gang ersetzt

[70]) S. Tietjen in Neumayers Anleitung zu Beobacht. auf Reisen 1888, I, 20ff. — [71]) Man beachte, dass das Wort Kulmination zwei Bedeutungen hat, im allgemeinen die Erreichung des höchsten Standes über dem Horizont, im engern Sinn den Durchgang durch den Meridian.

wurden, und der Gebrauch der Taschenuhren sich ausbreitete, ist man zur mittlern Sonnenzeit übergegangen, und es war das Bestreben der Uhrmacher, den Gang der Uhren eines Ortes möglichst nach dem seinem Meridian zukommenden „mittleren Mittag" zu berichtigen. Die Ortszeit wechselt naturgemäss bei jeder Ortsbewegung in westlicher oder östlicher Richtung. Unsere Uhr bleibt gegen die Ortszeit eines ostwärts gelegenen Punktes zurück, sie eilt gegen diejenige eines im Westen gelegenen voraus. Störend werden diese stetigen Abweichungen der Ortszeiten im Verkehrsleben erst empfunden, seitdem man in den Eisenbahnen über ein so schnelles Beförderungsmittel verfügt, dass selbst Unterschiede von wenigen Minuten bei Berechnung der Fahrzeiten schon ins Gewicht fallen. Allmählich wurde die Aufstellung der Fahrpläne eine immer verwickeltere Aufgabe. Gesetzt, drei Orte *A, B, C* liegen auf dem 50. Breitenparallel je in der Entfernung eines Längengrades (ca. 72^{km}), so weichen die Ortszeiten je um 4^m ab. Fahren zwei Züge mit gleicher Geschwindigkeit von *B* in entgegengesetzter Richtung nach *A* und *C* um 3^h ab, und gebrauchten sie dazu genau je zwei Stunden, so ist die Ortszeit im östlich gelegenen Ort *C* schon $5^h\ 4^m$, im westlich gelegenen *A* erst $4^h\ 56^m$. Um diesen scheinbaren Widersprüchen zu begegnen, die gelegentlich die Sicherheit des Verkehrs schädigen können, haben viele Staaten die Ortszeit der Hauptstadt oder eines mehr dem Mittelmeridian nahe gelegenen Ortes, (z. B. Prag für Oesterreich [ohne Ungarn]), zur Normalzeit für das gesamte Verkehrswesen des ganzen Landes gemacht. Diese sog. Nationalzeit ist dann vielfach auch im bürgerlichen Leben unter Aufgabe der Ortszeit angenommen.

Bei der ausserordentlichen Entwickelung des internationalen Verkehrs wirkt die Vielheit der Nationalzeiten und die Ungleichheit der Zeitsprünge, welche man bei Ueberschreitung der Staatsgrenzen zu beachten hat, jedoch noch immer lähmend genug. Diesem Uebelstand soll nach allgemeiner Einführung des Greenwicher Meridians die Einführung der Zonenzeit[72]) begegnen. Man hat damit in den Vereinigten Staaten, deren Gebiet sich über Strecken von mehr als 5^h Zeitdifferenz hinzieht, und in Europa begonnen. Es bildet hiernach noch neben dem Nullmeridian je der 15. Meridian östlich und westlich von Greenwich für einen im allgemeinen 15 Längengrade umfassenden Meridianstreifen den ausschlaggebenden Meridian in betreff der Zonenzeit[73]). Die Vielheit der Nationalzeiten wird dann durch das einfache Prinzip ersetzt, dass die Normalzeiten benachbarter Längszonen sich immer um eine volle Stunde unterscheiden (da 15^0 im Bogen = 1 Stunde in Zeit). In Sprüngen von einer Stunde Zeitdifferenz überschreitet man ihre Grenzen. Aus Zweckmässigkeitsgründen begrenzt man die Zonen übrigens nicht durch die entsprechenden Zwischenmeridiane ($7^1/_2{}^0$ W. v. Greenw., $7^1/_2{}^0$ O., $22^1/_2{}^0$ O., $37^1/_2{}^0$ O. u. s. f.), sondern durch die nahe denselben gelegenen Landesgrenzen. Westeuropäische (Greenwicher) Zeit sollten hiernach neben Grossbritannien und Irland, den Niederlanden, Belgien und Spanien auch Frankreich und Portugal annehmen; nach mitteleuropäischer Zeit[74]) rechnen die skandinavischen Länder, das Deutsche Reich, die Schweiz,

---

[72]) Vergl. E. v. Hesse-Wartegg, Die Einheitszeit nach Stundenzonen, Leipzig 1892, mit Karte; G. Richieri, L'Italia e l'unificazione mondiale del tempo col sistema dei fusi orari, Milano 1892, mit Karte. — [73]) Wenn der Ausdruck „Zone" für solche nach N. u. S. sich zuspitzende Meridianstreifen freilich in der Geographie nicht üblich ist, so ist zu bedenken, dass für die Kulturländer nur die breiten Mittelstücke solcher Meridianstreifen in Betracht kommen und ein übersichtliches Bild fast nur von Weltkarten in Mercatorprojektion abgenommen werden kann, auf der die auf der Kugel sich zuspitzenden sphärischen Zweiecke als Parallelstreifen erscheinen. — [74]) Man bezeichnet sie in Deutschland wohl als Stargarder Zeit. Richtiger sollte man sie Görlitzer Zeit nennen, da Görlitz weit bekannter und dem 15.° ö. v. Gr. näher liegt, als Stargard in Pommern.

Italien, Oesterreich-Ungarn, Serbien und die westl. Türkei; nach osteuropäischer Zeit dagegen Russland, Rumänien, Bulgarien und östl. Türkei. Im Deutschen Reiche ist die Einheitszeit seit 1. April 1893 gesetzlich eingeführt. Für die Ostgrenzen Preussens (ca. $22^1/_2$ O. v. Gr.) beträgt der Zeitunterschied gegen Ortszeit ca. 30^m, für die Westgrenzen der Rheinprovinz und Lothringens (6^0 O. v. Gr.) sogar 36^m, eine Verschiebung, die im wirtschaftlichen Leben allerdings schon sehr empfindlich verspürt wird.

Datumsgrenze. Ein jeder Ort auf der Erde wechselt das Datum, mit welchem er die aufeinanderfolgenden Tage bezeichnet, in dem Augenblick, in welchem der Mitternachtmeridian über den Ort hinweggeht. Die beiden Hälften der Erde haben also immer ein um einen Tag verschiedenes Datum. Da nun bei jeder Erdumsegelung eines ostwärts fahrenden Schiffes die Ortszeit der erreichten Punkte der Schiffsuhr stets voraus ist, oder das Schiff einen Tag (d. h. die Zeit von einem Mittagsstand der Sonne bis zum nächsten) in weniger als 24^h zurücklegt, nämlich um 4, 8, 12 . . . Minuten, je nachdem es im Laufe des Etmal (S. 53) 1, 2, 3 . . . Längengrade durchlaufen hat, so wird demselben gewissermassen bei der Vollendung der Fahrt ein ganzer Tag (360 . 4 Min. $= 24^h$) abhanden gekommen sein, und das Schiff wird in dem Ausfahrtshafen mit einem Datum ankommen, welches gegen das dort ortsübliche um einen Tag voraus ist. Zum Ausgleich muss die Mannschaft daher irgend einen Tag während der Fahrt doppelt zählen, um wieder in das richtige Zählen zu kommen. — Umgekehrt vergehen für ein westwärts fahrendes Schiff mehr als 24^h von einem Mittag bis zum andern, und zwar wieder um 4, 8, 12 . . . Min., je nachdem das Schiff in der Zwischenzeit 1, 2, 3 . . . Längengrade überschritten hat. Die Zeitrechnung auf solchem Schiffe ist also in diesem Fall der ortsüblichen voraus (oder die Ortszeit der erreichten Punkte hinkt der Zeitrechnung im Schiff nach), und wenn dasselbe zum Ausgangspunkt zurückgekehrt ist, haben sich diese Zeitverhältnisse zu einem vollen Tage summiert. Um also in diesem Falle wieder zur gewohnten Rechnung der Heimat überzugehen, muss das Schiffsbuch einen vollen Tag überspringen[75]). An sich steht es jedem frei, diese Doppelrechnung oder die Auslassung eines Tages an einem beliebigen Punkt der Reise vorzunehmen, jedoch ist es üblich geworden, dies bei der sogenannten Datumsgrenze zu tun, die man längs des $180.^0$ von Gr. von der Beringstrasse durch den Grossen Ozean gezogen hat. Die Orte östlich derselben sind also denen im Westen um einen ganzen Tag in der Zeitrechnung voraus, und jedes Schiff, welches diese Linie überschreitet, verfährt mit dem Wechsel des Datums wie oben beschrieben.

Es haben sich jedoch nicht alle Nationen sogleich über diese Linie geeinigt; eine Ausnahme machten bis 1844 die Philippinen, die, obwohl beträchtlich westlich

[75]) Zum ersten Male ward diese Erfahrung von den nach Spanien zurückkehrenden Gefährten des Magalhães 1522 gemacht, die nach ihrer Rechnung an einem Mittwoch zu den Kapverdischen Inseln zurückkehrten, während man dort bereits Donnerstag zählte. Sie hatten eben bei ihrer Westfahrt den erforderlichen Tag nicht übersprungen. S. Pigafettas Beschreibung der 1. Reise um die Welt, deutsch nach der Amorettischen Ausgabe, Gotha 1801, 235.

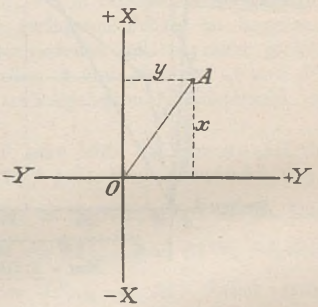
des 180.° L. ö. v. Gr. gelegen, noch lange das in Amerika geltende Datum beibehielten und dadurch die Datumsgrenze zu einer nach Westen stark ausgebogenen machten [76]).

§ 50. Geodätische Ortsbestimmung. Die ersten Elemente einer auf terrestrischem Wege erfolgenden Bestimmung gegenseitiger Ortslagen haben wir in dem Abschnitt über die Orientierung auf dem Horizonte bereits vorweg genommen (§ 28 — 30). Wir sahen den letztern als eine Ebene an. Welchen Teil einer Kugelfläche man ohne merklichen Fehler noch als eine Ebene betrachten darf, hängt einerseits von der Grösse der Kugel, andererseits von dem Grade der Genauigkeit ab, den man bei Abmessungen erreichen will. In der niedern Feldmesskunst wird man bei Messungen im horizontalen Sinne oder sog. Lagemessungen ein Gebiet von etwa 100^{qkm} oder 10^{km} Durchmesser als Ebene betrachten dürfen, d. h. ungefähr das Stück der Meeresfläche, das man von 2^{m} Höhe über dem Wasserspiegel gleichzeitig übersehen kann (S. . .) [77]).

Indem wir bisher die Lage eines beliebigen Punktes vom Mittelpunkt des Horizonts oder unserm festen Standpunkt aus durch Azimut und geradlinige Entfernung bestimmten, legten wir der Betrachtung ein sog. Polar-Koordinatensystem mit dem Meridian als der Achse desselben zu grunde. Bei den Ortsbestimmungen, zu denen wir jetzt übergehen, pflegt man von rechtwinkeligen Koordinaten (x und y) auszugehen, wobei man sich über die Richtung der X- und Y-Achse verständigen muss. Die Mehrzahl deutscher Vermessungen verlegt den positiven Zweig der X-Achse in die Nordrichtung, die $+Y$-Achse nach Osten [78]), dann sind, wenn $XOA = \alpha$ das Azimut oder den Richtungswinkel, $OA = s$ die geradlinige Entfernung eines Punktes vom Nullpunkt des Koordinatensystems bezeichnet, stets (Fig. 17)

$$x = s \,.\, \cos\alpha \text{ und } y = s \,.\, \sin\alpha.$$

Fig. 17.



Mittelst geodätischer Operationen kann man nun nach allen Seiten über den ursprünglichen natürlichen Horizont hinauswandern, doch immer nur soweit, als es möglich ist, entferntere Objekte wenigstens noch durch Winkelmessungen mit bereits festgelegten Punkten zu verbinden, auch wenn man mit Massstäben nicht mehr zu jenen gelangen kann.

Auf diese Weise kann man unzugängliche Berggipfel festlegen und selbst Meeresstrassen noch überschreiten. Mittelst des elektrischen Lichts gelang es sogar, Spanien noch mit den Balearen und mit Algerien

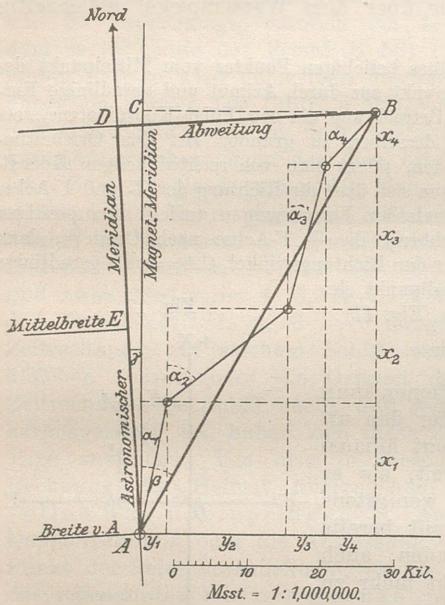
---

[76]) S. Günther, Math. Geogr. 1890, 241. Irrtümlich wird von Wislicenus (Geogr. Ortsbest. 1891, 17) noch die alte Datumsgrenze als zur Zeit bestehend beschrieben. Die heutige weicht erheblicher nur im Gebiete des Beringsmeeres, wo die Tschuktschen-Halbinsel das westliche, die Aleuten das östliche Datum haben, vom 180.° ab. Im Süden zieht sie etwas östlicher desselben, zwischen den Fidschi-Inseln und Tonga-Inseln und an der Ostseite der Chatham-Insel entlang. (Atlas, Taf. X.) — [77]) Bohnenberger nahm zu Anfang des 19. Jahrh. ein Gebiet von 200 ^{qkm} als ein noch für eine Ebene anzusehendes an, Jordan (Handbuch II, § 1) dagegen nur ein solches von 1 Q.-Meile = 55 ^{qkm} Fläche. — [78]) Jordan a. a. O. II., 4. Aufl. 1893, 225, 6. Aufl. 1904, 258.

geodätisch zu verbinden, also auf Strecken bis zu 270 km Länge [79]). Bei der Vermessung Nordamerikas sichtete man sogar vom Mount Uncompahgre im Felsengebirge (38° N.) bis Mount Ellen direkt auf 294 km [80]) oder fast $2^2/_3$° im Bogen.

Das Charakteristische einer geodätischen Ortsbestimmung gegenüber einer astronomischen ist also, dass zu den Winkelabständen stets irgend eine auf der Erde abgemessene Strecke hinzugenommen werden muss und sich demnach ihre einzelnen Lagebestimmungen kettenförmig aneinander schliessen, nicht sprungweise wie bei der astronomischen, gewonnen werden können. Ein System solcher Messungen nennt man kurzweg eine Vermessung oder eine Aufnahme. Je nach dem Zweck einer solchen kann man verschiedene Formen oder Stufen geodätischer Ortsbestimmung unterscheiden; für die Geographie kommen hauptsächlich die folgenden in Betracht:

Fig. 18.



Wegeaufnahmen [81]). Ein sehr grosser Teil unserer Kenntnisse von der Oberflächengestaltung der Erde, wie sie uns die Landkarten bieten, beruht auch heute noch auf geodätischen Ortsbestimmungen einfachster Art, nämlich den sog. Wege- (auch Routen-, Itinerar-) Aufnahmen einzelner Reisenden. Indem ein solcher seinen Weg mittelst Marschzeit und Kompasspeilung „aufnimmt", bestimmt er zahlreiche Punkte desselben durch Richtungs- und Entfernungsschätzungen. Die Peilungen pflegt man auf je 5° abzurunden.

Entwirft man sich dann einen beliebigen Linienmassstab für die Marschzeit (z. B. 1 mm für je $^1/_4$ Stunde), so kann man unschwer graphisch das Itinerar zu Papier bringen, sei es unmittelbar mittelst eines Winkeltransporteurs, sei es durch vorherige Berechnung der beiden rechtwinkeligen Koordinaten, in welche sich jede Teilstrecke s vom

[79]) S. Geogr. Jahrb. IX, 1882, 47. Bull. Soc. géogr. de Paris, 1891, 184; mit Karten. Man visierte Nachts vom Mulhazen (Sierra Nevada) zum Berg Filhaussen (nordwestl. von Tlemsen) in Algerien. — [80]) Jordan, Handb. d. Verm. III, 5. Aufl. 1907, 18. — [81]) Vergl. Zöppritz, Kartenentwurfslehre, 1884, 119—132; Jordan, Handbuch II, besonders aber die sehr klaren Darlegungen Jordans (Topogr. und geogr. Aufnahmen) in Neumayers Anleitung zu wiss. Beob. auf Reisen, 2. Aufl., 1889, I, 40—68, in 3. Aufl. 1906, 74—103 umgearbeitet von F. Vogel; umfassende Literaturangaben über alle einzelnen Aufgaben bei E. Hammer und A. Marcuse, Geogr. Jahrb. XXII, XXV, XXVIII.

gleichen Richtungswinkel α zerlegen lässt[82]). Das Eintragen in ein quadriertes Papier, dessen Maschen man zur Marschzeit oder Wegelänge in Beziehung setzt, erleichtert die Sache. Auch ist es zweckmässig, zunächst den magnetischen Meridian dabei zur X-Achse zu nehmen, sodass α durchweg dem magnetischen Azimut entspricht.

Um dann zu erkennen, wohin uns nach geographischer Breite und Länge der ganze Tagesmarsch vom Ausgangspunkt A aus geführt hat, fasst man (Fig. 18) die durchlaufende Zickzacklinie erst in eine Gerade AB mit einem Azimut β zusammen. Bedeuten x_1, x_2, x_3, x_4 . . die Teilabszissen, y_1, y_2, y_3, y_4 . . . die Teilordinaten für die Teilstrecken s_1, s_2, s_3 . . ., so wird das magnetische Mittelazimut β aus Dreieck ABC gefunden durch

$$\operatorname{tang} \beta = \frac{BC}{AC} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 \ldots}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \ldots}$$

Ebenso ergibt sich die direkte Entfernung $S = AB$, sei es auf trigonometrischem Wege aus

$$S = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{\sin \beta} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{\cos \beta}$$

oder auf geometrischem Wege aus

$$S = \sqrt{(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)^2 + (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)^2}.$$

Das astronomische Azimut der Linie AB erhält man durch Vergrösserung oder Verkleinerung von β um den Winkel der magnetischen Misweisung γ, je nachdem diese östlich (wie in der Fig.) oder westlich ist. Dann stellt der Ausdruck

$AD = S \cos (\beta \pm \gamma)$ die Fortbewegung in Breite (von A aus), und

$BD = S \sin (\beta \pm \gamma)$ die Fortbewegung in Länge oder die Abweitung dar.

Bisher war S noch in Marschzeit ausgedrückt, die man nunmehr leicht in Kilometermass umsetzt (§ 30). Die geographische Breite von B kann man allerorts genügend genau nach dem Verhältnis $1^0 = 111{,}_1$ km in Bogenmass verwandeln. Für die Abweitung (§ 40) wählt man, um den geringsten Fehler zu begehen, (weil ja die Meridiane von A und B in den verschiedenen Breiten nicht gleich weit abstehen), stets die Mittelbreite zwischen A und B (bezw. A und D) behufs Umrechnung der nach Ost (oder West) zurückgelegten Kilometerzahl in Länge.

Gesetzt, A läge auf 52° 30′ Nordbreite und man hätte die Strecke AB zu 66 km, das astronomische Azimut $(\beta + \gamma)$ zu $32\,{}^1/_2{}^0$ gefunden, so befindet man sich in B um $\frac{66\text{ km} \cdot \cos 32\,{}^1/_2{}^0}{111\text{ km}} = 0^0{,}_5 = 30'$ weiter im Norden, also in 53° N. Die Mittelbreite in E ist also 52° 45′. Für diese misst ein Längengrad 67 km, folglich liegt das Ziel des Marsches $\frac{66\text{ km} \cdot \sin 32\,{}^1/_2{}^0}{67\text{ km}} = 0^0{,}_{53} = 32'$ östlich vom Meridian von A.

Das Kursdreieck hat in ähnlicher Weise für den Seemann den Zweck, ihm eine Kenntnis seiner geographischen Position am Ende einer Tagesfahrt zu verschaffen. Er entwirft aus dem gesteuerten Kurs und der durchsegelten Distanz immer ein ebenes (nicht ein sphärisches) Dreieck und setzt die gutgemachte „Abweitung“ immer, wie oben gezeigt, nach Mittelbreite in Länge um[83]). Man nennt dies die sog. Besteckrechnung.

---

[82]) Man besitzt Tafeln für $s \sin \alpha$ und $s \cos \alpha$. Jordan gibt solche für die um je 5° wachsenden Winkel α und $s = 1, 2, 3, \ldots 60$ Zeitminuten in Neumayers Anleitung (s. vor. Anm.). — [83]) Vergl. Breusing, Steuermannskunst, 6. Aufl., 1902, 145.

Es ist klar, dass das an sich rohe Verfahren manche Fehlerquellen in sich birgt, und die einfache „Routenkonstruktion" uns keineswegs immer an die etwa vom Reisenden selbst astronomisch festgelegten Punkte führt. Es bedarf also zur Einpassung solcher Wegeaufnahmen in eine Landkarte mancher Berichtigungen und Reduktionen, die man nach Streckenlänge und Richtungswinkel oft über die ganze Linie des Itinerars verteilen muss.

Aufnahme entfernter Objekte (Küsten-Aufnahmen). Wenn man markante geographische Objekte, wie Kirchtürme, Küstenvorsprünge, Bergspitzen, von mehreren Punkten aus peilt, deren Entfernung und gegenseitige Lage bekannt sind oder längs des Weges (der Fahrt) in der eben geschilderten Weise bestimmt werden können, und die Peilstrahlen in eine Zeichnung aufträgt, so wird durch den Schnittpunkt der letztern auch die Lage jener fernen Stellen des umgebenden Geländes bestimmt. Freilich bedarf es dazu schon schärferer Beobachtungen als der rohen Abschätzung am Kompass; sonst schneiden sich die entsprechenden Peilstrahlen nicht in einem Punkt, und es bleibt die Lage des gesuchten Objekts damit zu unbestimmt. Auch ist ein genügender Abstand der Beobachtungspunkte erforderlich, damit die gepeilten Winkel möglichst stark von einander abweichen. Wenn dies Verfahren bei Landreisenden, welche die längs ihres Weges beobachteten Bergspitzen dem Itinerar beifügen, geringere Bedeutung hat, so ist es die Grundlage für die sog. Küstenvermessungen[84]), soweit sie vom Bord der an Küsten stationierten Schiffe ausgehen. Die Beobachtungen werden hierbei selbstverständlich mit den genauesten Instrumenten ausgeführt. Die eigentliche Schwierigkeit liegt in der genauen Bestimmung der einzelnen Schiffspositionen, von denen aus die nämlichen Küstenpunkte gepeilt werden.

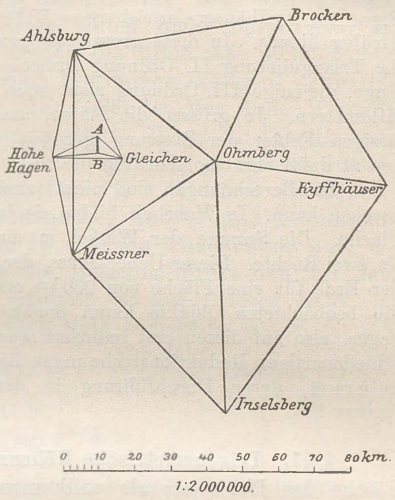
Neuerdings benutzt man auch die sog. Photogrammetrie oder Bildmesskunst, um mittelst photographischer Aufnahmen derselben Gegend von verschiedenen Standpunkten aus zur Kenntnis der Lage entfernter, besonders auch schwer zugänglicher Objekte zu gelangen. Es werden dabei Apparate vorausgesetzt, die ein möglichst richtiges geometrisches Bild erzeugen[85]).

Triangulierung. Mit Aufnahmen der oben geschilderten Art begann im 16. Jahrhundert die Reform des deutschen Kartenwesens. Seb. Münster (1528) und Peter Apian (um 1530) gingen damit voran, indem sie die Bussole zur Herstellung von Umgebungskarten ihrer Wohnorte verwandten. Jedoch bedurfte es eines weitern Jahrhunderts, um dem an sich so einfachen Prinzip einer Verbindung aller markanten Punkte eines Landstriches durch ein Dreiecksnetz oder der Methode der Triangulierung zum Durchbruch zu verhelfen. Man weiss, dass alle Stücke eines Dreiecks bestimmt sind, wenn neben den Winkeln eine Seite bekannt ist. Es handelt sich also bei der Triangulierung zunächst darum, an einer oder mehreren (für die Messoperation

[84]) S. Handb. f. Küstenvermessungen, herausg. v. Reichsmarineamt. Berlin 1906. — [85]) O. Koppe, die Photogrammetrie, Weimar 1889; S. Finsterwalder, die Photogrammetrie als Hülfsmittel der Geländeaufnahme in Neumayers Anleitung, 3. Aufl., I, 1905, 165—202; Finsterwalder, „Photogrammetrie" in der Encyklopaedie des mathemat. Wissenschaften Bd. VI_1, Heft 1. Leipzig 1906.

günstigen) Stellen eine Strecke — die sog. Grundlinie (Basis, Standlinie) — mit aller Schärfe der Längenausmessung zu bestimmen. Im übrigen verbindet man die Endpunkte dieser Grundlinie durch Winkelmessungen mit anderweitigen Punkten zu Dreiecken, um die Grösse der einzelnen Dreieckseiten alsdann durch Rechnung zu finden. (In Fig. 19 ist *AB* die 1880 bei Göttingen gemessene Grundlinie von 5193 m Länge.) Darauf legt man durch fernere Winkelmessungen weitere Dreiecke an die äusseren Seiten der eben bestimmten an und fährt so fort, bis das ganze Land mit einem vollen Dreiecksnetz überzogen ist, in welchem man alle Seiten und Winkel gegenseitig durch Beobachtung bezw. Rechnung nachprüfen kann. Der springende Punkt ist also bei der Triangulation, dass die Längenmessung, die ja ungleich schwieriger und umständlicher ist als die Winkelmessung, auf die Ausmessung einiger weniger Grundlinien beschränkt wird. Alle andern Abstände kann man alsdann durch Rechnung finden.

Fig. 19.



Die erste Durchführung dieses Prinzipes verdankt man dem Niederländer Snellius (1615)[86]), der damit der Vater der heutigen Landesvermessung geworden ist; er wandte die Methode zum Zweck einer Gradmessung an. Bald darauf überzog der Schwabe Schickhart (1634—35)[87]) das Herzogtum Württemberg mit einem solchen Dreiecksnetz behufs Herstellung einer Karte.

Die Landesvermessungen im heutigen Sinn[88]), gegründet auf astronomischer Ortsbestimmung wichtiger Hauptpunkte und der Triangulierung, die bei sorgfältiger Durchführung weit über die Kräfte eines Einzelnen geht, hat man für einige Staaten Europas noch im 18. Jahrhundert in Angriff genommen, für die meisten erst im letzten. Mehrfach hat man sie bereits wiederholt, um genauere Resultate zu erhalten. Weitaus die grössten Gebiete der Erde harren noch der Vermessungen; wo sie vollendet sind, bilden sie die eigentliche Grundlage der topographischen Karten (§ 7).

Die Länge der gemessenen Grundlinien, deren Zahl heute schon auf rund 150 angenommen werden kann, schwankt; sie mag durchschnittlich 6 km, höchstens

---

[86]) In seiner Schrift: Eratosthenes Batavus seu de terrae ambitus vera quantitate, Lugd. Bat. 1617, 156 ff. — [87]) S. Württemb. Jahrbücher f. Statistik und Landeskunde, 1893. — [88]) S. Jordan, Handbuch d. Verm.-Kunde III, 5. Aufl., 1907; Kahle, Landesaufnahme und Generalstabskarten, Berlin 1893; C. Koppe, Die neuere Landestopographie, Braunschweig 1900.

12 km betragen[89]). Mit den heutigen Hülfsmitteln kann man sie bis auf 1:700000 ihrer Länge genau bestimmen. Je nach der Grösse der Dreiecke unterscheidet man die Triangulierungen verschiedener Ordnungen. Diejenige I. Ordnung ruht meist in den Händen astronomisch durchgebildeter Geodäten. Die Dreieckseiten pflegen zwischen 20—50 km zu schwanken, greifen aber in Einzelfällen (siehe Figur 19, Kyffhäuser-Inselsberg = 78 km, vergl. auch Spanien-Algier (S. 92) weit darüber hinaus. In diese grossmaschigen Netze der Punkte I. Ordnung legt dann die Triangulierung II. Ordnung Dreiecke von etwa 6, 8, 10 km und mehr Seitenlänge, diejenige III. Ordnung zieht noch engere Maschen mit Seiten von wenigen Kilometern. Je grösser die Seiten, um so enger müssen die Grenzen der zulässigen Fehler der Messung gezogen werden. Jede Klasse von Landmessern besitzt dafür ihre Vorschriften.

Die Berechnungen sind nicht schwierig, so lange man die Dreiecke als eben ansehen kann. In Wahrheit bilden sie ja sämtlich Teile einer doppeltgekrümmten Fläche. Die Summe der Winkel in einem sphärischen Dreieck ist stets grösser als zwei Rechte. Dieser Ueberschuss, der sog. sphärische Exzess, beträgt bei der Erde für eine Fläche von 200 km erst 1 Bogensekunde[90]). Dazu kommt, dass die beobachteten Objekte kaum jemals in einer zum Horizont parallelen Ebene liegen, also auf diesen erst reduziert werden müssen; kurz, in der Fülle der verschiedenartigen Reduktionsrechnungen liegt die Schwierigkeit jeder genauen Triangulierung, deren Durchführung in den grossen Staaten viele Jahrzehnte erfordert hat.

§ 51. Trigonometrische Höhenmessung[91]). Bisher haben wir uns die Fläche des Horizonts als vollkommen eben und die auf ihr zu beobachtenden Objekte als unmittelbar in dieser Ebene oder in gleicher Höhe mit unserem Auge gedacht. Das wird in den seltensten Fällen

Fig. 20.

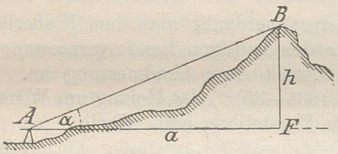
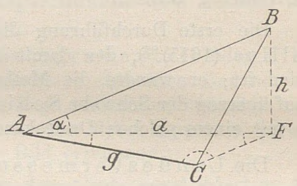


Fig. 21.



eintreten, im allgemeinen wird eine Sehlinie nach einem entfernten Punkt mit der Ebene des Horizonts einen Winkel bilden, den man Höhenwinkel nennt. Dieser liegt immer in einer zum Horizont senkrechten Ebene, und alle Winkelmessinstrumente, welche sich in eine Vertikal-Lage bringen lassen, werden sich daher zur Messung des Höhenwinkels eignen. Das wichtigste unter diesen ist der Theodolit (§ 44). Die Höhe eines Punktes über dem Horizont h stellt sich als Perpendikel auf denselben dar oder als die dem Höhenwinkel α gegenüberliegende Kathete in dem sog. Höhendreieck. Zur Bestimmung dieser Höhe in absolutem Masse bedarf es neben der Kenntnis des Höhenwinkels noch derjenigen einer Linie. Ist a die Entfernung des

[89]) Jordan, Handbuch III, 1907, 142. — [90]) Jordan, II, 251. — [91]) Jordan, II, 1904, § 128—143.

Fusspunktes des Höhenperpendikels vom beobachtenden Auge, so besteht die Grundgleichung

$$h = a \cdot \text{tang } \alpha.$$

Die Schwierigkeit einer solchen Bestimmung liegt hiernach zunächst darin, dass man in den meisten Fällen nicht unmittelbar an den Fusspunkt F wird gelangen, demnach die Linie AF nicht direkt durch Abschreiten oder Abmessen wird bestimmen können. Dies ist insbesondere bei allen Gipfelpunkten des Geländes der Fall. Da gilt es denn, die Linie AF auf trigonometrischem Wege zu bestimmen, indem man die Punkte A und B mit einem günstig gelegenen dritten Punkte C zu einem Dreieck verbindet (Fig. 21). AC muss als Grundlinie g der Triangulierung direkt abmessbar, und A und B müssen von C aus sichtbar sein. Stellt man in C einen Theodoliten auf, so erhält man bekanntlich (§ 44) durch die Messung direkt den auf den Horizont reduzierten Winkel ACF. Alsdann ist aus Dreieck ACF, in welchem $F = 180 - (A + C)$ ist, nach dem Sinussatz

$$a : g = \sin AFC : \sin AFC \text{ oder } a = g \cdot \frac{\sin ACF}{\sin AFC}, \text{ also aus (1)}$$

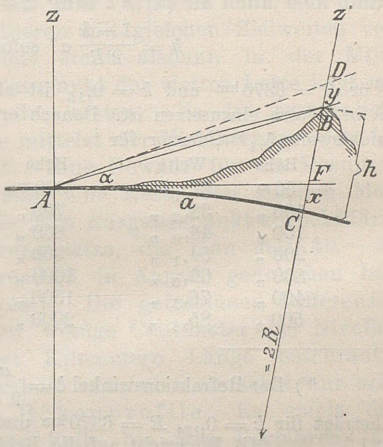
$$h = g \cdot \frac{\sin ACF}{\sin AFC} \text{ tang } \alpha. \qquad (2)$$

Indessen ist dies Verfahren nur bei mässigen Entfernungen anwendbar. Sehr bald macht sich die Wirkung der Erdkrümmung fühlbar, indem sie gleichsam den Fusspunkt F um $FC = x$ (Fig. 22) von der Horizontalen nach unten bis an die gekrümmte Oberfläche herabrückt; diese Grösse x muss also zur gemessenen Höhe hinzugefügt werden. Andererseits ist die Wirkung der Strahlenbrechung $BD = y$, die man im allgemeinen zu $^1/_8$ derjenigen der Erdkrümmung annehmen kann (§ 45, 2), in Abzug zu bringen. Es ist also die Formel jetzt aus drei Gliedern zusammengesetzt

$$h = DF + FC - BD \text{ oder}$$
$$h = a \cdot \text{tang } \alpha + x - y. \qquad (3)$$

Die Abhängigkeit der Werte x und y von der Grösse der Entfernung oder der Länge des Bogens a ergibt sich aus den Formeln[92])

Fig. 22.



[92]) Der Wert (S. 98) ergibt sich aus der Proportion (Fig. 22)

$$x : a = a : (2R + x),$$

welche besteht, weil Bogen a bei seiner Kleinheit im Verhältnis zum Erdumfang ohne merklichen Fehler gleich der Tagente AF gesetzt werden kann. Ferner verschwindet x gegen den Erddurchmesser $2R$. (Vergl. den Abschnitt über die Kimmtiefe, § 45_3).

$$x = \frac{a^2}{2R} \text{ und } y = \frac{a^2}{2R} k,$$

wobei k ($= {}^1/_8$ oder $= 0{,}_{13}$) den mittleren Refraktionskoeffizienten (§ $45{,}_2$) darstellt[93]). Es geht damit die Gleichung (3) über in

$$h = a \text{ tang } \alpha + \frac{a^2}{2R} - \frac{a^2}{2R} k$$

und endlich wird die (den meisten Fällen genügende) Hauptformel trigonometrischer Höhenmessung

$$h = a \text{ tang } \alpha + \frac{1-k}{2R} a^2, \qquad (4)$$

in welcher man $\left(\frac{1-k}{2R}\right) a^2$ die Horizontkorrektion zu nennen pflegt.

Für $k = 0{,}_{13}$ und einen Erdradius von 6370 km wird letztere immerhin schon 7 cm ($= 0{,}_{07}$ m) für Entfernungen von 1 km betragen, sie steigt bei 4 km auf 1 m, bei 10 km auf 7 m, bei 20 km auf 27 m, bei 50 km auf 171 m u. s. f. Wie manche unerstiegene Gipfel sind trigonometrisch aus solchen Entfernungen gemessen worden! Bei feineren Messungen sind selbstverständlich weitere Korrektionen der Refraktion je nach Beschaffenheit der Atmosphäre anzubringen.

Die Aussichtsweite. Aus der Formel der trigonometrischen Höhenmessung (4) ergibt sich ohne weiteres auch die Grösse des sphärischen Radius (a) für die Kugelkappe, die wir bei einer gewissen Erhebung über dem Horizont überschauen können. In diesem Falle ist, da wir nach dem Grenzkreis (der Kimm) schauen, Winkel $\alpha = 0$ und also auch in (4) a . tang $\alpha = 0$. Dann folgt aus

$$h = \frac{1-k}{2R} a^2 \text{ sofort } a = \sqrt{\frac{2R}{1-k}} \cdot \sqrt{h}.$$

Für $R = 6370$ km und $k = 0{,}_{13}$ ist also a in Kilometern $= 3{,}_{827} \cdot \sqrt{h}$, wobei h in Metern einzusetzen ist. Danach ergibt sich für $h = 2$ m als Radius der Aussichtsweite $5{,}_4$ km, ferner für

Höhe	Weite	Höhe	Weite	Höhe	Weite
50 m	$27{,}_1$ km	600 m	$93{,}_7$ km	3000 m	$209{,}_6$ km
100 „	$38{,}_3$ „	700 „	$101{,}_3$ „	4000 „	$242{,}_0$ „
150 „	$46{,}_9$ „	800 „	$108{,}_2$ „	5000 „	$270{,}_6$ „
200 „	$54{,}_1$ „	900 „	$114{,}_8$ „	6000 „	$296{,}_4$ „
300 „	$66{,}_3$ „	1000 „	$121{,}_0$ „	7000 „	$320{,}_2$ „
400 „	$76{,}_5$ „	1500 „	$148{,}_2$ „	8000 „	$342{,}_3$ „
500 „	$85{,}_6$ „	2000 „	$171{,}_1$ „	9000 „	$363{,}_0$ „

[93]) Der Refraktionswinkel $\delta = \frac{a}{2R} k$ (§ $45{,}_2$) ist in jedem Falle sehr klein; er beträgt für $k = 0{,}_{13}$, $R = 6370$ km und $\alpha = 1, 2, 5, 10$ km . . nur je 2", 4", 11", 21" . . . . Mit Rücksicht auf die Refraktion geht die Höhenformel über in

$$h = a \text{ tang } \alpha - y = a \text{ tang } (\alpha - \delta).$$

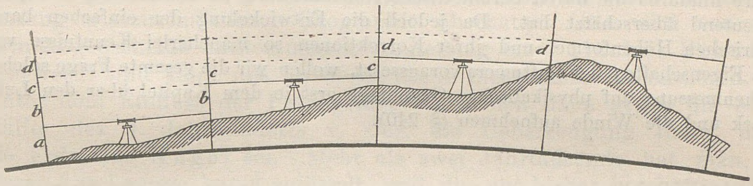
Entwickelt man diese Formel in bekannter Weise, so wird, weil man bei sehr kleinen Winkeln diese selbst statt der trigonometrischen Tangente setzen kann,

$$h = a \text{ tang } (\alpha - \delta) = a \,[\text{tang } \alpha - \delta], \text{ also, weil } \delta = \frac{a}{2R} k,$$

$$h = a \left[\text{tang } \alpha - \frac{a}{2R} k\right] = a \text{ tang } \alpha - \frac{a^2}{2R} k.$$

§ 52. Die Nivellierung. Ein Verfahren, das früher nur im Wegebau und in der niederen Feldmesskunst eine Rolle spielte, wo es galt, Abfall oder Steigung eines Weges, eines Bewässerungskanals, einer Flusslinie u. s. f. durch den gesamten Verlauf kennen zu lernen, hat seit einigen Jahrzehnten auch für die Geographie und Geodäsie eine erhöhte Bedeutung gewonnen und muss heute als das weitaus genaueste, wenn auch mühsamste Mittel, um Höhenunterschiede festzustellen, gelten. Eine Linie nivellieren heisst den Höhenunterschied zahlreicher benachbarter Punkte durch Stufenmessungen feststellen, indem man wagerecht mittelst sog. Nivellierinstrumente nach senkrecht in

Fig. 23.



kurzen Entfernungen aufgestellten Messstäben (Nivellierlatten) zielt. Da jede einzelne Ziellinie sich von selbst als Tangente an die Erdkrümmung darstellt, so kann von einer Berücksichtigung der letztern in der Berechnung ganz abgesehen werden, ebenso von der Refraktion, weil dieselbe bei Entfernungen von 40 — 50 m, welche man als Zielweiten zu benutzen pflegt, verschwindend ist. Das Verfahren lässt sich durch Fig. 23 erläutern, welche das Nivellieren mit gleichen Zielweiten veranschaulicht; das Nivellierinstrument steht alsdann in der Mitte zwischen je zwei Messlatten. Der Fusspunkt der vierten Latte liegt um $a + b + c$ über dem Fusspunkt der ersten. Es ist erstaunlich, welchen Grad von Genauigkeit man mittelst der Nivellierung auch bei grossen Entfernungen heute erreicht. Eine Gewähr für die Resultate erhält man natürlich erst, wenn man eine Kette von solchen Messungen auf anderm Wege wieder bis zum Ausgangspunkt zurückführt; die Durchführung solcher Nivellierungsnetze, die man seit 40 — 50 Jahren in verschiedenen Staaten ernstlich in Angriff genommen hat, nennt man das Hauptnivellement. Die gefundenen Differenzen der Resultate haben sich meist auf wenige Centimeter bei Nivellierungslinien von mehreren Hundert Kilometern Länge beschränkt. Durch die Arbeit des Nivellierens erhält man also zunächst nur sehr genaue durch das Land ziehende Höhenprofile. Es spielt das Nivellieren aber eine ebenso grosse Rolle bei dem Verfahren, die Neigungen des Geländes durch eine Reihe von Höhenkurven (Horizontalkurven, Schichtenlinien) zu zerlegen, wie wenn dasselbe durch eine Reihe von horizontalen Ebenen (Höhenstufen) zerschnitten wäre. Das Abstecken der Horizontalkurven auf dem Felde geschieht, indem man mittelst des Nivellierinstruments von einem Punkte A aus mehrere in gleicher Höhe gelegene Punkte bestimmt, d. h. an einem 2., 3., . . . von A aus sichtbaren Punkte die Messlatte

so lange auf- und niederrückt, bis die am ersten abgelesene Visierhöhe im Fadenkreuz des im gleichen Niveau verbliebenen Fernrohrs wieder erscheint. Beim Ortswechsel des Instruments gilt dann einer der festgelegten Punkte wieder als Anfangspunkt.

Barometrische Höhenmessung. Vorläufige Bemerkung. Wir würden heute nicht entfernt über die Höhenverhältnisse der Landfesten so weit unterrichtet sein, wie es der Fall, wenn wir auf die oben geschilderten beiden geometrischen Methoden der Messung allein angewiesen wären. Die Entdeckung der Gesetze, nach welchen der atmosphärische Druck mit der Höhe abnimmt, hat uns in dem Barometer, dem Kochthermometer etc. Instrumente zur Höhenmessung geliefert, die mit der Zeit für die Geographie von der allergrössten Bedeutung geworden sind und auch bleiben werden, obgleich die Erfahrung gelehrt hat, dass man lange Jahre hindurch die durch barometrische Höhenmessung zu erzielende Genauigkeit bedeutend überschätzt hat. Da jedoch die Entwickelung der einfachen barometrischen Höhenformel und ihrer Korrektionen so mancherlei Kenntnisse von den Eigenschaften des Luftmeers voraussetzt, wollen wir die gesamte Frage solcher Höhenmessung auf physikalischer Grundlage erst in dem Kapitel über den Luftdruck und die Winde aufnehmen (§ 240).

Kapitel II. Der Erdkörper.

I. Gestalt und Grösse der Erde.

Einleitung. Die Entwickelung unserer Kenntnisse von der Gestalt des Erdkörpers zerfällt in vier Perioden. In sagenhafter Vorzeit des griechischen Altertums beginnend reicht die erste bis in den Anfang wissenschaftlicher Geographie überhaupt. Sie wird von der dem Augenscheine entnommenen Vorstellung einer flachen Scheibe beherrscht und kann uns an dieser Stelle nicht mehr interessieren. — Unter dem Einfluss der Pythagoräer brach sich dann gegen die erste Hälfte des 4. Jahrhunderts v. Chr. die Ueberzeugung Bahn, dass die Erde eine Kugel sei. Mehr als zwei Jahrtausende hat man an dieser Anschauung kaum gerüttelt, und die uns bisher beschäftigenden Betrachtungen haben gezeigt, dass wir auch heute mit dieser Vorstellung in vielen praktischen Fällen auskommen können. Die Frage nach der Erdgestalt trat weiter in dieser Periode vollkommen zurück gegenüber der nach ihrer Grösse. — Noch ehe man zu einem allgemein anerkannten Ergebnis über letztere gelangte, begann man am Ende des 17. Jahrhunderts zu vermuten, dass jene Vorstellung einer Kugelform des Erdballs nur eine erste Annäherung an die Wahrheit sei. Seitdem galt es, die mathematische Gestalt genauer zu bestimmen; sie ward als die eines an den Polen flacher gekrümmten kugelähnlichen Körpers, eines Sphäroids, erkannt. — Seit einem halben Jahrhundert jedoch hat man eingesehen, dass die allgemeine Gestalt der Erde, ganz abgesehen selbstverständlich von den Runzelungen ihrer Oberfläche, gewisse Abweichungen von der vermuteten regelmässigen Form eines Sphäroids besitze. Man bezeichnet sie seitdem als Geoid, und unsere Bemühungen sind nunmehr darauf gerichtet, von diesem Geoid eine richtige Vorstellung zu gewinnen.

§ 53. Die Beweise für die Kugelgestalt der Erde, welche sich heute in jedem Leitfaden der Erdkunde finden, gehen fast alle auf das klassische Altertum zurück. Es waren die Naturforscher, welche gegenüber den nur von naturphilosophischen Vorstellungen ausgehenden Pythagoräern nach sinnlichen Beweisen suchten, die die Menge von den neuen Anschauungen hätten überzeugen können. Wir eilen an ihnen vorüber nur um zu zeigen, wie wenig dieselben wahrhaft zwingend sind[1]). Im Grunde geht aus den meisten nur die Tatsache einer allseitig gekrümmten Oberfläche hervor.

[1]) Vergl. H. Berger, die Lehre v. d. Kugelgestalt d. Erde im Altertum, Geogr. Zeitschr. XII, 1906, 20—38. Die antiken Beweise für die Kugelgestalt sind oft behandelt, s. u. a. H. Birnbaum, Grundzüge d. astron. Geogr., 1872.

Die Beweise sind zwiefacher Natur, wie man sich bis auf den heutigen Tag zwiefacher Methoden zur Bestimmung der Erdgestalt bedient, nämlich der geometrischen, vorzugsweise auf Messung von Linien und Winkeln beruhend, und der physikalischen, die aus allgemeinen Gesetzen der Kräftewirkung folgen.

1. Aristoteles[2]) (384—322 v. Chr.) leitete die Kugelgestalt der Erde zunächst aus dem kreisförmigen Schatten der Erde bei Mondfinsternissen ab. Es geht diese Anschauung schon von der richtigen Vorstellung aus, dass ein Ausbleiben des Mondes, *σελήνης ἔκλειψις*, d. h. also eine Mondfinsternis, nur erfolge, wenn der Mond hinter die Erde trete, wobei die von der Sonne erleuchtete Seite der Erde als Vorderseite gilt (Atlas, Taf. III). Eine Kugel wirft stets einen kegelförmigen Schatten, von welcher Seite auch das Licht komme, und dieser Schatten wird in seiner kreisförmigen Umrandung nur sichtbar, wenn die helle Scheibe des Vollmondes ihn quer durchschneidet. Dieser Beweis ist freilich nur zwingend bei der, wie wir jetzt wissen, falschen Annahme einer im Weltenraum ruhenden Erdkugel, denn auch eine kreisförmige Scheibe, ein Zylinder, ein Kegel müssten kegelförmige Schatten werfen, wenn die Achse dieser Körper bei der Drehung stets der Sonne zugekehrt wäre.

2. Die Kugelgestalt ward ferner von Aristoteles geschlossen aus der Veränderung der Polhöhe der Sterne, denn schon eine kleine Reise gegen Mittag oder den Bären genüge[3]), um zu zeigen, dass man andere Sterne über sich habe (§ 39). Unter Annahme einer festen Himmelsachse, aber einer scheibenförmigen Erde müsste die Polhöhe dagegen stets dieselbe bleiben. Eine Ergänzung dieses Beweises lieferte den Alten die Wahrnehmung, dass Orte verschiedener Breite zu ein und derselben Jahreszeit für gleichgrosse Gegenstände verschiedene Schattenlängen oder im Gnomon verschiedene Schattenwinkel zeigten[4]). Allerdings nahmen die Alten die Entfernung der Sonne von der Erde viel kleiner an, als sie in Wirklichkeit ist (§ 85), immerhin aber doch so gross, dass an dem Parallelismus der die einzelnen Punkte der Erde treffenden Sonnenstrahlen nicht gezweifelt ward. Bei einer ebenen Erdscheibe müssten diese parallelen Strahlen demnach gleiche Schattenwinkel und gleiche Schattenlängen für alle Orte desselben Meridians erzeugen. Man erkennt leicht, dass mit jenem Einwurf zunächst nur eine Krümmung von N nach S erwiesen ist. Dieselbe würde nur dann eine kreisförmige sein, wenn jeder gleichgrossen linearen Ortsveränderung im Meridian eine gleichgrosse Ab- und Zunahme des Polhöhewinkels oder des Schattenwinkels entspräche. Und auch in diesem Falle könnte der Mantel einer Walze, deren Achse von W nach O gerichtet ist, die gleichen Bedingungen erfüllen.

3. Natürlich entging den Alten auch die sinnlichste aller hierhergehörigen Wahrnehmungen nicht, dass man auf Flächen, die uns ungehinderte Aussicht bieten, wie besonders auf der Meeresfläche, von entfernten Gegenständen nur die nach oben hervorragenden Teile[5]), von Schiffen also zuerst die Spitzen der Masten, erblickt[6]). Daraus musste allerdings auf eine allseitig gekrümmte Erdoberfläche geschlossen werden, aber es bedarf viel genauerer Beobachtungen und Messungen, als dem Altertum zu Gebote standen, um zu beweisen, dass das übersehene Stück wirklich einer Kugelkappe entspricht.

4. Aehnlich spricht auch der kreisförmige Umfang des freien natürlichen Horizonts (die Kimm § 45) für die Kugelgestalt[7]), da nur eine

[2]) Die meisten Beweise finden sich in der Schrift de coelo II, Kap. 14, deutsch v. C. Prantl, 1857, 173—183. — [3]) Daselbst Kap. 14, § 14. — [4]) Plinius, Historia naturalis II, 74. — [5]) Strabo ed. Müller I, Kap. I, 20, ed. Casaub. I, 1, 12. — [6]) Ptolemaeus, Almagest I, Kap. 3 ed. M. Halma 1813, I, 12. — [7]) Kleomedes, *κυκλικὴ θεωρία τῶν μετεώρων* I, 8 ed. H. Ziegler 1891, 75.

Kugel dies für alle Punkte ihrer Oberfläche leistet. Die Schwierigkeit, auf Festland und Meer diese scheinbare Kreisgestalt durch Beobachtung zu erweisen, hindert uns, jene Wahrnehmungen zur wirklichen Bestimmung der Erdgestalt zu verwenden.

5. So erheben sich die meisten der angeführten Beobachtungen in Wahrheit nicht zu grob sinnlichen Beweisen, sie lassen der Schlussfolgerung, dass sich die Sache so verhalten „könne", aber nicht „müsse", weiten Spielraum. Erst als am Beginn der Neuzeit die Erde zu Schiffe umfahren ward, trat der für die Menge verständliche Beweis hinzu; und seitdem haben zahlreiche „Reisen um die Welt" die Erfahrung immer wieder bestätigt. Freilich folgt auch aus diesen nur, dass die Erde eine in sich zurücklaufende krumme Fläche ist, ohne über den Verlauf dieser Krümmungen etwas zu sagen. Nur war jetzt mit Sicherheit die Tatsache festgestellt, dass die Erde frei im Weltenraum schwebe, was schon Anaximander von Milet um 550 v. Chr. gelehrt hatte, der freilich noch die flache trommelähnliche Scheibe für die Erdgestalt annahm.

6. Die physikalischen Beweise für die Kugelgestalt der Erde wenden sich noch enger an die höher Gebildeten und Gelehrten. Der erste derselben geht gleichfalls auf Aristoteles zurück[8]). Es werden dabei die Schwerewirkungen zu Hülfe genommen, wie wir bis auf den heutigen Tag die Schweremessungen als eins der wichtigsten Hülfsmittel zur Erkenntnis der Erdgestalt anwenden (§ 57). Nach dem Gesetze der Schwere müsse alles dem Mittelpunkte der Erde zustreben. Gleichgewicht und Ruhe könne nur eintreten, wenn das Schwerste die tiefste Stelle der Erde erreicht habe, was eben nur bei einer Kugel der Fall sei. Ergänzend griff 100 Jahre später Archimedes (287—212 v. Chr.)[9]) ein mit dem Nachweis, dass die Meeresoberfläche eine Kugelfläche darstellen müsse, wie eine jede Flüssigkeit in der Ruhe sphärisch sei. Auch dieser Beweis hat selbstverständlich eine ruhende Erde zur ersten Voraussetzung, auf welcher der nach dem Mittelpunkt strebenden Schwerkraft keine andere entgegen wirkt.

§ 54. Die Bestimmungen der Grösse der Erdkugel[10]). So lange man der Erde eine Scheibengestalt gab, musste jede Annahme über ihre Grösse nur den Wert einer völlig unsichern, nicht weiter kontrollierbaren Schätzung annehmen. Erst seit die Kugelgestalt fest angenommen war, konnte man hoffen, durch wirkliche Messung eines Stücks eines grössten Kreises eine Vorstellung von der Gesamtgrösse zu gewinnen. Zunächst ward aus jenen Beobachtungen einer verhältnismässig raschen Aenderung der Polhöhe bei minder grossen Wanderungen im Meridian mit Recht geschlossen, dass die Erdkugel nicht sehr gross sein könne. Wie weit den älteren Schätzungen von 400 000 Stadien für den Erdumfang, denen wir im Zeitalter des Aristoteles begegnen, schon Messungsversuche zu grunde lagen, wissen wir nicht. Ums

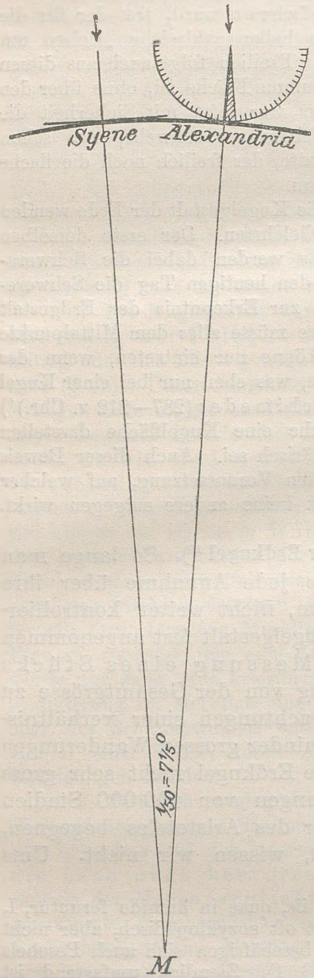
---

[8]) Aristoteles de coelo II, 14. — [9]) De iis, quae in humido feruntur, I, Satz 2. — [10]) Die Geschichte der Erdmessungen ist oft enzyklopädisch, aber nicht immer kritisch behandelt; mit den wichtigsten beschäftigen sich auch Peschels und Vivien de St. Martins historische Werke (§ 1). Ziemlich umfassend ist L. Posch, Gesch. u. System d. Breitengrad-Messungen, Freising 1860; W. Abendroth, Darstellung u. Kritik d. ältesten Gradm., Progr., Dresden 1866; eine übersichtliche, jedoch nicht ganz fehlerfreie Zusammenstellung der wichtigsten Daten (ohne literarische Quellen) gibt J. Franz Klein, Zweck und Aufgabe der europ. Gradmessung, Wien 1882, 42 S. u. s. f. Vergl. auch Peschel-Leipoldt, Phys. Erdk. I, 2. Teil, Leipzig 1880. Zu einer übereinstimmenden Ansicht über Herkunft und Ergebnisse der Erdmessungen des Altertums ist man durchaus noch nicht gekommen.

Jahr 300 v. Chr. spricht man von einem solchen von 300000 Stadien. Vielleicht geht diese Bestimmung auf Dikaearch zurück.

Ob man sie auf die Annahme zurückführen kann, dass einerseits Lysimachia am Hellespont und Syene am Nil, welche Orte man auf gleichem Mittagskreis wähnte, um den fünfzehnten Teil des Himmelskreises im Bogen entfernt seien, weil jene Stadt den Kopf des Drachens, diese das Sternbild des Krebses im Zenit habe, dass andererseits ihre terrestrische Entfernung zu 20000 Stadien geschätzt ward, steht dahin[11]).

Fig. 24.



Die Ueberlieferung verknüpft jedenfalls den ersten rationellen Versuch einer Erdmessung mit dem Namen des gelehrten Alexandriners Eratosthenes (278—195 v. Chr.)[12]).

Eratosthenes wählte für seine Bestimmung die Orte Alexandria und Syene am Nil (Assuan), weil er der Ansicht war, dass beide auf einem Meridian (also einem grössten Kugelkreise) gelegen seien. Von Syene wusste er, dass dort die Sonne um die Zeit der Sommersonnenwende den Bewohnern im Zenit stehe, in Alexandria warf der Schattenzeiger in der hohlen Schale desselben um dieselbe Zeit einen Schattenwinkel von $^1/_{50}$ des Kreisumfangs (Fig. 24). Der Unterschied der Breite beider Orte betrug daher gleichfalls $^1/_{50}$ des Erdumfangs (= $7\,^1/_5{}^0$). Damit war der astronomische Teil der Erdmessung für ihn vollendet. Die terrestrische Entfernung von Alexandrien und Syene nahm er — wahrscheinlich nach landläufigen Angaben seiner Zeit — zu 5000 Stadien an. Der Erdumfang berechnete sich daraus sehr einfach zu 50 . 5000 = 250000 Stadien, eine runde Zahl, die seinen Ansprüchen genügte. Aber der bessern Teilbarkeit wegen hat er sie selbst wohl schon auf 252000 „abgerundet", damit für das Sechzigstel des Erdkreises eine runde Zahl (4200 St.) herausspringe; hiernach war nach Eratosthenes 1^0 = 700 Stadien.

Diese Eratosthenische Erdmessung hält also die beiden Erfordernisse einer jeden Gradmessung schon klar auseinander. Eine solche setzt sich aus einer astronomischen und einer geodätischen Messung zusammen. Die erste sucht durch Fixierung der Lage der Endpunkte des Erdbogens

[11]) Abendroth (vor. Anm.) S. 6; Berger, Gesch. d. wiss. Erdk. d. Griechen II, 46; 2. Aufl., 219. — [12]) S. über die ungemein viel erörterte Erdmessung des Eratosthenes, abgesehen von den in vor. Anm. genannten Werken, vor allem Bergers Fragmente des Eratosthenes, 1880, 99—142, weil derselbe

zu bestimmen, der wievielste Teil des Erdumfangs letzterer ist. Die zweite hat die Länge des Bogens im (geographischen) Längenmasse festzustellen. Dies ist für die ältere Zeit der schwierige Teil, und nur dadurch ist es zu erklären, dass wir einer wirklichen Erdmessung im Altertum nicht wieder begegnen, sondern erst zur Zeit der Blüte arabischer Astronomie. Mittelst gewisser Annahmen — nicht neuen Messungen — gelangten jedoch die Griechen noch zu andern Werten von historischer Bedeutung. Man führt sie wohl nicht mit Unrecht auf Posidonius (um 100—50 v. Chr.) zurück. Er gab dem Erdumfang 180 000 Stadien[13]). Dies scheinbar auffallend verschiedene Resultat ist besonders deshalb für spätere Jahrhunderte massgebend geworden, weil Ptolemaeus sich demselben anschloss.

Eine wirkliche Erdmessung scheinen die Araber i. J. 827 in Mesopotamien ausgeführt zu haben, bei der die terrestrische Entfernung zweier um einen Grad im Meridian entfernter Punkte genauer geodätisch, mit Ruten, gemessen ward. Man fand im Mittel $1^0 = 56\,^2/_3$ arabische Meilen[14]). Auf diese drei Werte

Erdumfang	252 000 Stadien	oder Erdgrad	=	700 Stadien,
„	180 000 Stadien	„ „	=	500 Stadien,
„	20 400 Meilen	„ „	=	$56^2/_3$ Meilen,

sind wohl alle bei den Kosmographen des Mittelalters in sehr verschiedenem Zahlengewand auftretenden Annahmen über die Grösse der Erde zurückzuführen.

Die Frage, wie weit jene Zahlen sich der wahren Grösse des Erdgrades nähern, interessiert uns hier mehr vom methodischen Standpunkt, wonach bei Massvergleichungen in der Geographie vor allem von der geringern oder grössern Wahrscheinlichkeit der Ziffern ausgegangen werden muss. Erwägt man die Sache von unserm heutigen Standpunkt, so ist es vollkommen begreiflich, dass manche es für unwahrscheinlich erklärt haben, dass jenen antiken Erdmessungen von 252 000 und 180 000 Stadien ursprünglich ein und dasselbe Mass, etwa das attische Stadium[15]), zu grunde gelegen habe. Denn man sollte denken, Ptolemaeus, der die Eratosthenischen Streckenangaben vielfach anwandte, hätte bei bekannten Erdstellen auf die gewaltigen Widersprüche, die sich bei Uebertragung der Streckenmasse auf Bogenmass ergaben, aufmerksam werden müssen. Die Anhänger dieser Ueberlegung sprechen sich daher für eine Verschiedenheit des Stadienmasses bei Eratosthenes und Ptolemaeus (Posidonius) aus. Legt man z. B.

---

zu den meisten seiner Vorgänger, besonders C. V. Müllenhoff (Deutsche Altertumskunde I, 1870, 259—307) Stellung nimmt. S. auch Berger, Gesch. d. wissenschaftl. Erdk. d. Griechen, III, 1891, 79—86; 2. Aufl., 406—415. Wir geben in obigem nur die Grundzüge des Verfahrens. — [13]) Vergl. über den Ursprung beider auf Posidonius zurückgeführten Werte von 240 000 und 180 000 Stadien, Berger a. a. O. IV, 1893, 89—93, 2. Aufl., 1903, 578 ff., dessen Darlegungen mir heute wahrscheinlicher erscheinen als 1894. (Vergl. 1. (6.) Aufl. dieses Lehrbuchs 1900, S. 92.) — [14]) S. Peschel, Gesch. d. Erdk., 1877, 133. — [15]) Sei dieses att. Stadium nun 185 m (S. 52) oder mit Dörpfeld, Nissen u. A. $177,_6$ m gross. Mit ersterm Mass berechnen z. B. H. Kiepert (Lehrb. d. alten Geogr. 1878, 5) und Jordan (Handbuch d. Vermessungskunde, II, 1890, 2) etc., dass Eratosthenes 46 600, Ptolemaeus 33 330 km als Erdumfang angenommen haben müsste, während H. Nissen (Handb. d. ges. Altertumswiss. I, Nördlingen 1892, 889) mit dem Faktor $177,_6$ die Zahlen 44655 bezw. 31 968 km erhält.

den Eratosthenischen Stadien ein Mass von 300 aegyptischen Ellen = $157,_5$ m [16]), den 180000 Ptolemaeischen das zu seiner Zeit übliche philetärische Stadium von 210 m zu grunde [17]), so weichen die in beiden Massen ausgedrückten Grössen nicht beträchtlich mehr von einander ab und nähern sich zugleich der wahren Grösse der Erde (rund 40000 km), indem nach Eratosthenes der Umfang ca. 39700 km, nach Ptolemaeus 37800 km betragen haben würde. Wenn man jedoch die Ratlosigkeit der Geographen des 15. und 16., ja bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts in betreff der Grösse der Erde mit in Erwägung zieht — als man nämlich im Mittelalter die Urmasse in Milliarien, Meilen etc. verwandelte und der ursprüngliche Wert in Vergessenheit geriet, trat eine fast noch grössere Unsicherheit in der Kenntnis der Erdgrösse ein —, so erscheint es doch möglich, dass auch das Altertum jenen Widersprüchen mit mehr Gleichmut ins Auge sah, als wir es nach unsern heutigen Anschauungen tun würden. Uebrigens scheint auch die arabische Erdmessung der Wahrheit kaum näher gekommen zu sein [18]).

Ohne neue Erdmessung hat dann seit Ende des 15. Jahrhunderts die Annahme des

Erdgrades = 60 italienische = 15 deutsche Meilen,
Erdumfanges = 21600 italienische = 5400 deutsche Meilen

in der geographischen Literatur, besonders Deutschlands, Eingang gefunden, also genau dieselbe Zahl, welche noch bis vor Kurzem in allen Lehrbüchern stand, die noch nicht zum Metermass übergegangen waren. Der Grund zu dieser Einführung, die vielleicht von deutschen Kartographen herrührt, wird im Zeitalter des Wiedererwachens kartographischer Arbeit, das mit dem der grossen Entdeckungen zusammenfällt, in dem Bedürfnis zu suchen sein, die Kreisteilung mit den Meilen in einfache Beziehung zu setzen, um die bekannten Entfernungen bequem ins Gradnetz der Karte einzufügen. Es würde aber irrig sein, aus jenen uns geläufigen Zahlen zu schliessen, dass man damit schon eine richtige Kenntnis der Erdgrösse gehabt habe. Wir kommen auf die schwankende Grösse dieser „geographischen" Meilen zurück (§ 62).

Indessen hat es im 16. und 17. Jahrhundert nicht ganz an Wiederaufnahme der Versuche gefehlt, die Erdgrösse durch die Messung eines Meridianstücks neu zu bestimmen. Trotzdem dabei schon ge-

---

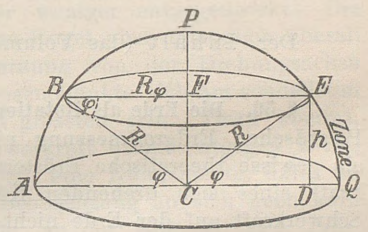
[16]) Ein solches Eratosthenisches Stadium könnte sich vielleicht verdeckt in der Form der italienischen Schiffmiglien durch das ganze Mittelalter erhalten haben und würde in diesem Fall die Möglichkeit gewähren, es geodätisch an den nautischen Karten zu prüfen. Das Ergebnis spräche wohl für ein so kleines Mass, wie es Vincent (C. R. hebd. 36, 1853, 319), Müllenhoff 1870, (D. Altert.-Kde., I, 261) u. A. für das Stadium aufgestellt haben; s. auch Hultsch, Metrologie, 1882, 63; Ruge in Peschels Gesch. d. Erdk. 1877, 46, Vivien de St. Martin, Hist. de la géogr., 138 (Lepsius, Die Längenmasse der Alten, 1884, nimmt 180 m an). Als ich 1894 obige Ansicht aussprach, war ich noch durchaus der Ueberzeugung, man müsse beiden Werten des Erdumfangs ein verschiedenes Stadienmass zu grunde legen. Je mehr ich mich jedoch in die verworrenen Vorstellungen der Renaissancezeit der Geographie (16. Jahrh.) vertiefte, um so mehr kamen mir Bedenken gegen meine frühere Auffassung. — [17]) S. Hultsch a. a. O. 613; Lepsius a. a. O., 88 nimmt 213 m, Nissen 198 m an. — [18]) Jordan in Zeitschr. f. Vermessungswesen, 1889, 100 ff., glaubt auf Grund eigener (allerdings flüchtiger) Messung am Nilmesser zu Kairo die arabische Elle zu $0,_{5218}$ m, die Meile zu $2,_{0872}$ km, danach den Erdumfang zu 42579 km berechnen zu dürfen. Die Nachmessung durch Reiss (ebenda 439—455) ergab aber $0,_{54}$ m für die schwarze Elle, woraus 44045 km folgen würde.

nauere Instrumente und Methoden — wir erinnern vor allem an die von Snellius 1615 angewandte Triangulationsmethode (§ 50)[19]) — zur Verfügung standen, ist aber keine jener Erdmessungen von so durchschlagendem Erfolg gewesen, um die ältern völlig bei Seite zu schieben. Erst als das von Jean Picard 1670 erhaltene Ergebnis, wonach der Erdhalbmesser — wenn wir gleich die Toisen in Meter umrechnen — 6372 km lang sein sollte, von ganz unabhängiger Seite eine Bestätigung erhielt, durfte man annehmen, dem Ziele näher zu sein. Indem nämlich Isaak Newton die von Picard berechnete Grösse des Erdhalbmessers in die Formeln einführte, die er für die Fernewirkungen der Schwerkraft aufgestellt hatte, war ihm sein berühmtes Gravitationsgesetz bestätigt.

Die Anziehungskraft, welche die Erde auf den um 60 Erdhalbmesser (60 R) entfernten Mond ausübt, — so sagt Newton — beträgt nur den 3600. Teil derjenigen auf einen Punkt an der Erdoberfläche; sie nimmt also ab mit dem Quadrat der Entfernung. Newton[20]) hatte aus der Umlaufszeit des Mondes die Strecke, welche der Mond in 1 Sekunde gegen die Erde gewissermassen fällt, zu einem sehr geringen Bruchteile des Erdradius, nämlich zu $0{,}000\,000\,000\,2139\ R$ berechnet; das ergab mit den ihm früher bekannten Werten für den Erdhalbmesser nicht die erforderliche Grösse, wohl aber war dies der Fall mit dem Picardschen Wert von 6372 km, denn dann folgt $1{,}_{363}$ mm; dies entspricht, mit 3600 multipliziert, dem Fallraum eines Körpers auf der Erdoberfläche in der ersten Sekunde ($4{,}_9$ m). Es verhalten sich also die Kräfte umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung: $0{,}_{001363}$ m : $4{,}_9$ m $= 1 : 60^2$.

§ 55. Die Berechnungsformeln der Kugel. Bevor wir in der Entwickelung weiter schreiten, vergegenwärtigen wir uns im Hinblick auf den Umstand, dass man innerhalb der Geographie in zahlreichen Fällen noch heute bei der Kugelgestalt der Erde stehen zu bleiben pflegt, die Berechnungsformeln der Kugel.

Fig. 25.



Linien. Da jeder ebene Schnitt, der durch den Mittelpunkt einer Kugel geht, einen grössten Kugelkreis erzeugt, so ist bei der Kugel auch jeder Meridianschnitt ein Kreis und von gleicher Grösse, wie der Aequator ($= 2\,R\pi$). Gleichgross sind also auch Meridian- und Aequatorialgrade ($= 2\,R\pi : 360$). Nur die Abnahme der Parallelkreise mit der Breite bedarf einiger Erläuterung: Die Halbmesser der Breitenparallelen bilden in den Profildreiecken eines Meridiandurchschnitts (Fig. 25) stets die am Wechselwinkel der geographischen Breite φ anliegende Kathete, sodass

$$R_\varphi = R \cos \varphi.$$

[19]) Eratosthenes Batavus, 1617. Vergl. S. 95, Anm. 86. — [20]) Newton. Philosophiae naturalis principia mathemathica 1687, Lib. III, Lehrs. 4 u. 22. Deutsch v. J. Ph. Wolfers (Mathemat. Prinzipien der Naturlehre, Berlin 1872, 386 u. 400). Absichtlich sind oben nicht die Originalzahlen, sondern um die Uebersicht über das Ergebnis erleichtern, solche in Metermass angegeben.

Da sich nun die Umfänge mehrerer Kreise wie ihre Halbmesser verhalten, so nehmen bei der Erdkugel die Parallelkreise mit dem Kosinus der geographischen Breite ab ($= 2\pi \cdot R \cos \varphi$) und also auch Längen- oder Parallelgrade [$= (2\pi \cdot R \cos \varphi) : 360$].

Seit man mit trigonometrischen Funktionen rechnen lernte, hat die Aufstellung von Tabellen der abnehmenden Längengrade für jede beliebige Breite keine Schwierigkeit gemacht, und sie treten meist schon in Büchern zu Anfang des 16. Jahrhunderts auf. Das Altertum und Mittelalter pflegten sich gern mit solchen Parallelen zu begnügen, die zum grössten Erdkreis in einem einfachen Verhältnis stehen. Es ist nicht unzweckmässig, sich einige derselben einzuprägen, schon um zu erkennen, wie langsam diese Abnahme zuerst erfolgt. Der 26.° Br. ist fast noch $^9/_{10}$ des Aequators. Und ferner ist der

37^0 d. Br. $= {}^4/_5$ des Aequators (genauer ist cos $36^0\ 52' = 0{,}8$),
41^0 „ „ $= {}^3/_4$ „ „ („ „ „ $41^0\ 25' = 0{,}75$),
48^0 „ „ $= {}^2/_3$ „ „ („ „ „ $48^0\ 11' = 0{,}66$),
60^0 „ „ $= {}^1/_2$ „ „ (genau ist cos $60^0 = 0{,}5$).

Der 60. Parallelkreis ist also halb so gross wie der Aequator, und die bei Anfängern verbreitete Ansicht, es müsse der 45.° der Hälfte des Aequators entsprechen, beruht auf vollkommen irrtümlicher geometrischer Anschauung; es würde dies der Fall sein, wenn die Erdhälften je einen gleichseitigen Kegel von der Höhe der halben Achse bildeten.

Flächen. Die Gesamtoberfläche einer Kugel berechnet sich bekanntlich aus dem Vierfachen des grössten Kugelkreises zu $4 R^2 \pi$, die Fläche eines eingradigen Meridianstreifens ist also $= 4 R^2 \pi : 360$. Die Fläche der einzelnen Kugelzonen und damit der einzelnen Gradfelder (S. 67) findet man am einfachsten, indem man die Flächen der beiden Erdgürtel, die sich vom Aequator je bis zu den beiden die gesuchte Zone begrenzenden Breitenparallelen erstrecken, von einander abzieht. Die Fläche eines solchen Gürtels ist $= 2 R \pi \cdot R \cdot \sin \varphi$.[21])

Der Inhalt (das Volumen) der Kugel ist gleich $\frac{4}{3} R^3 \pi$.

§ 56. Die Erde als Rotationssphäroid. Noch war das Resultat der Picardschen Erdgradmessung nicht zur allgemeinen Geltung gelangt, als gewisse theoretische Erörterungen über die Wirkungen der Fliehkraft eines sich drehenden Körpers und die Entdeckung, dass die Schwerkraft auf der Erde nicht überall gleich sei, sondern mit wachsender Breite zunehme, Zweifel an der Kugelgestalt erweckten. Dadurch ward die Frage nach der Figur der Erde wieder in den Vordergrund geschoben. Hiermit fingen zugleich physikalische Methoden der Erforschung, vor allem mittelst der Pendelmessungen, an, den bisher ausschliesslich angewandten geometrischen Methoden ebenbürtig an die Seite zu treten. Ueber erstere muss Einiges vorausgeschickt werden.

---

[21]) Die Fläche einer Kugelzone ist bekanntlich gleich einem grössten Kugelkreis ($2 R\pi$) multipliziert mit der Höhe der Zone h. Letztere (CF in Fig. 25 ist aber $= R \sin \varphi$.

Im schwingenden Pendel besitzt man bekanntlich ein einfaches Instrument, um die schwierigeren Messungen des im freien Fall durcheilten Raumes durch bequemere Zeitmessungen zu ersetzen. Die Schwingungsdauer (ϑ) hängt allein von der Pendellänge ab. Sie verdoppelt und verdreifacht sich, wenn die Pendellänge l um das Vier-, Neunfache etc. verlängert wird, d. h. die Pendellängen verhalten sich wie die Quadrate der Schwingungszeiten $l : l_1 = \vartheta^2 : \vartheta_1^2$. Unter einem Sekundenpendel versteht man ein solches, das eine Schwingung genau in einer Zeit-Sekunde macht, (oder 86 164 Schwingungen in einem Sterntag, da ein Sterntag 86 164 Sekunden hat, § 34). Wo in Mitteleuropa um die Mitte des 17. Jahrhunderts die Länge des Sekundenpendels gemessen wurde, fand man sie gleich lang, sodass ernstlich der Gedanke auftauchte, dieselbe zur Grundlage eines neuen Masssystems zu machen, wie man es später mit dem Meter tat. Man fand das Sekundenpendel in Mitteleuropa zu 994 Millimeter, wenn wir die alten Masse sofort in unser heutiges Dezimalmass verwandeln.

Da ereignete es sich, dass der Astronom Jean Richer nach Cayenne, der neu erworbenen französischen Kolonie an der Nordostküste Südamerikas unweit des Aequators (5° N), gesandt, 1672 feststellte, dass sein aus Paris mitgenommenes Sekundenpendel langsamere Schwingungen (d. h. auf den Sterntag reduziert weniger als 86 164) machte. Erst eine Verkürzung um ca. $2^2/_3$ Millimeter liess das Pendel wieder Sekunden schwingen. Nach Paris zurückgebracht, eilte es voraus und, erst um die gleiche Grösse wieder verlängert, konnte es für Paris wieder als Sekundenpendel gelten.

Dies gab zunächst den Beweis, dass die Schwerkraft am Aequator einen geringern Betrag als in höhern Breiten besitze, da sie ja nicht im stande ist, ein Pariser Sekundenpendel in Cayenne in so schnelle Bewegung zu setzen, wie auf dem 49.° d. Br. Die Erfahrung an sich konnte zunächst für diejenigen nichts Befremdendes haben, welche bereits von der Umdrehung der Erde um sich selbst überzeugt waren. Denn die drehende Bewegung eines Körpers erzeugt eine Fliehkraft, welche der nach dem Mittelpunkt derselben gerichteten Anziehungskraft mehr oder weniger entgegenwirkt. Die Fliehkraft kann bei einer sich drehenden Kugel aber unmöglich überall gleich sein. Sie muss mit der Entfernung von der Drehungsachse wachsen und demnach am Aequator, dessen Punkte sich am schnellsten bei der Drehung bewegen (§ 57), am grössten sein. Dazu kommt, dass hier die ganze Fliehkraft der Schwerkraft direkt entgegen wirkt, während in höheren Breiten nur ein Teil, eine Komponente, dafür in Betracht kommt. Somit lag in jener Beobachtung an sich noch kein Beweis gegen die Kugelgestalt der Erde, an der man seit zwei Jahrtausenden festgehalten hatte. Dennoch zogen die grossen Physiker Newton (1643—1727) und Huyghens (1629—1695) [§ 60] aus derselben den Schluss, dass die Erde am Aequator gleichsam angeschwollen, an den Polen flacher gekrümmt oder „abgeplattet“ sein müsse, dass sie ein nur kugelähnlicher Rotationskörper mit verkürzter Drehungsachse sei, wie denn überhaupt die Achsen der Planeten kürzer seien, als ihr Aequatorialdurchmesser. Bei der Erde nahmen sie den Beweis hierfür aus der Grösse der beobachteten Schwerezunahme polwärts, denn die Schwerkraft schien rascher zuzunehmen, als man nach der leicht zu berechnenden Abnahme der Fliehkraft erwarten musste.

Ein Rotations-Ellipsoid oder -Sphäroid[22]) unterscheidet sich von einer Kugel dadurch, dass der Meridianschnitt keinen Kreis, sondern eine Ellipse erzeugt. Die Gestalt einer solchen hängt bekanntlich ab von dem Verhältnis ihrer Achsen. Fällt die kleinere Achse des Meridianschnitts mit der Drehungsachse zusammen, so spricht man von einem abgeplatteten Sphäroid. Den Grad der Abplattung α pflegt man durch das Verhältnis zu bezeichnen, in dem die Differenz der halben Achsen a und b zur halben grossen Achse a steht. Man nennt also

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \text{ oder auch } \alpha = 1 - \frac{b}{a}$$

den Abplattungswert eines Sphäroids, oder kurz die Abplattung. Ist die Drehungsachse eines solchen Körpers länger als der Aequatorialdurchmesser, so bezeichnet man ihn als ein verlängertes Sphäroid.

§ 57. Die Abhängigkeit der Schwerkraft von der geographischen Breite[23]). Als Mass der Schwerkraft der Erde g gilt uns die Beschleunigung, welche ein freifallender Körper am Ende der ersten Sekunde besitzt. Sie beträgt das Doppelte des Fallraumes in der ersten Sekunde, welchen man zu $4{,}_9$ Meter gefunden hat. Demnach ist rund

$$g = 9{,}_8 \text{ Meter.}$$

Es wirkt ihr bei der Erde überall die Fliehkraft entgegen, deren Grösse in den verschiedenen Breiten es nun zunächst zu bestimmen gilt.

Unter Geschwindigkeit versteht man den Quotienten aus der Länge der durchmessenen Bahn und der Zeit, welche zum Durchlaufen derselben erforderlich ist. Die Geschwindigkeit eines Punktes am Aequator (v_o) beträgt also in 1 Sekunde

$$v_o = \frac{\text{Bahn}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{Aequator}}{24^h} = (\text{rund})\,\frac{40\,000^{km}}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 463^m.$$

Indessen wollen wir die Rechnung im folgenden schon an der Hand der genauern Werte, wie sie im § 60 begründet werden, durchführen, wonach der Halbmesser des Erdaequators R zu $6\,377\,400^m$ angenommen werden kann, während die Umdrehung der Erde sich schon in einem Sterntag, also in $23^h\ 56^m\ 4^s = 86\,164^s$ (§ 34) vollzieht. Dann wird

$$v_o = \frac{2R\pi}{t} = \frac{2 \cdot 6\,377\,400^m\,\pi}{86\,164} = 465^m. \qquad (1)$$

In höheren Breiten bleibt die Umdrehungszeit natürlich dieselbe, aber die Bahn nimmt mit dem Radius der Breitenparallelen ab, und dieser verkürzt sich bei der Kugel mit dem Kosinus der geographischen Breite (§ 55); folglich ist die Geschwindigkeit in der Breite φ

$$v_\varphi = \frac{2\,(R\cos\varphi)\,\pi}{t}.$$

Sie beträgt also z. B. in 41° nur 349m, in 60° nur 233m in einer Sekunde.

---

[22]) Dieser Name Sphäroid, obwohl hie und da schon im 18. Jahrhundert gebraucht, ist doch erst in Laplaces und Humboldts Zeit üblich geworden. Man wird den Namen „Afterkugel" (Gatterer, Abriss der Geographie, 1775) kaum wieder einführen wollen. Helmert (Math. u. phys. Theorien d. höh. Geodäsie, I, 1880, 565) will übrigens den Namen Sphäroid für die den Lotlinien angepasste Niveaufläche (S. 126) vorbehalten wissen. — [23]) J. B. Messerschmidt, Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche Braunschw. 1908. Leider werden in dem trefflichen Werkchen die Quellennachweise nicht im einzelnen durchgeführt.

1. Die Fliehkraft (f) wächst nach dem von Huyghens[24]) entdeckten Gesetz mit dem Quadrat der Geschwindigkeit (v), nimmt aber um so mehr ab, je grösser der Radius (r) der kreisförmigen Bahn ist,

$$f = \frac{v^2}{r}.$$

Demnach beträgt die Fliehkraft am Aequator (f_o),

$$f_o = \frac{v^2}{R} = \frac{(465\,\mathrm{m})^2}{6377400\,\mathrm{m}} = 0{,}_{03391}\,\mathrm{m} = 33{,}_{91}\ \text{Millimeter}. \qquad (2)$$

Sie entspricht also nur einem geringen Bruchteil der Schwerkraft g_o daselbst, denn wenn man für die Beschleunigung der Schwerkraft den genaueren Wert einstellt, so verhalten sich

$$\frac{f_o}{g_o} = \frac{\text{Fliehkraft}}{\text{Schwerkraft}} = \frac{0{,}_{03391}\,\mathrm{m}}{9{,}_{7805}\,\mathrm{m}} = \frac{1}{288{,}_4}.$$

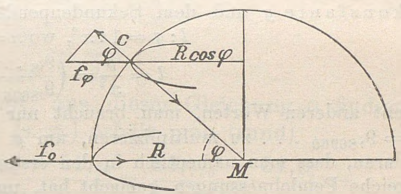
Dieser Bruch ist wenig von 1 : 289 oder $1 : 17^2$ verschieden. Eine 17mal so grosse Geschwindigkeit der Drehung, bei welcher der Tag nur $24 : 17 = 1^h\,25^m$ lang wäre, würde also eine 289-fache Schwungkraft erzeugen und die Schwerkraft ganz aufheben.

2. Die Fliehkraft nimmt ferner auf der Erde mit dem Kosinus der geographischen Breite ab. Denn da, wie man sich leicht überzeugt[25]), die Fliehkräfte in beliebigen Breiten sich wie die Radien der Breitenparallelen verhalten, d. h. $f_o : f_\varphi = R : R\cos\varphi$ oder $f_o : f_\varphi = 1 : \cos\varphi$ ist, so folgt

$$f_\varphi = f_o \,.\, \cos\varphi. \qquad (3)$$

3. Die Komponente C aber, welche in den höhern Breiten der Schwerkraft entgegenwirkt, nimmt rascher, nämlich mit dem Quadrat des Kosinus der Breite, ab. Die Fliehkraft an sich wirkt stets in der Drehungsebene des Breitenparallels. Die Schwerkraft ist dagegen immer senkrecht zur Tangente nach dem Erdmittelpunkt gerichtet. In Fig. 26 ist $C = f_\varphi \cos\varphi$, folglich aus (3)

Fig. 26.



$$C = (f_o \cos\varphi) \,.\, \cos\varphi = f_o \cos^2\varphi \qquad (4)$$

4. Nunmehr können wir für alle Breiten die wirkliche Schwerkraft berechnen, die gleich ist der Beschleunigung der Schwere bei ruhender Erde, vermindert um den Betrag des der Schwerkraft jeweilig entgegenwirkenden Anteils der Fliehkraft. Es ist

$g_o = g - f_o$

$g_\varphi = g - f_o \cos^2\varphi$, folglich, da aus voriger Gleichung $g = g_o + f_o$,

$g_\varphi = (g_o + f_o) - f_o \cos^2\varphi = g_o + f_o\,(1 - \cos^2\varphi)$, oder

$$g_\varphi = g_o + f_o \sin^2\varphi \qquad (5)$$

Die Zunahme der Schwerkraft wächst vom Aequator nach den Polen im Verhältnis des Quadrats des Sinus der geographischen Breite. Allgemein ausgedrückt lautet die Formel

$$g_\varphi = g_o + k \sin^2\varphi$$

$$\text{oder } g_\varphi = g_o \,.\, \left(1 + \frac{k}{g_o} \,.\, \sin^2\varphi\right), \qquad (6)$$

also beträgt die Schwerkraft am Pol (wo $\sin\varphi = 1$)

$$g = g_o + k.$$

---

[24]) Horologium oscillatorium, 1673.

[25]) Aus $f_o : f_\varphi = \left[\left(\frac{2R\pi}{24^h}\right)^2 : R\right] : \left[\left(\frac{2R\cos\varphi \,.\, \pi}{24^h}\right)^2 : R\cos\varphi\right]$.

Der Koeffizient k gibt also ohne weiteres den Wert der Zunahme der Schwerkraft vom Aequator bis zum Pol an.

Gesetzt, man hätte nun $k = f_o = 34^{mm}$ (s. vor. S.) gefunden, so hätte man von neuem auf die Kugelgestalt der Erde schliessen müssen. Denn dann hinge die Zunahme der Schwerkraft allein von der Abnahme der Fliehkraft ab. Indessen, man fand aus den Pendelbeobachtungen immer, dass k grösser als 34^{mm} sei, dass die Schwerkraft also rascher zunehme. Das kann nur seinen Grund darin haben, dass Punkte höherer Breite dem Mittelpunkt der Erde, in dem wir uns die Schwerkraft vereinigt denken können, näher sind. Hätte man k kleiner als 34^{mm} gefunden, so wäre die Erde umgekehrt ein Rotationsellipsoid mit verlängerter Erdachse; die Punkte höherer Breite würden sich immer weiter vom Mittelpunkt der Erde entfernen.

Das Sekundenpendel. Seit jenen für die Entwickelung der Geophysik so bedeutungsvollen Tagen ist das Sekundenpendel eins der wichtigsten Instrumente geworden, um die Abweichungen der Erdgestalt von der Kugel festzustellen, wenngleich es lange Perioden dazwischen gab, wo diese physikalische Methode der Untersuchung kaum beachtet ist.

Wie man aus der Länge des Pendels auf die jeweilige Schwerkraft schliessen kann, ergibt sich aus den Beziehungen, welche man zwischen der Gravitationskonstante g und dem Sekundenpendel gefunden hat. Es verhält sich stets

$$l : g = 1 : \pi^2, \text{ wo } \pi = 3{,}_{1415926}\ldots, \text{ also}$$

$$l = \frac{g}{\pi^2} = \left(\frac{9{,}_{8}\ldots}{9{,}_{8696}}\right) \text{ und } g = l \,.\, \pi^2,$$

mit anderen Worten, man braucht nur die Länge des Sekundenpendels mit $\pi^2 = 9{,}_{86960}\ldots$ zu multiplizieren, um g zu erhalten. Vorgreifend erinnern wir daran, dass man namentlich in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts zahlreiche Pendelmessungen gemacht hat, um folgende Werte etwa zu finden, bezw. nach Interpolationsformeln für die Zwischenbreiten und den Pol zu berechnen [26]):

Breite	Sekundenpendel	Schwerkraft $g = l \,.\, \pi^2$	
	Millimeter	Meter	Centimeter
0^0	$990{,}_{97}$	$9{,}_{78046}$	$= 978{,}_{046}$
45^0	$993{,}_{59}$	$9{,}_{80632}$	$= 980{,}_{632}$
50^0	$994{,}_{04}$	$9{,}_{81082}$	$= 981{,}_{082}$
80^0	$996{,}_{06}$	$9{,}_{83068}$	$= 983{,}_{068}$
90^0	$996{,}_{22}$	$9{,}_{83232}$	$= 983{,}_{232}$

Die Länge des Sekundenpendels nimmt also vom Aequator bis zum Pol rund um $5{,}_2$ Millimeter, die Schwerkraft um $5{,}_2$ Centimeter zu. Die in der Schwereformel (6) $g_\varphi = g_o + k \,.\, \sin^2\varphi$ gesuchte Konstante k ist also $= 52^{mm}$ und demnach beträchtlich grösser als die Abnahme der Fliehkraft vom Aequator bis zum Pol, welche wir zu ca. 34^{mm} fanden (S. 111).

---

[26]) Abweichend von den Angaben in den frühern Auflagen sind obige Werte seit 1908 direkt der neuen Helmertschen Formel von 1901 (in Centimetern)

$$g = 978{,}_{046} + 5{,}_{18560}\sin^2\varphi - 0{,}_{0068463}\sin^2 2\varphi$$
$$= 978{,}_{046}\,(1 + 0{,}_{005302}\sin^2\varphi - 0{,}_{000007}\sin^2 2\varphi)$$

angepasst, wobei die Konstante für die Schwerkraft am Aequator, um alles auf das sog. Wiener Messungssystem zu reduzieren, zugleich von $978{,}_{000}$ auf $978{,}_{046}$ cm erhöht ist (s. F. R. Helmert, der normale Teil der Schwerkraft im Meeresniveau (Sitz.-Ber. Berl. Akad., Phys.-math. Kl. 14. Juni 1901; s. Pet. Mitt. 1901. LB. 60S.

Selbstverständlich müssen die durch Beobachtung gefundenen Pendellängen behufs Vergleichs erst auf den Meeresspiegel reduziert werden. Befindet sich eine Station h^m über letzterem, so verhalten sich nach dem Gravitationsgesetz die Pendellängen $l_h : l_o$ und damit die Schwerewerte $g_h = l_h \cdot \pi^2$ und $g_o = l_o \cdot \pi^2$ wie

$$l_h : l_o = R^2 : (R + h)^2, \text{ oder genähert ist } l_o = l_h \left(1 + \frac{2h}{R}\right),$$

da man beim Ausmultiplizieren der Proportion das Glied $h^2 : R^2$ seiner Kleinheit wegen vernachlässigen kann[27]).

Beziehungen zwischen Abplattung und Schwerezunahme. Die sog. Abplattung $\alpha = (a - b) : a$ bietet uns einen einfachen Ausdruck für die Gestalt der Meridianellipse, wenn sie uns auch zunächst nichts über die Grösse derselben und damit der Erde aussagt. Nach mehrfachen ältern Versuchen gelang es dem Franzosen Clairaut[28]) 1743 eine Formel aufzustellen, welche die (aus Pendelmessungen gefundene) Zunahme der Schwerkraft nach den Polen mit der Abplattung der Erde in Beziehung setzt. Dieses sog. Clairautsche Theorem lautet in seiner einfachen Form: Der Abplattungswert (α) der Erde ist gleich dem $2\,^1/_2$-fachen Verhältnis der Fliehkraft am Aequator (f_o) zur Schwerkraft daselbst (g_o), vermindert um das Verhältnis der Zunahme der Schwerkraft vom Aequator bis zum Pol (k) zur Schwerkraft am Aequator (g_o):

$$\alpha = \frac{5}{2} \cdot \frac{f_o}{g_o} - \frac{k}{g_o}.$$

Man kann also, wenn man k kennt, aus dieser Gleichung α finden. Nach unsern heutigen Kenntnissen (s. o.) erhält man (rund)

$$\alpha = \frac{5}{2} \cdot \frac{f_o}{g_o} - \frac{k}{g_o} = \frac{^5/_2 \cdot 33{,}_{91} - 51{,}_{86}}{9780{,}_{46}} = \frac{84{,}_{775} - 51{,}_{86}}{9780{,}_{46}} = \frac{32{,}_{92}}{9780{,}_{46}} = \frac{1}{297},$$

also einen Abplattungswert, der zwar dem Verhältnis von Fliehkraft zur Schwerkraft am Aequator ($= 1 : 288{,}_4$) nahe kommt, aber doch kleiner ist als dieses.

Man darf dabei nicht vergessen, dass diese Formel auch nur eine Annäherung ist und ihre Giltigkeit nur behält, so lange man glaubt, auf die zweiten und höhern Potenzen der an sich kleinen Zahl α bei der Entwickelung verzichten zu können[29]).

§ 58. Die Gradmessungen. Wir sind mit diesen Betrachtungen der historischen Entwickelung vorausgeeilt. Newton und Huyghens, die sich in der Tendenz der Abweichung der Erde von der Kugelgestalt eins wussten, indem sie dieselbe als ein Sphäroid mit verkürzter Drehungsachse ansahen, kamen hinsichtlich des Abplattungswertes zu keiner Uebereinstimmung. Newton fand sie zu 1 : 230, Huyghens weit geringer zu 1 : 578, indem sie dabei von verschiedenen Hypothesen über die uns gänzlich unbekannten Dichtigkeitsverhältnisse des

[27]) Weitere „Reduktionen auf ebenes Terrain" u. a. übergehen wir. — [28]) Théorie de la figure de la terre, Paris 1743. — [29]) Helmert, Math. u. phys. Theorien der höhern Geodäsie, II, 1884, 83 ff.

Erdinnern ausgingen. (S. 140) Es entspann sich unter den Geophysikern jener Zeit ein lebhafter Streit über die Frage der Erdgestalt; man erkannte, dass die physikalischen Theorien durch geodätische Operationen geprüft werden müssten. Zu diesem Zweck schlug Cassini der Aeltere vor, die von ihm schon begonnene neue Erdbogenmessung möglichst zu erweitern. Das Ergebnis dieser sog. zweiten französischen Gradmessung, erst im Jahre 1718 veröffentlicht, lief freilich den Ansichten jener Physiker schnurstracks entgegen. Die Erde war danach nicht ein abgeplattetes Ellipsoid, sondern ein solches mit verlängerter Drehungsachse.

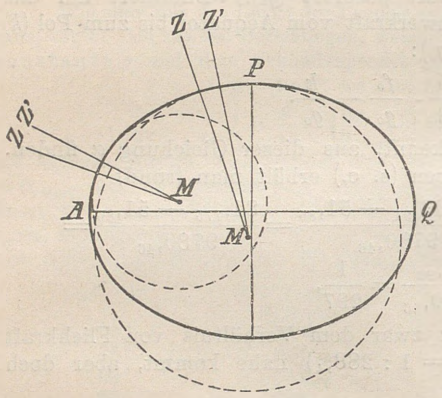
Indem Cassini den Gradbogen (in Toisen) bei

Dünkirchen (51° Br.)	= 56 960 t	= 111 017 m,
Paris (49° Br. Picardsche Messung)	= 57 060 t	= 111 212 m,
Perpignan (43° Br.)	= 57 097 t	= 111 284 m

fand, schienen die nördlichen Bogen die kürzeren zu sein, wie es das Gesetz eines verlängerten Sphäroids erfordert.

Um dies zu verstehen, erinnere man sich, dass das einem Grad entsprechende Stück eines Meridianbogens bei einer Kugel überall vollkommen gleich sein muss. Denn stets ist die Krümmung die gleiche, der Krümmungsradius fällt mit dem Kugelradius zusammen. Bei einem abgeplatteten Sphäroid dagegen sind die Bogenstücke, deren Endpunkte je einen Zenitabstand von 1° haben (ZZ' in Fig. 27), in niedern Breiten stärker gekrümmt, d. h. sie sind mit kürzerm Krümmungsradius gezogen als in höhern, also, weil sich die Bogen gleicher Zenitwinkel wie ihre Radien verhalten, kürzer in der Nähe des Aequators als an den Polen. Umgekehrt finden sich die flacher gestreckten, mit grösserm Krümmungshalbmesser gezogenen Bogen bei einem Sphäroid mit verlängerter Achse in den niedern Breiten; nach den Polen zu verkürzen sie sich mit der stärkern Krümmung mehr und mehr. (Es kann dies die gleiche Fig. 27 erläutern, indem man für den Fall des verlängerten Ellipsoids AQ als Drehungsachse ansieht.)

Fig. 27.



Um den Streit zum Austrag zu bringen, beschloss man Gradmessungen in möglichst hohen und möglichst niedern Breiten anzustellen; und so zogen Maupertuis und Clairaut 1736/37 nach Lappland, Bouguer und de la Condamine 1735—43 auf die Hochebene von Peru. Das Resultat entsprach nunmehr der aus Pendelbeobachtungen vermuteten Erdgestalt, insofern man den Grad in Lappland um $1\,^1/_3$ km grösser als in Peru fand. Damit gelangte um die Mitte des 18. Jahrhunderts die Anschauung eines abgeplatteten Erdsphäroids zum Durchbruch.

Freilich wollte sich in den Abplattungsziffern noch immer keine Uebereinstimmung finden lassen, je nachdem man die Resultate aus

den einzelnen Gradmessungen mit einander verband. Indem man dies lediglich als einen Einfluss der Messungsfehler ansah, suchte man immer von neuem zu Gradmessungen anzuregen; und somit wurden dann im Laufe des nächsten Jahrhunderts gewaltige Anstrengungen gemacht, um ausgedehnte Breiten- und Längengradmessungen auszuführen.

Das Metermass. Unter diesen ist die sog. dritte französische, 1793 vom Nationalkonvent beschlossene, dann von Mechain und Delambre über einen Bogen von $12\,^1/_2\,^0$ zwischen Dünkirchen und den Balearen durchgeführte Breitengradmessung von historischem Interesse geworden, weil sie mit der Begründung des Metersystems im innigen Zusammenhang steht. Man mass mit der sog. Toise du Pérou und fand den Erdquadranten[30]), d. h. den durch Frankreich ziehenden Meridianbogen von $0\,^0 - 90\,^0$, durch Rechnung zu

Q. = 5,130740 Toisen = 4432,959360 Pariser Linien.

Diesem Quadranten gab man im neuen Masssystem die Länge von 10 Millionen Meter und bestimmte durch Gesetz vom 22. Juni 1799 die Grösse des Meter zu $443,_{296}$ Pariser Linien[31]), in dem seltsamen Wahn, damit ein feststehendes, jeder Zeit wieder auffindbares Naturmass aufgestellt zu haben. Schon Delambre selbst fand 1810 infolge von Korrektionen den Meridianquadranten grösser als 10000000 Meter, und jede folgende Gradmessung hat demselben wiederum einen andern (meist grössern) Wert verliehen. Zum Glück ist man völlig von jenen falschen Grundanschauungen zurückgekommen und behält jetzt, wo das Metersystem seinen Eroberungszug über die zivilisierte Erde begonnen hat, den in den Pariser Archiven aufbewahrten Platinstab als Urmass für alle Nachbildungen bei, unbekümmert um die Frage, den wievielsten Teil derselbe vom Erdquadranten ausmacht.

§ 59. Die Berechnungsformeln des Sphäroids[32]). Wie eine jede Kugel nach der Grösse durch den Halbmesser, so ist ein jedes Rotationssphäroid nach Gestalt und Grösse entweder durch die beiden Halbachsen a und b, oder durch eine derselben und ihr Verhältnis zur andern bestimmt, denn die

$$\text{Abplattung } \alpha = \frac{a - b}{a}$$

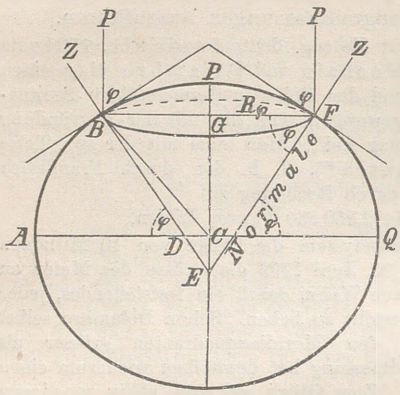
allein vermag nur die Gestalt zu kennzeichnen. Erst die weitere Kenntnis der absoluten Grösse einer Linie, aus der sich a oder b berechnen lassen, gibt uns im Anschluss an α eine Vorstellung von der Grösse des Sphäroids.

---

[30]) Base du système métrique, Paris, I. 1806, 99 u. III. 1810, 138. — [31]) Durch viele Jahrzehnte haben sich durch die französische Literatur leidige Differenzen dadurch fortgeschleppt, dass die Astronomen statt am gesetzlichen Masse vielmehr am ursprünglich gefundenen (= $443,_{295936}$ Linien) festhielten. Vergl. Geogr. Jahrb. III, 1870, S. VI ff. — [32]) Die meisten Werke der höhern Geodäsie, ebenso Bohnenbergers Schrift „Trigonometr. Messungen a. d. sphäroidischen Erdoberfläche", Deutsch v. E. Hammer 1885, und J. J. Bayer, Das Messen a. d. sphäroidischen Erdoberfläche, Berlin 1862 u. a. beschränken sich auf die Formeln für die linearen Ausmessungen der Erde. Eine Zusammenstellung aller bisher für Linien- und Flächengrössen des Erdsphäroids angewandten Formeln und Untersuchung ihrer Vorzüge und Nachteile fehlt zur Zeit. Eine Auswahl geben mit entsprechender Entwicklung Martus, Astronom. Geographie, 3 Aufl., 1904, IV. das Erdellipsoid; Helmert, Die math. u. physik. Theorien d. höhern Geodäsie I. 1880, Kap. I, 37 — 68. Das abgeplattete Rotationsellipsoid; Jordan, Handb. d. Vermessungskunde III, Kap. III: Das Erdellipsoid; E. Häntzschel, Das Erdsphäroid u. seine Abbildung, Lpz. 1903. Genauere Entwickelung von Formeln für Meridianbogen, Parallelkreisbogen und Zonen gibt A. v. Böhm, „Ueber Berechnungformeln des Erdsphäroid und die Besselschen Konstanten". Abh. d. Geogr. Ges. in Wien, IX, Nr. 2, Wien 1911. Vergl. auch H. Wagner im Geogr. Jahrb. III, 1870.

1. Die Exzentrizität der Meridianellipse und damit des Erdkörpers kommt im wesentlichen nur als Hilfsglied in den Berechnungsformeln in Betracht.

Fig. 28.



Ist e die Entfernung eines Brennpunkts vom Mittelpunkt der Ellipse oder die sog. lineare Exzentrizität $e = \sqrt{a^2 - b^2}$ (Atlas, Taf. II, Fig. 1), so gibt ihr Verhältnis zur halben grossen Achse die sog. numerische Exzentrizität

$$\varepsilon = \frac{e}{a} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

2. Die Normale oder die Richtung, welche die Oberfläche des Ellipsoids überall senkrecht schneidet, fällt — dies ist der Hauptunterschied zwischen Erdkugel und Erdsphäroid — bei letzterm nicht mehr mit dem zum Erdmittelpunkt führenden Leitstrahl zusammen. Die Normalen schneiden die Erdachse ausserhalb des Zentrums, aber die zu einem Parallelkreis gehörigen Normalen treffen sie in ein und demselben Punkte. Ist N die Strecke der Normale bis zur Drehungsachse (EF Fig. 28), so berechnet sie sich für die Breite φ aus

$$N_\varphi = \frac{a}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi}}$$

3. Durch diese Verhältnisse entsteht der wichtige Unterschied zwischen der geographischen und geozentrischen Breite. Die letztere, welche dem Winkel ACB zwischen Radiusvektor BC und der Aequatorebene AC (Fig. 28) entspricht, hat für die Geographie keine grössere Bedeutung. Unter geographischer Breite verstehen wir fortan den Winkel zwischen der Normale eines Punktes und der Aequatorebene (ADB, Fig. 28). Sie ist beim abgeplatteten Erdsphäroid immer etwas grösser als die geozentrische Breite, die Unterschiede übersteigen aber bei der Erde nicht $11\frac{1}{2}'$ (45° Br.)[33]. Da wir die zum Zenit führende Lotlinie oder Normale durch die Richtung der Schwerkraft bestimmen (§ 31), so wird an den Methoden der Bestimmung der geographischen Breite nichts geändert.

4. Der Krümmungsradius M für einen Punkt der Meridianellipse in der Breite φ (Meridiankrümmungsradius) beträgt

$$M_\varphi = \frac{a(1 - \varepsilon^2)}{(1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}} = \frac{b^2}{a(1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

Den 360. Teil des mit dem Krümmungsradius der betreffenden Breite gezogenen Kreises nennt man den „Grad im Meridian". Der Querkrümmungsradius, d. h. der Halbmesser des quer zum Meridian von West nach Ost verlaufenden Krümmungskreises, ist nichts Anderes als die oben beschriebene Normale

$$N_\varphi = \frac{a}{\sqrt{1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi}}$$

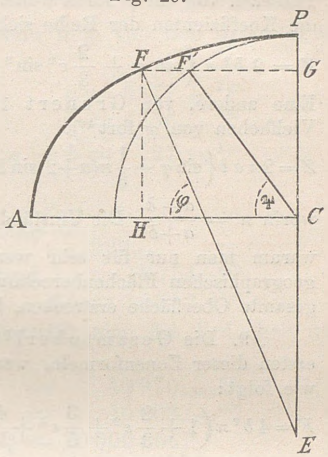
Unter dem mittleren Krümmungshalbmesser[34] versteht man in der Geodäsie das geometrische Mittel aus den beiden Hauptkrümmungshalbmessern

$$r = \sqrt{M \cdot N} = \frac{a \cdot \sqrt{1 - \varepsilon^2}}{1 - \varepsilon^2 \sin^2 \varphi}$$

[33]) Häntzschel a. a. O. S. 16 erhält, von den Besselschen Werten für a und b ausgehend, $0^\circ\ 11'\ 30''{,}66$ und als zugehörige Breite $45^\circ\ 5'\ 45''{,}33$. — [34]) Jordan a. a. O. III. 1894, § 32, 1907, § 29.

Der Querkrümmungshalbmesser (oder die Normale) ist stets etwas grösser als der Meridiankrümmungshalbmesser. Je näher das Verhältnis $N : M = 1$ ist, um so mehr ist es gestattet, die Erde in der betreffenden Linie als Kugel anzusehen. Am Aequator ist das Verhältnis ($= 1{,}0067$) um $^2/_3\,\%$, in 45° Br. ($= 1{,}0034$) um $^1/_3\,\%$ von 1 verschieden. Kommt es auf grössere Genauigkeit nicht an, so kann man $N : M = 1$ setzen und die Erde als Kugel mit dem mittleren Krümmungsradius der entsprechenden Breite betrachten (S. 120).

Fig. 29.



5. Umständlicher sind die Formeln für die Berechnung der Meridianbogen vom Aequator bis zur Breite φ. Etwas einfacher gestaltet sich eine solche, wenn man statt der geographischen Breite (φ) die sog. reduzierte Breite (ψ) einführt[35]). Denkt man sich in die Meridianellipse einen Kreis mit der halben Erdachse als Halbmesser beschrieben (Fig. 29) und fällt man von einem beliebigen Punkte F des Meridians, zu welchem die geographische Breite φ gehört, ein Lot auf die Erdachse, FG, welches jenen Kreis im Punkte F' treffen möge, so nennt man den Winkel $F'CA$ zwischen dem zu F' gehörigen Radius $F'C$ und der Aequatorebene die reduzierte Breite. Diese beiden Breitenwinkel φ und ψ sind durch die Gleichung

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{b}{a} \,.\, \operatorname{tg}\varphi = \sqrt{1-\varepsilon^2} \,.\, \operatorname{tg}\varphi$$

verbunden. Die Formel für den Meridianbogen vom Aequator bis zur Breite φ lautet alsdann[36])

$$B = \left(1 + \frac{\varepsilon'^2}{4} - \frac{3}{64}\varepsilon'^4\right) b \,.\, \psi - \frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon'^2}{4} - \frac{\varepsilon'^4}{16}\right) . b \sin 2\psi - \frac{\varepsilon'^4}{256} \,.\, b \,.\, \sin 4\psi,$$

wobei $\varepsilon'^2 = \frac{a^2-b^2}{b^2}$ als sog. zweite Exzentrizität, im Gegensatz zu $\varepsilon^2 = \frac{a^2-b^2}{a^2}$, bezeichnet wird. — Kennt man den Meridianbogen, so ergeben sich die Längen der Meridiangrade oder die Abstände der Breitenparallelen auf dem Sphäroid als erste Differenzen der Meridianbogen.

6. Die Parallelkreise und Längengrade nehmen beim Sphäroid nicht einfach mit dem Kosinus der geographischen Breite ab, sondern hängen, wie aus Fig. 28 ersichtlich ist, von der Länge der jeweiligen Normale ab. Aus Dreieck EGF ist $R_\varphi = N_\varphi \cos\varphi$, also wird der zugehörige Parallelkreis $= 2\,N_\varphi \cos\varphi \,.\, \pi$, und der Längengrad $= (2\,N_\varphi \cos\varphi \,.\, \pi) : 360$.

7. Der Meridianquadrant ergibt sich, wenn α der Abplattungswert ist, aus

$$Q = \frac{1}{2}\pi \,.\, a \,.\, \left(1 - \frac{1}{2}\alpha + \frac{1}{16}\alpha^2\right) \text{ und genähert aus } Q = \left(\frac{a+b}{4}\right)\pi^{37})$$

---

[35]) Helmert a. a. O., I, 40; Häntzschel a. a. O., 6 ff. — [36]) Häntzschel a. a. O., 33 ff. — [37]) Diese Formel ist mit der vorigen identisch, sobald man das Glied $\frac{1}{16}\alpha^2$ vernachlässigt, denn

$$\frac{1}{2}\pi a\left(1 - \frac{1}{2}\alpha\right) = \frac{1}{2}\pi a\left(1 - \frac{a-b}{2a}\right) = \pi\left(\frac{2a - a + b}{4}\right)$$

8. Die Formeln für die Breitenzonen und Gradfelder erweisen sich wiederum als umständlich für die genaue Berechnung[38]). Unter den von verschiedenen Autoren entwickelten dürfte die 1787 von W. L. Krafft aufgestellte[39]), nach Potenzen von sin φ fortschreitende noch immer insofern die bequemste sein, als die Koeffizienten der Reihe sich am einfachsten berechnen lassen:

$$Z = 2\,b^2\,\pi\left(\sin\varphi + \frac{2}{3}\varepsilon^2\sin^3\varphi + \frac{3}{5}\varepsilon^4\sin^5\varphi + \frac{4}{7}\varepsilon^6\sin^7\varphi + \frac{5}{9}\varepsilon^8\sin^9\varphi\ldots\right)$$

Eine andere, von Grunert 1833 gefundene Formel läuft dagegen nach dem Vielfachen von φ fort[40]).

$$Z = 2\pi\,a\,b\left(\sin\varphi - \frac{1}{3}n(n+2)\sin 3\varphi + \frac{1}{5}n^2(2n+3)\sin 5\varphi - \frac{1}{7}n^3(3n+4)\sin 7\varphi\ldots\right)$$

worin $n = \frac{a-b}{a+b}$. Die Umständlichkeit dieser Formeln macht es uns verständlich, warum man nur für sehr wenige Grundwerte solche Tabellen dieser für die geographischen Flächenberechnungen unentbehrlichen Werte, die sich über die gesamte Oberfläche erstrecken, berechnet hat.

9. Die Gesamtoberfläche des Sphäroids berechnet sich aus der ersten dieser Zonenformeln, wenn man $\varphi = 90^0$ setzt und das Ganze verdoppelt, wie folgt:

$$F = 4\,b^2\,\pi\left(1 + \frac{2}{3}\varepsilon^2 + \frac{3}{5}\varepsilon^4 + \frac{4}{7}\varepsilon^6\ldots\right)$$ oder auch nach einer kleinen Umformung

$$= 2\pi\left[a^2 + b^2\left(1 + \frac{1}{3}\varepsilon^2 + \frac{1}{5}\varepsilon^4 + \frac{1}{7}\varepsilon^6\ldots\right)\right]$$ und genähert $= \frac{4}{3}\pi\,(2a^2 + b^2)$[41]).

10. Der Inhalt oder das Volumen folgt aus $V = \frac{4}{3}\pi\,(a\,.\,a\,.\,b)$.

11. Als geodätische Linie bezeichnet man auf dem Erdsphäroid die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten A und B seiner Oberfläche. Man kann sie behufs Berechnung dieses Abstandes bei kürzern Entfernungen sehr nahe durch das entsprechende Stück eines Kreises ersetzen, welcher mit dem mittlern Krümmungsradius für die Mittelbreite beider Punkte gezogen wird.

§ 60. Die Dimensionen des Erdsphäroids nach Bessels Elementen. Unter den verschiedenen Versuchen, aus den Gradmessungsresultaten nach sorgfältiger Abwägung ihres Wertes die Elemente eines idealen Erdsphäroids zu berechnen, hat sich in der geographischen, astronomischen und geodätischen Literatur derjenige grosse Geltung verschafft, welchen der Königsberger Astronom W. Bessel schon 1841 veröffentlicht hat. Früher durch die Autorität dieses Mannes getragen, haben sich die von ihm berechneten Grundwerte durch zahlreiche

---

[38]) Eine Uebersicht über die für die Berechnung von Zonentabellen im Laufe der Zeit wirklich angewandten Formeln findet man in Th. Willers, Zur Geschichte der geogr. Flächenmessung seit Einführung des Planimeters. Ergänzungsheft zu Pet. Mitt. Nr. 170, Gotha 1911. — [39]) Nova acta academiae scient. Petropol. I. 1787, 389. — [40]) Vergl. die kürzere Ableitung dieser Formel bei Häntzschel a. a. O., 53 ff. Letzterer hält diese Grunertsche Formel für die für numerische Berechnungen beste; dem kann ich nicht beipflichten. — [41]) Diese abgekürzte Formel ergibt sich unter Vernachlässigung der höhern Potenzen von ε^2 aus $2a^2\pi + 2b^2\pi\,(1 + {}^1/_3\,\varepsilon^2)$, wenn man bei der Entwickelung in

$$= \frac{2\,\pi}{3}\left(\frac{3a^4 + 2a^2b^2 + a^2b^2 + a^2b^2 - b^4}{a^2}\right)$$

den Ausdruck $a^2a^2 + b^2b^2$ statt $a^2b^2 + a^2b^2$ setzt. Der eingeklammerte Faktor wird dabei um $(a^2 - b^2)^2$ zu gross.

darauf basierte Tabellenwerke und praktische Berechnungen in weiten Kreisen Mitteleuropas eingebürgert, und man behält sie doch noch bei, trotzdem der Fortschritt der Erkenntnisse gezeigt hat, dass der Besselsche Wert für den Aequatorialradius etwas zu klein zu sein scheint. (S. 124.)

Nach Bessels Elementen ist, wenn man von den Bruchteilen des Meters absieht:

Der Halbmesser des Aequators $a = 6377{,}_{397}$ km
Die halbe Erdachse $b = 6356{,}_{079}$ km
Demnach der Unterschied $a - b = 21{,}_{318}$ km

Die Abplattung ergibt sich aus

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{21{,}_{318}}{6377{,}_{397}} \text{ oder } = \frac{1}{299{,}_{15}}$$

Der Durchmesser des Aequators, rund $2a = 12\,754{,}_{8}$ km
Die Erdachse $2b = 12\,712{,}_{2}$ km

Der Durchmesser des Aequators übertrifft also die Erdachse um $42{,}_{6}$ Kilometer. Es ist ferner der

Umfang des Aequators = 40 070,$_{368}$ km
Umfang der Meridianellipse = 40 003,$_{423}$ km
Meridianquadrant Q = 10 000 856 m
Länge des Aequatorgrades = 111 307 m
Länge des grössten Meridiangrades (= 89° — 90° d. Br.) = 111 680 m
Länge des mittlern Meridiangrades = 111 121 m
Länge des kleinsten Meridiangrades (0° — 1° d. Br.) = 110 564 m

Die Meridiangrade wachsen also polwärts um 1116 m, rund $1\,{}^{1}/_{9}$ km.
Die Oberfläche der Erde F = 509.950 714 qkm
Das Volumen der Erde V = 1.082.841.300 000 kbkm

Die Abplattung ist doch nicht so unbedeutend, dass man sie nicht auch bildlich zur Anschauung bringen könnte. Ein ausgezeichnetes Hülfsmittel des Studiums ist in dieser Hinsicht Ferdinand Linggs Erdprofil der Zone von 31°—65° N. Br. quer durch Europa, im gleichen Massstab 1 : 1 Million für Längen und Höhen ($3\,{}^{3}/_{4}$ m lang), auf dem eine Fülle von Tatsachen aus den hier behandelten Gebieten zur Darstellung gebracht ist[42]).

Nach Bessels Elementen sind die oft in den Formeln vorkommenden Hülfsgrössen wie folgt[43]):

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} = 0{,}08169683 \qquad \varepsilon^2 = 0{,}0066743722$$

$$\varepsilon' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}} = 0{,}08197084 \qquad \varepsilon'^2 = 0{,}0067192188$$

$$\log \sqrt{1-\varepsilon^2} = 9{,}9985458202$$

$$n = \frac{a-b}{a+b} = 0{,}001674185 \qquad \log \frac{a-b}{a+b} = 7{,}2238033948 - 10$$

[42]) Erdprofil, München, (Piloty u. Loehle), 1886; später hat Lingg jenes Werk trefflich ergänzt durch die „Konstruktion des Meridianquadranten auf dessen Sehne“ in 1 : 10 Millionen (das. 1893). — [43]) Weitere Werte s. v. Böhm, 88.

Ausführliche über die ganze Erdoberfläche ausgedehnte Berechnungen von Linear- und Flächengrössen sind mehrfach für das Besselsche Erdsphäroid angestellt worden, in älterer Zeit nach Toisen, geographischen Meilen und geographischen Quadratmeilen, seit 1870 auch im metrischen Masse[44]). Im übrigen hat man sich in den Vermessungsämtern einzelner Staaten meist darauf beschränkt, die fraglichen Werte für die jeweilig in Betracht kommenden Zonen des Staatsgebiets zu berechnen.

Eine Tabelle der abnehmenden Meridiangrade und Längengrade (Parallelgrade) und für Gradfelder nach Bessel findet sich im Anhang dieses Bandes. Diese Werte (bezw. die ihrer Vielfachen) sind im Kartenrand der Blätter in Sydow-Wagners Atlas seit 1888, ebenso die Flächenzahlen eingetragen[45]). Letztere finden sich jetzt auch in verschiedenen deutschen Handatlanten.

Der mittlere Krümmungsradius $= \sqrt{MN}$ für verschiedene Breiten hat nach Bessel folgende Längen (in Kilometern)[46]):

Breite	$\sqrt{MN}$	Breite	$\sqrt{MN}$	Breite	$\sqrt{MN}$
0°	$6356{,}_{08}$	40°	$6373{,}_{65}$	60°	$6388{,}_{06}$
10°	$6357{,}_{36}$	45°	$6377{,}_{36}$	70°	$6393{,}_{76}$
20°	$6361{,}_{05}$	50°	$6381{,}_{07}$	80°	$6397{,}_{49}$
30°	$6366{,}_{70}$	55°	$6384{,}_{67}$	90°	$6398{,}_{79}$

§ 61. Erdsphäroid und Kugel vom mittlern Halbmesser. Will man, wie es für viele praktische geographische Zwecke, besonders auch in der Kartographie, ausreicht, das Sphäroid durch eine Kugel ersetzen, so darf man grundsätzlich nur eine solche wählen, welche mit ersterm gleichen Inhalt hat. Den Radius dieser Kugel nennt man den mittlern Erdradius, unter welchem man das geometrische Mittel der drei Achsen $\sqrt[3]{a^2 . b}$, nicht das arithmetische $(a + a + b) : 3$ versteht.

Der Zufall will, dass nach den Besselschen Elementen das arithmetische Mittel $= 6370{,}_{291}$ km sich kaum von den Halbmessern derjenigen Kugeln unterscheidet, welche mit dem Erdsphäroid haben:

die gleiche Oberfläche F, denn $R = \sqrt[2]{\frac{F}{4\pi}} = 6370{,}_{289}$ km,

den gleichen Inhalt V, denn $R = \sqrt[3]{a^2 b} = 6370{,}_{283}$ km.

Die Nautiker, denen es auf die Flächen nicht ankommt, wählen als mittleren Halbmesser das Mittel $(a + b) : 2 = 6366{,}_{735}$ km [46a]).

Im folgenden stellen wir noch einmal die am häufigsten in der Geographie zur Anwendung kommenden Grundwerte zusammen, wie sie dem Besselschen Erdsphäroid und der Kugel vom (abgerundeten) mittleren Radius von 6370 km entsprechen. Wer den letzteren verwendet, sollte sich die Grösse der Abweichungen vergegenwärtigen.

---

[44]) H. Wagner, Die Dimensionen des Erdsphäroids nach Bessels Elementen im metr. Masse. Geogr. Jahrb. III, 1870. Die Tabellen für Parallel- und Meridiangrade, Zonen und Gradfelder etc. gehen bis auf halbe Grade herab; A. Steinhauser, „H. Wagners Tafeln der Dimensionen des Erdsphäroids auf Minutendekaden erweitert", (Zeitschr. f. wiss. Geogr. V, 1885, auch im Sonderdruck, Wien, Hölzel). Hartl, Meridianbogen (und Grade), sowie Parallelgrade von 0°—90° für je 10′, von 40° — 51° 30′ für je 1′ in Mitt. d. K. K. Militärgeogr. Instituts XIV, Wien 1894. Parallelbogen (für je 10′), Meridianbogen (für je 6′), Trapezflächen (10′ × 6) für die Breiten von 45° — 55° in Jordans Handbuch III, Anhang etc. — [45]) Die Flächen der Zwei-, Fünf- und Zehngradfelder und Zehngradzonen s. am Ende dieses Bandes. — [46]) Die Logarithmen der drei Krümmungsradien (nach Bessel) in Metern für Minutendekaden der Breite finden sich in Jordans Handb. III, Anhang. [46a]) Breusing, Steuermanns Kunst, 6. Aufl. v. C. Schilling, Leipzig, 1902, 143.

Grundwerte	Sphäroid	Kugel ($R = 6370^{km}$)
Aequator	40 070 km	40 024 km
Meridiankreis	40 003 km	40 024 km
Meridianquadrant	10 001 km	10 006 km
Erdoberfläche (Millionen qkm)	509,95	509,95

Parallelgrade (Kilometer).

Breite	Sphäroid	Kugel	Diff.	Breite	Sphäroid	Kugel	Diff.
0°	111,3	111,2	— 0,1	50°	71,7	71,5	— 0,2
10°	109,6	109,5	— 0,1	60°	55,8	55,6	— 0,2
20°	104,6	104,5	— 0,1	70°	38,2	38,0	— 0,2
30°	96,5	96,3	— 0,2	80°	19,4	19,3	— 0,1
40°	85,4	85,2	— 0,2	90°	—	—	—

Die Parallelgrade sind also beim Besselschen Sphäroid stets etwas grösser [47]). Wenn sich die Unterschiede gegen die Kugel auch wenig über $0,2^{km}$ erheben, so fällt der Betrag beim Vielfachen, wie den Fünf- oder Zehngradbogen etc., numerisch schon ins Gewicht. In der Kartographie, wo wir die natürlichen Grössen im Bilde sehr verkleinern, kann man die Differenzen so lange vernachlässigen, als man kleine Massstäbe anwendet. Bei solchen von 1 : 500 000 und darüber machen sie sich aber schon geltend ($0,2^{km}$ oder 200^{m} in 1 : 500 000 = $0,4^{mm}$, in 1 : 100 000 schon = 2^{mm}). Bei topographischen Karten muss man also stets die dem Sphäroid entsprechenden Werte zu grunde legen.

Bedeutungsvoller sind die Abweichungen bei den Flächenwerten, wie aus folgendem Vergleich hervorgeht:

Eingradfelder (Quadratkilometer).

Breite	Sphäroid	Kugel	Diff.	Breite	Sphäroid	Kugel	Diff.
0° — 1°	12 306	12 360	+ 54	50° — 51°	7 890	7 862	— 28
10° — 11°	12 106	12 153	+ 47	60° — 61°	6 122	6 086	— 36
20° — 21°	11 546	11 576	+ 30	70° — 71°	4 157	4 126	— 31
30° — 31°	10 640	10 650	+ 10	80° — 81°	2 058	2 040	— 18
40° — 41°	9 411	9 399	— 12				

Man kann sich beim Ersatz des Sphäroids durch eine Kugelfläche den wahren Werten dadurch nähern, dass man zum Halbmesser der Kugel nicht den mittlern Kugelradius, sondern den mittlern Krümmungsradius, der zur Mittelbreite des betrachteten Oberflächenstücks gehört, nimmt [48]).

Wenn demnach die Kugelwerte zu Abschätzungen vollkommen genügen, so wird man beim Entwurf von Karten grossen Massstabes und bei Flächenberechnungen jederzeit vom Sphäroid ausgehen müssen. (Vergl. Kartometrie § 114.)

In stark abgerundeten Zahlen entspricht der Kugel von 6370^{km} Radius:

Ein Kugelkreis . . . = 40 000 Kilometer.
Ein Erdgrad . . . . = 111 Kilometer.
Eine Erdbogensekunde = 31 Meter.
Die Erdoberfläche . . = 510 Millionen Quadratkilometer.

---

[47]) Daher stimmt z. B. auch die am Kartenrand des Wagnerschen Atlas angegebene Grösse der Längengrade, weil nach dem Sphäroid berechnet, nicht genau mit den einfachen Berechnungsergebnissen für die Kugel. — [48]) Näheres in Hammers Aufsatz: Ueber die Fehler bei Ersetzung der ellipsoid. Erdoberfläche durch eine Kugelfläche; Zeitschr. f. Schulgeogr. XXI, 1900, 161—172. Daselbst stellt Hammer in instruktiver Weise die Werte für Meridian- und Parallelkreisbögen von 5°, sowie für einzelne Gradfelder nebeneinander, wie sie sich aus den Besselschen Dimensionen und je den mittlern Krümmungsradien ergeben. Die Tabellen erstrecken sich für je 10° als Mittelbreite auf Zonen von ± 30° Br.

§ 62. Die beiden geographischen Meilen[49]). Seit vier Jahrhunderten spielt, wie oben gezeigt (S. 52), ein der Kreisteilung angepasstes Meilenmass in der geographischen Literatur, besonders Deutschlands, eine grosse Rolle. Die deutsche Meile, ursprünglich kurzweg als der 15. Teil eines Erdgrades angenommen, ist später, als man die Erde als Sphäroid erkannte und den Aequatorgrad daher nicht mehr dem Meridiangrad gleich setzen konnte, stets auf den Aequator bezogen worden. Man verstand unter jener Meile den 15. Teil des Aequatorgrades. Den Beinamen der geographischen Meile hat sie erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts erhalten, trotzdem sie die Eigenschaft eines geographischen Naturmasses seit vier Jahrhunderten besass. Ganz selbstverständlich hat sie, ebenso wie die von ihr abgeleitete geographische Quadratmeile, auch im letzten Jahrhundert alle Schwankungen mitgemacht, in denen sich unsere Kenntnisse von der Grösse des Aequators bewegten. Nach dem Besselschen Erdsphäroid berechnet sich der genauere Wert der

$$\text{deutschen geographischen Meile} = \frac{111\,307^{\text{m}}}{15} = 7420,_{44}{}^{\text{m}}{}^{50}) \text{ (vergl. § 30)},$$

$$\text{deutschen geogr. Quadratmeile} = 55,_{063}{}^{\text{qkm}}{}^{51}).$$

Die Einführung des Metermasses hat sie aus der Literatur verdrängt und ein Bedürfnis zur Beibehaltung eines doppelten geographischen Masses für Strecken und Flächen, das noch dazu zum Kilometermass in keinem kommensurablen Verhältnis steht, kann heute nicht mehr anerkannt werden.

Die Seemeile, ursprünglich unter dem Namen einer italienischen Meile als der 60. Teil eines Erdgrades in der Geographie zur Anwendung kommend, von den Engländern seit länger auch kurz als ‚geographical mile' bezeichnet, behauptet in nautischen Kreisen der meisten seefahrenden Nationen zur Zeit noch eine fast umstrittene Herrschaft. Sie hat sich hier bei den meisten derselben als der 60. Teil eines mittlern Meridiangrades oder als sog. mittlere Breitenminute eingeführt. Zu ihrer Abschaffung liegt deshalb weniger Grund vor, weil in der Nautik, anders als in der Geodäsie kein Bedürfnis ganz exakter Grössenbestimmungen, die auf viele Bruchteile der Meile herabgehen, besteht, und weil andererseits die Quadratur der Seemeile als Flächenmass sich nirgends eingebürgert hat. Wir haben die Seemeile als vierten Teil einer deutschen Grossmeile früher (Seite 52) zu 1850^{m} bestimmt. Der genauere Wert als mittlere Breitenminute würde nach Bessels Elementen betragen:

$$\text{Seemeile} = \frac{111\,121^{\text{m}}}{60} = 1852^{\text{m}}{}^{52}).$$

§ 63. Neuere Gradmessungen und Berechnungen des Erdsphäroids. Die Arbeit der genauern Erforschung der Erdgestalt auf geometrischem Wege, nämlich dem der Gradmessungen, hat auch seit der Zeit Bessels nicht geruht. Man erweiterte die Breitengradmessungen in Ostindien,

---

[49]) Es dient sicher nicht zur Klarheit, wenn man bald für die deutsche, bald für die Seemeile ohne Nebenbezeichnung den Namen der „geographischen Meile" gebraucht. Besonders Nautiker und Freunde des Seewesens, wie Herm. Berghaus, haben versucht, die Seemeile auf Landkarten unter der Form der „geographischen Meile" (60 = 1°) einzuführen, doch ohne Erfolg. — [50]) Ausführliche Reduktionstabellen s. im Geogr. Jahrbuch III, 1870, S. LVI. — [51]) Ebenso, Geogr. Jahrb. II, 1868, S. XCVIII. — [52]) Entsprechend den Berechnungen in ältern Tabellenwerken war die Seemeile im Geogr. Jahrb. 1870, VIII, als Bogenminute des Aequators mit 1855^{m} bestimmt. Auch in der 6. Aufl. von Jordans Handb. d. Vermessungskunde II, 1904, [44] findet sich noch die veraltete Angabe (1855^{m}). Vergl. Näheres von K. Zöppritz im Geogr. Jahrb. IX, 1882, S. XIV.

Frankreich, England und Russland auf Bogen von 20^0—25^0 und mehr und setzte die grosse russische, bei Orsk beginnende Längengradmessung längs des $52.^0$ Br. durch Mitteleuropa bis Irland fort, sodass man einen Bogen von fast 59 Längengraden oder 4700^{km} festlegen konnte. In der Erkenntnis jedoch, dass die Messung einzelner isolierter Erdbogen über den wahren Verlauf der mathematischen Oberfläche keinen genügenden Aufschluss geben kann, ward schon 1861 durch General J. J. Baeyer das Unternehmen der mitteleuropäischen Gradmessung begründet. Dieselbe erweiterte sich bald zu einer europäischen, hauptsächlich um alle bereits vorhandenen astronomischen Bestimmungen und Gradmessungen zu ergänzen und zu einem engen Netz zu verbinden und somit ganze Bündel benachbarter Meridiane und Breitenparallelen genau zu bestimmen. Dies Unternehmen ist mit der Zeit jedoch weit über die ursprünglichen Ziele hinausgewachsen, und indem sich aussereuropäische Staaten anschlossen, hat es alle Hauptprobleme der Geophysik des Erdballes und der höhern Geodäsie in den Kreis seiner Arbeiten gezogen; seit 1886 ist daraus die Vereinigung der internationalen Erdmessung[53]) geworden.

Auch an Versuchen, neue Grundwerte eines idealen Erdsphäroids zu berechnen, hat es nicht gefehlt[54]), und wenngleich diese vom geophysikalischen Standpunkt als überwunden betrachtet werden, so muss die Geographie davon doch Notiz nehmen, weil man sie teilweise für verschiedene Berechnungen, besonders von Arealgrössen, zur Grundlage genommen hat.

Zur Charakteristik der Einzelbestimmungen des Sphäroids genügt an dieser Stelle die Kenntnis weniger Zahlen:

Berechner	Jahr	Aequatorialradius a	Halbachse b	Mittl. Radius $(= \sqrt[3]{aab})$	Abplattung
Delambre	1800	6 375 653 m	6 356 564 m	6 369 284 m	1 : 334
Bessel	1841	6 377 397 m	6 356 079 m	6 370 283 m	1 : 299,15
Clarke	1866	6 378 206 m	6 356 584 m	6 370 990 m	1 : 295
Clarke	1880	6 378 249 m	6 356 515 m	6 370 996 m	1 : 293,47
Harkness	1891	6 377 972 m	6 356 727 m	6 370 883 m	1 : 300,2
Helmert[55])	1906	6 378 140 m	6 356 758 m	6 371 004 m	1 : 298,3
Hayford[56])	1906	6 378 388 m	6 356 909 m	6 371 220 m	1 : 297,6

Verhältnismässig gering erscheinen im ersten Augenblick die Unterschiede hinsichtlich der Grösse der Erde. Seit Picards Zeiten, der für den Kugelradius 6372^{km} fand (S. 107), schwankt diese Ziffer, wie man sieht, nur um 2—3^{km}, seit Bessels Zeiten nur etwa um

---

[53]) Ueber die Tätigkeit dieser Körperschaft von Astronomen und Geodäten bringt das Geogr. Jahrbuch regelmässige Berichte. — [54]) Eine übersichtliche, auf gleiches Mass reduzierte Zusammenstellung der von 1800 bis 1872 versuchten Berechnungen gab B. Listing in den Nachrichten d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1873 Nr. 3. G. Perrier, La figure de la terre (Rev. de géogr., Paris III. 1908, 201—508), berücksichtigt auch die neuern. — [55]) Verhandl. d. 15. Allg. Konferenz d. Internationalen Erdmessung, Berlin 1908, II, 277. — [56]) John F. Hayford, The figure of the Earth and Isostasy from Measurements in the U. St. Wash. 1909 und Suppl. Investigations. 1910; s. u. S. 135, Anm. 22.

900 m. Man wird heute annehmen dürfen, dass die Besselschen Dimensionen der Erde um einige hundert Meter zu klein sind [57]).

Da die Erhöhung des mittlern Erdradius um 1 m die Oberfläche um 160 qkm [58]) vergrössert, so ergibt sich, dass diese Differenzen bei Flächenberechnungen nicht zu vernachlässigen sind. Die Erdoberfläche ist nach Clarke (1866) um 112 120 qkm (Island = 103 000 qkm) grösser als nach Bessel. Das hat die Wirkung, dass ein Gradfeld zwischen europäischen Breiten (35° — 70°) nach Clarke (1866) durchschnittlich um 2 qkm grösser ist, als nach Bessel [59]).

Von den oben angeführten Grundwerten der Erddimensionen sind im wesentlichen nur die Clarke'schen von 1866 ausgedehnteren Berechnungen zu grunde gelegt worden; vor allem beherrschen die darauf gegründeten Zonen-Tafeln den Bereich der englischen bezw. russischen geographisch-geodätischen Literatur [60]).

Die Abplattungsziffer bewegt sich seit fünfzig Jahren zwischen 288 und 300; neuere Untersuchungen schieben aber den wahrscheinlichen Wert mehr nach oben (zwischen 296 und 300 etwa). Nicht nur die neue Analyse der Messungen des Sekundenpendels, sondern auch die Ergebnisse astronomischer Berechnungen, die aus sog. Mondstörungen und Präzessionserscheinungen abgeleitet sind, sprechen für diese geringere Abplattung [61]), die nicht weit von 298 entfernt zu sein scheint. Das ist bedeutungsvoll. Indem sich die Abplattung von dem einfachen Verhältnis der Fliehkraft zur Schwerkraft am Aequator (1 : $288{,}_4$, S. 111) entfernt, zeigt sich, dass die Erdgestalt nicht allein durch diese beiden Kräfte bedingt ist.

§ 64. Die Abweichungen der Erdgestalt vom Rotationssphäroid [62]). Die hinter uns liegende Periode der Forschung ist dadurch gekennzeichnet, dass man die Abweichungen, welche die Vermessungsresultate ergaben, bei ihrer Anpassung an die sphäroidische Erdgestalt mehr oder weniger als Beobachtungsfehler oder als lokale Unregelmässigkeiten ansah und sich begnügte, sie durch rechnerische Methoden auf das geringste Mass zurückzuführen. Seit einem Menschenalter hat man

---

[57]) Helmert, Verh. d. Konf. d. perman. Kommission d. internat. Erdmessung, Nizza 1888, Beil. Ia. — [58]) Wie man sich leicht überzeugt aus $4\,(R + 1^{\mathrm{m}})^2 \cdot \pi = 4\,R^2\pi + 8\,R\pi \cdot 1^{\mathrm{m}} + 4\pi$; $4\,R^2\pi$ entspricht der Erdoberfläche vom Radius R; das Glied 4π kommt nicht in Betracht; dagegen ist $8 \cdot 6\,370\,000^{\mathrm{m}} \cdot 1^{\mathrm{m}} \cdot \pi = 160^{\mathrm{qkm}}$. — [59]) Vergl. näheres bei Hammer, Geogr. Zeitschr. VI, 1900, 143, und Th. Willers (vergl. Anm. 38, S. 118). — [60]) Vergl. Th. Willers (Ebenda S. 30 ff.). Zonen-Tafeln zw. 30° — 80° Br., in Minuten-Dekaden fortschreitend, hat J. Strelbitsky (La superficie de l'Europe 1882) in Q.-Werst veröffentlicht. Ueber die ganze Erde ausgedehnt finden sich solche Tafeln, von Woodward berechnet, in The Smithonian Geographical Tables, Wash. 1894. — [61]) S. Helmert, Theorien d. h. Geodaesie II, 1884, 472, 487; Tisserand, Traité de mécanique céleste II, Paris 1891, 368. Aus den Pendelmessungen bestimmte Helmert die Abplattung zu $298{,}_3 \pm 1{,}_1$. Sitz.-Ber. d. k. Preuss. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Kl. 1901, 14. März. — [62]) Das umfassendste und grundlegendste Werk sind Helmerts Math. u. physik. Theorien der höhern Geodäsie, I, 1880; II, 1884; s. auch Bruns, Die Figur der Erde, 1878. S. Zöppritz im Geogr. Jahrb. VIII, 1880, 5 ff. und die weitern Berichte von diesem und (seit 1887) v. Hergesell und R. Langenbeck. Den neuesten Standpunkt fasst trefflich zusammen Helmerts Vortrag. Verh. d. VII. Internat. Geogr.-Kongr., Berlin 1900, I, 5—15, sowie O. Heckers Vortrag, Geogr. Zeitschr. XIV, 1908, 13—22.

sie allgemein als in der Natur der Erdgestalt begründet erkannt. Zwar die Aufgabe, eine mathematische Figur der Erde herzustellen, welche von den Runzelungen ihrer Oberfläche, wie sie uns das Kartenbild darstellt, absieht, nimmt man sich auch ferner zum Ziel. Aber man erkennt, dass eben die unregelmässige Verteilung verschieden dichter Massen in der Erdrinde, vor allem der Gegensatz von Kontinentalmassen und Ozeanen, auf den Verlauf der mathematischen Fläche doch einen grösseren Einfluss ausübt, als man bisher glaubte, wenn nicht etwa noch andere Faktoren mitwirken. Zunächst galt es, die Schwereverteilung und die Störungen ihres regelmässigen Verlaufes systematisch durch Beobachtung von Lotabweichungen und erneute Prüfung der Pendelmessungen zu studieren.

Längst war es den Astronomen bekannt, dass äusserlich sichtbare Gesteinsmassen wie Berge und Gebirge das Bleilot aus der Richtung ablenkten, welche es vermöge der allgemeinen Schwerkraft der Erde annehmen würde, und die wir als die Normale der betreffenden Erdstelle bezeichnen. Wenn diese Erscheinung an sich nichts Auffälliges hatte, so war die Entdeckung, dass die Lotabweichung eine ausserordentlich häufige Erscheinung ist und im Grunde an zahlreichen Stellen der Erdoberfläche auftritt, wo äusserlich wahrnehmbare ablenkende Gebirgs- oder Gesteinsmassen nicht vorhanden sind, ein Beweis, dass ein regelmässiger Verlauf von Meridianen und Breitenkreisen, wie sie das Rotationssphäroid voraussetzt, in Wirklichkeit kaum vorhanden ist. Man unterscheidet seitdem die lokalen Lotabweichungen von den regionalen, über weitere Strecken sich hinziehenden und stellt ihnen drittens die kontinentalen Störungen gegenüber, d. h. solche, welche durch ganze Kontinente mit ihrem Sockel im Gegensatz zu den Meeresbecken hervorgerufen werden. Nur die letztern kontinentalen Störungen interessieren uns für die allgemeine Gestalt der Erde.

Nach unsern frühern Betrachtungen (§ 57) wächst die Schwerkraft polwärts theoretisch mit dem Quadrat des Sinus der geographischen Breite. Danach müssten die Linien gleicher Schwerkraft auf der Erdoberfläche, falls auf den Meeresspiegel reduziert, den Breitenparallelen genau gleich laufen. Indessen, als man infolge reichern Materials Linien gleicher Pendellänge kartographisch konstruierte[63]), zeigten sich nicht unbeträchtliche Biegungen derselben gegenüber den Breitenkreisen, ohne dass freilich gesetzmässige Abweichungen dabei schon hervorgetreten wären. Erst eine erneute Gruppierung der Inselstationen im Gegensatz von solchen an Küsten und im Innern der Kontinente stellte die auffallende Tatsache fest, dass das Sekundenpendel auf den ozeanischen Inseln länger, die Schwerkraft also grösser sei, als an den Küsten der Festländer oder im Innern der letztern.

---

[63]) A. Steinhauser gab eine solche Karte in Mercators Projektion (Aequ. Massstab 1 : 175 000 000) 1876 in Scheda und Steinhausers Handatlas, Wien, Artaria, II. Abt. (auch einzeln), die jetzt natürlich veraltet ist.

So ergab sich z. B., dass das Sekundenpendel[64]) in Minicoy, einer der Malediven im Indischen Ozean, + 4 Schwingungen am Tage mehr als in Punnae an der Südspitze Ostindiens (8° N Br.) mache, dagegen in Bangalur (13° Br.) — $3,_2$, in Dehra am Fuss des Himálaja (30° Br.), sogar — $8,_7$, also weniger als in Punnae. Je grösser die Zahl der Schwingungen in 24^h, desto grösser die Schwerkraft.

Diese Ergebnisse überraschten, da man zunächst das Umgekehrte erwartete, weil die die Inseln umgebenden Wassermassen eine nicht halb so grosse Dichte wie die Bodenschichten besitzen, die unter den Beobachtungstationen an Küsten und auf Festländern liegen. Man schloss daher zuerst aus der weit verbreiteten Erscheinung, dass die Meeresfläche selbst inmitten der Ozeane ein tieferes Niveau als an den Festlandsküsten habe, sodass jene Inselstationen, wenn man die Schwere in gewöhnlicher Weise auf den Meeresspiegel reduziert (S. 113), tatsächlich dem Mittelpunkt der Erde näher gelegen seien als die Stationen im Festland (in gleicher Breite). Daraus entnahm man den Einwurf gegen die Einseitigkeit des lange geübten Verfahrens, die Gestalt der Erde nur aus Gradmessungen bestimmen zu wollen, da diese selbstverständlich nur auf dem Festland ausgeführt werden können[65]).

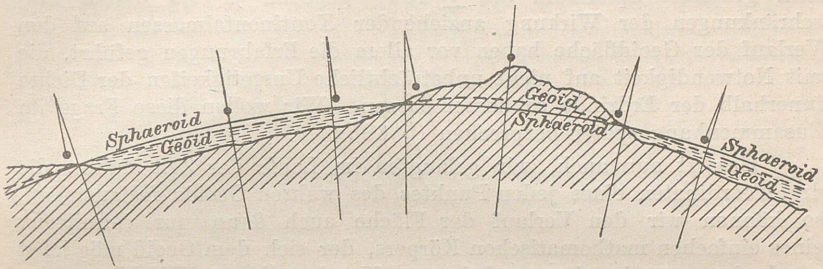
§ 65. Das Geoid. Diese und ähnliche Beobachtungen haben zu der Ueberzeugung geführt, dass man in der Tat den Gedanken fallen lassen muss, die mathematische Erdoberfläche durch einen mathematisch so leicht bestimm- und berechenbaren Körper wie ein Umdrehungsellipsoid darzustellen. Indem man die Figur des Erdkörpers als das Ergebnis aus der Anziehung aller seiner Massenteile in ihrer verschiedenartigen Anordnung auf jeden Punkt seiner Oberfläche ansieht, bezeichnet man letztere mit dem Ausdruck einer Niveaufläche. Sie besitzt die Eigenschaft, in jedem Punkte die Richtung der Schwere senkrecht zu durchschneiden[66]). Freilich ist damit über ihren Verlauf so wenig ausgesagt als mit dem Namen des Geoides, den man der wahren Erdgestalt seit vierzig Jahren beilegt[67]), um sie von der früher vermuteten eines Sphäroids mit elliptischem Meridian zu unterscheiden. Tatsächlich können wir uns von diesem Geoide nur eine Vorstellung machen, indem wir seine Abweichungen von einem idealen Sphäroide, das der Erdgestalt nahe kommt, zu erforschen und zu schildern suchen. Wir haben uns die Geoidfläche als eine solche allseitig gekrümmte zu denken, die sich aus stetig in einander übergehenden Flächen von abwechselnd etwas grösserer oder geringerer Krümmung zusammensetzt, ohne je ihre konkave Seite nach aussen zu kehren, wie es die schema-

---

[64]) S. Geogr. Jahrb. IX, 1882, 2, die Angaben für 32 Stationen. — [65]) Neuen Anstoss gab in dieser Richtung besonders Ph. Fischer in seiner Schrift: Die Gestalt der Erde, 1868. Umfassende Analysen aller Pendelmessungen hat mehrfach später Helmert (Bd. I, 115 ff.) durchgeführt und gezeigt, dass ein Unterschied zwischen Küsten- und Binnenlandstationen nicht besteht. S. Geogr. Jahrb. XI, 1887, 210. — [66]) Der Begriff der Niveaufläche ist 1743 von Clairaut in die Wissenschaft eingeführt (s. o. S. 113 Anm. 28). — [67]) Der Name Geoid oder geoidische Fläche ist von B. Listing 1873 vorgeschlagen (a. a. O., s. Anm. 54).

tischen Figuren unserer Handbücher (und so auch Fig. 30) darstellen müssen, weil sie das Bild auf einen kleinen Raum zusammen zu drängen gezwungen sind. Die Geoidfläche entfernt sich, allmählich gegen die Kontinentalmassen ansteigend, unterhalb dieser letztern voraussichtlich etwas mehr vom Erdschwerpunkt als im Gebiet der Ozeane, wo sie sich ein wenig unter die Oberfläche des Sphäroids,

Fig. 30.



welches man durch die Küstenlinien der Erde legen wollte, zu senken scheint (vergl. Fig. 30, welche erst durch die Betrachtungen der Lotabweichungen S. . . . verständlich werden wird).

Es entsteht also jetzt die Aufgabe, die einzelnen Erhebungen oder Senkungen, die positiven und negativen Abweichungen von einem idealen Ellipsoid, auf welches man diese selbst bezieht, zu bestimmen. Man erkennt leicht, dass sich in diesem neuesten Stadium die Frage nach der wahren Erdgestalt ungemein verwickelt hat. Wenn bei der Kugel die Messung eines Grades oder eines Stücks eines grössten Kreises, beim Ellipsoid diejenige zweier Bogenstücke desselben Meridians zu genügen schien, um daraus Gestalt und Grösse der Erde zu berechnen, so lässt sich die Aufgabe, die Geoidfläche zu konstruieren, immer nur für kleine Teile der Erdoberfläche aus zahllosen Einzelmessungen entnehmen, ohne dass man daraus sofort einen Schluss auf den weitern Verlauf der Niveaufläche an andern Erdstellen ziehen könnte.

In Wahrheit geraten nun auch alle früher erklärten geographischen Begriffe, soweit sie das mathematische Liniensystem der Erde betreffen, ins Schwanken. Meridiane können keine genauen Ellipsen, die Breitenparallelen keine genauen Kreise sein, ja sie verwandeln sich in Kurven doppelter Krümmung, da sie mit den ebenen Schnitten, die man durch ein System ihrer Punkte legen wollte, nicht mehr völlig zusammenfallen. Diese Tatsachen sind durch die grossen Gradmessungen auch aufs Ueberzeugenste nachgewiesen. So hat z. B. der Meridian, welchem entlang die grosse russisch-schwedische Gradmessung läuft (ca. 27° ö. v. Gr.), zwar einen sehr gleichmässigen Verlauf, aber eine andere Krümmung als der Meridian der englisch-französischen Gradmessung (fast mit dem Greenwicher zusammenfallend) in den entsprechenden Breiten. Und von dem 52. Parallel steht fest, dass er in seiner östlichen (russischen) Hälfte eine geringere Krümmung besitzt, als auf seiner westlichen (mitteleuropäischen)[68]).

[68]) S. die Ergebnisse kurz zusammengefasst in Helmerts Aufsatz „Die Grösse der Erde", Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss., Berlin 1909, 525—37.

Trotz der scharfsinnigen mathematischen Entwickelungen, denen man alle hierher gehörigen Probleme unterzogen hat, und aller Versuche, die anziehenden Wirkungen der Kontinentalmassen auf die Geoidfläche zu berechnen, ist man hierbei nicht über Vermutungen hinausgekommen. Die anfangs ausgesprochene Ansicht, dass die vertikalen Abstände des Geoids vom Sphäroid wohl im Mittel 1000^m betragen möchten [69]), wird von andern Seiten bestritten und diesen Abweichungen kein grösserer Spielraum als $\pm 100^m$ gegeben [70]). Zu diesen Einschränkungen der Wirkung anziehender Kontinentalmassen auf den Verlauf der Geoidfläche haben vor allem die Erfahrungen geführt, die mit Notwendigkeit auf nicht unbeträchtliche Unstetigkeiten der Dichte innerhalb der Erdrinde schliessen lassen. Wir wollen diese Frage im Zusammenhang später besprechen (§ 68).

Gesetzt nun auch, wir gelangten im Laufe der Zeit dahin, die drei Koordinaten eines jeden Punktes des wahren Geoids festzustellen, so können wir den Verlauf der Fläche auch dann nur vermittelst eines einfachen mathematischen Körpers, der sich dem Geoid möglichst anschmiegt, zur Anschauung bringen. Man hat diesem Hülfskörper verschiedene Namen — typisches Sphäroid, Referenzsphäroid etc. — beigelegt und für denselben allerlei Bedingungen hinsichtlich der Gestalt und Grösse aufgestellt. Für unsern Zweck genügt es, dass nach dem Urteil der gewichtigsten Kenner das Besselsche Erdsphäroid, wenn auch seine Dimensionen vielleicht ein wenig zu klein sind (S. 124), wohl geeignet ist, vor der Hand noch als ein solches Referenzsphäroid zu gelten, auf welches man die Geoidfläche projiziert [71]).

II. Die physikalischen Eigenschaften des Erdkörpers.
(Geophysik im engern Sinn.)

§ 66. Die letzten Betrachtungen über die Gestalt der Erde haben uns bereits gezeigt, dass wir bei Feststellung der räumlichen Ausdehnungen des Erdkörpers fortwährend einer Anknüpfung an das Stoffliche bedürfen. Die Gestalt selbst ist das Ergebnis der Verteilung der sie zusammensetzenden stofflichen Massen und der auf sie von aussen und innen wirkenden Kräfte. Wir haben also, indem wir uns mit der wichtigsten physikalischen Eigenschaft der Erde, der Schwere, beschäftigten, bereits jenes Grenzgebiet zwischen Physik, Geologie und Geographie betreten, das sich in den letzten Jahren besonders in England lebhafter Pflege erfreute, aber jetzt auch in Deutschland wieder Forscher anzieht: die Geophysik im engern Sinne (S. 00).

Literarischer Wegweiser. Neben B. Studers Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie (Die Erde, 2 Bde., 1844 und 1847), das den Lehrstoff nach den auf die Erde wirkenden Kräften gliedernd sachlich zwar viel-

[69]) H. Bruns, Figur der Erde, 1878, 24. — [70]) Helmert in Verh. d. VII. Int. Geogr. Kongr. Berlin I, 1900, 15. — [71]) Nach Helmert schmiegt sich Mitteleuropa weit mehr dem Besselschen Erdsphäroid an, als dem Clarkes von 1880. Dagegen glaubt er, dass der Aequatorialradius der Erde sich mehr dem grössern Werte nach Clarke nähere. S. S. 124, Anm. 57.

fach veraltet, aber in der Methode der Behandlung doch noch brauchbar ist, verweisen wir von neuem auf S. Günthers grösseres Handbuch der Geophysik, weil es die Geophysik im weitesten Rahmen behandelt (s. S. 42), sowie auf Arrhenius' Lehrbuch der kosmischen Physik, 1903 (ohne Quellennachweise), und Traberts Lehrbuch der kosmischen Physik, 1911 (s. S. 42). Dazu tritt M. P. Rudzkis Physik d. Erde, Leipzig 1911, die freilich nur einzelne Kapitel (Gestalt u. Dichte der Erde, Erdbeben, Tektonik, Ozeanographie, Flüsse, Eis u. Gletscher) behandelt. In engerm Rahmen bespricht klar und exakt die hierher gehörigen Probleme Osmond Fishers Physics of the Earthcrust, 2. Aufl. 1889, und vortrefflich orientieren seit 1880 die Jahresberichte im Geographischen Jahrbuch. Die meisten der heutigen Lehrbücher der Geologie gehen in die geophysikalischen Fragen kaum tiefer ein, als es im folgenden geschieht. Doch verweisen wir besonders auf Lapparent, Traité de géologie, 5. Aufl. I., Paris 1906; v. Fritsch, Allg. Geologie, Stuttgart 1888, 38—55. E. Kayser, Lehrbuch d. allg. Geologie, Stuttgart. 4. Aufl. I., 1912. Die Lehr- und Handbücher der theoretischen Physik setzen begreiflicher Weise Kenntnisse der höhern Mathematik voraus. Uebrigens besprechen die meisten Lehrbücher der Physik auch die Kapitel über die Dichte der Erde und den Erdmagnetismus.

1. Masse und mittlere Dichte.

§ 67. Bestimmung der mittlern Dichte des Erdkörpers. Unter der Masse eines Körpers versteht die Physik bekanntlich das Produkt seines Rauminhaltes (V) in seine Dichte (D). Das Volumen der Erde entspricht einer Kugel vom Radius $= 6370,_3^{km}$, sie hat einen Rauminhalt von fast $1\,^1/_{12}$ Billionen Kubikkilometer (S. 119). Da uns also V bekannt ist, so tritt uns die Frage nach der Masse der Erde in der Wissenschaft als diejenige nach ihrer mittlern Dichte oder ihrem spezifischen Gewicht entgegen:

$$D = \frac{M}{V} = \frac{\text{Masse der Erde}}{\text{Masse einer gleichgrossen Wasserkugel.}}$$

Das spezifische Gewicht des reinen Wassers bei 4° C. bezeichnet man, wie bekannt, mit 1; dasjenige der wichtigsten Gesteinsarten, aus denen die äussere Erdrinde zusammengesetzt ist, schwankt etwa zwischen 2 und 3 und mag im Mittel $2^1/_2$ betragen, wogegen die meisten Metalle schwerer sind. Eisen hat ein spezifisches Gewicht von $7,_8$, Silber von $10,_5$, Blei von $11,_3$, Quecksilber von $13,_6$.

Wir erhalten also in der Frage nach der mittlern Dichte der Erde leicht überschaubare Zahlen, die man dann zum Schluss nur mit V zu multiplizieren braucht, um die Erdmasse zu erhalten, falls es uns überhaupt auf das absolute Gewicht des Erdballs ankommt.

Man löst die Aufgabe, die Erddichte zu bestimmen, mit Hülfe des Gravitationsgesetzes. Nach diesem ist die Anziehungskraft (A) zweier Massen (M) und (μ) auf einander gleich dem Produkte der Massen, geteilt durch das Quadrat der Entfernung ihrer Schwerpunkte

$$A = k\,\frac{M\mu}{R^2},$$

wo k eine Konstante bedeutet. Die Schwerkraft der Erde denken wir uns in ihrem Mittelpunkt vereinigt. Vergleicht man nun diese Anziehungskraft (A), die die Masse der Erde (M) auf einen kleinen Körper

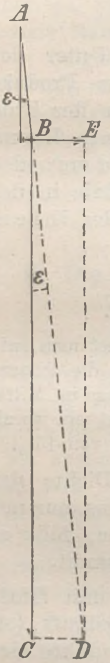
an ihrer Oberfläche — etwa das Gewicht eines Senkels (μ) — ausübt, mit derjenigen (a), welche ein nach Masse (m) und Entfernung (r) von μ genau bestimmbarer Körper auf diese Masse (μ) bewirkt, so muss sich aus diesem Verhältnis $A : a$ die Erdmasse, bezw. die Dichte des Erdkörpers bestimmen lassen. Denn aus

$$A : a = k\frac{M\mu}{R^2} : k\frac{m\mu}{r^2} \qquad \text{folgt } M = R^2\frac{m}{r^2}\cdot\frac{A}{a}. \tag{1}$$

Schon Newton deutete an, dass man dieses Verhältnis $A : a$ aus der Ablenkung müsse bestimmen können, welche eine nahe Gebirgsmasse notwendig auf das Bleilot ausübe. Aber ein Jahrhundert verging, ehe wirkliche Versuche in dieser Hinsicht gemacht wurden.

Lotabweichungen. Nach früher Gesagtem (§ 64) versteht man unter Lotabweichung den Winkel, den die tatsächliche Vertikale (die Richtung der lokalen Schwerkraft) mit der Normale am Beobachtungspunkte macht, wie diese letztere sich theoretisch aus der Krümmung eines Meridians ergibt (Fig. 27, S. 114). In gleicher Weise, wie das Bleilot seitwärts von einer anziehenden Masse aus jener Normalrichtung abgelenkt wird, muss auch der Spiegel einer Wasserwage durch letztere beeinflusst werden. Derselbe wird nach der Seite des Berges gehoben. Da wir nun unsere Messinstrumente, wie z. B. den Theodoliten (S. 76), nach der Wagerechten vermittelst der Libelle einstellen, so wird auch der Nullpunkt am Instrumente aus der Richtung der Normalen verschoben und damit auch unser Zenit Z (Fig. 32, S. 131). Erfolgt die Ablenkung des Zenits nach N, so nennt man sie positiv, wenn nach S, negativ. Die Lotabweichungen z. B. am nördlichen Harzrand müssen daher theoretisch positiv sein, weil das Bleilot nach Süden, das Zenit also umgekehrt nach N abgelenkt werden muss; am Südrand sollten sie negativ sein. Tatsächlich hat man dies gefunden[1]), z. B. in Harzburg + 13″, in Tettenborn, nw. v. Nordhausen — 5″; in Wladikawkas, nördlich vom Kaukasus, beträgt die positive Abweichung sogar 35″[2]). Selbstverständlich kann eine Lotabweichung auch nach andern Himmelsrichtungen erfolgen.

Fig. 31.



Der Ablenkungswinkel ε ergibt nun unmittelbar das Verhältnis der Erdschwerkraft A zur ablenkenden Kraft des Berges a. Denn wenn in Fig. 31 die Pfeile die Richtung der anziehenden Kräfte bezeichnen, also $BC = A$ und $BE = a$, so wird, da $CD = BE$, das Verhältnis $CD : BC$ nach dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte das Mass der Ablenkung darstellen, oder es ist:

$$A : a = 1 : \frac{CD}{BC} = 1 : \text{tang } \varepsilon.$$

Die Tangente des Ablenkungswinkels gibt das Verhältnis der anziehenden Kräfte an. Folglich aus (1)

---

[1]) Publ. d. k. preuss. Geod. Inst. v. 1875, S. Geogr. Jahrb. IX, 1882, 4. Hier sind die Abweichungen im System der k. preuss. Landes-Triangulation noch beibehalten. Die Werte lauten anders im System der europ. Gradmessung. Vergl. A. Galle, Lotabweichungen im Harz (Veröff. d. k. pr. Geod. Inst. N. F. Nr. 36 Berlin 1908, S. 118 ff.) — [2]) Geogr. Jahrb. X, 1884, 3.

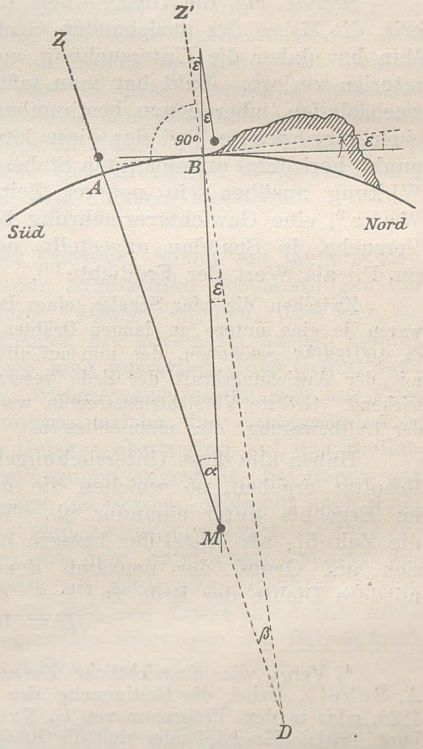
$$M = R^2 \frac{m}{r^2} \cdot \frac{1}{\text{tang } \varepsilon} \text{ und, weil das Volumen } V = \frac{4}{3} R^3 \pi,$$

$$D = \frac{M}{V} = \frac{R^2}{V} \cdot \frac{m}{r^2} \cdot \frac{1}{\text{tang } \varepsilon} = \frac{3}{4 R \pi} \cdot \frac{m}{r^2} \cdot \frac{1}{\text{tang } \varepsilon}. \quad (2)$$

Da R, der Erdradius, als bekannt vorausgesetzt wird, so handelt es sich also jetzt um die praktische Bestimmung der drei Grössen ε, m und r.

a. Die Grösse des Winkels der Lotabweichung (ε) wird durch einen Vergleich der Bogenlänge zwischen zwei Punkten A und B, gemessen im grössten Kreise, gefunden, wenn man diesen Bogen einmal auf geodätischem und dann auf astronomischem Wege bestimmt.

Fig. 32.



Gesetzt, wir hätten auf geodätischem Wege die Entfernung zweier Punkte A und B (Fig. 32), die auf dem 51. Breitengrade unter gleichem Meridian liegen mögen, zu 58 682 m gefunden, so entspricht dies, da der 51. Meridiangrad (nach Bessel) = 111 245 m [3]) ist, nach der Proportion

$$58\,682^{\text{m}} : 111\,245^{\text{m}} = x'' : 3600''$$

einem Bogen von 1899″ oder 31′ 39″. Ergibt sich aus Beobachtung der Zenitdistanz ein und desselben Sternes von A und B aus oder aus der Polhöhe beider Orte für die Differenz der Breiten der gleiche Winkel von 31′ 39″, so findet keine Lotabweichung statt. Wird der Winkel aber z. B. nur zu 31′ 26″, also 13″ kleiner gefunden, so kann dies nur darin seinen Grund haben, dass das Bleilot in A oder in B — im vorliegenden Falle wegen der Nähe des Berges X in B — um einen Winkel von 13″ aus der Richtung der Normalen nach N, also das Zenit von B nach S, abgelenkt wird. Dann durchschneiden sich die faktischen Vertikalen erst in D; der Bogen AB wird astronomisch durch Winkel β gemessen, und so ergibt sich $\alpha = \beta + \varepsilon$ oder 31′ 39″ = 31′ 26″ + 13″. Befindet sich die anziehende Masse zwischen A und B, so wird das Lot in A nach Nord, in B nach Süd abgelenkt; dann ist β grösser als α, und zwar um die Summe der beiden Ablenkungswinkel ($\varepsilon + \varepsilon$).

b. Ist die ablenkende Masse (m) ein isolierter Berg, so gilt es, dessen Volumen durch möglichst genaue Ausmessungen seiner Gestalt,

[3]) Geogr. Jahrb. III, 1870, S. XXXII und im Anhang dieses Bandes.

ferner das mittlere spezifische Gewicht der ihn zusammensetzenden Gesteine, endlich die im Innern versteckte Lage seines Schwerpunkts zu bestimmen, um danach die Entfernung des letztern vom Bleilot (r) zu berechnen [4]).

Solchen schwierigen Aufgaben haben sich mit Erfolg zuerst Maskelyne und Ch. Hutton [5]) 1774—76 am Berge Shehallien in der Grafschaft Perth unterzogen und danach zuerst $D = 4{,}_{48}$, dann $= 5{,}_{38}$ gefunden. Annähernd war also die mittlere Dichte fünfmal grösser als die des Wassers. Wir übergehen andere Versuche ähnlicher Art und ebenso die zahlreichen Pendelmessungen, die man mit gleichlangen Pendeln auf hohen Bergen und in der Ebene [6]) oder am Grunde und der Mündung tiefer Bergwerkschächte anstellte, um aus der beschleunigenden Wirkung, die die äussere Erdschale auf das unten hängende Pendel ausübt, die Dichte der Erde zu bestimmen [7]).

Immer lag die Unsicherheit dieser Methoden in der Schwierigkeit, die Masse der anziehenden Gesteinskörper genauer zu bestimmen. Man hat daher die Untersuchung später in die physikalischen Laboratorien verlegt. Bald hat man mächtige Metallkugeln oder dergl. in wechselnden, aber genau bestimmbaren Entfernungen auf die Kugeln einer Drehwage (bei der diese letztern am Ende eines im Schwerpunkt horizontal aufgehängten Stabes befestigt sind) [8]), eine ablenkende Wirkung ausüben, in neuerer Zeit unter der Schale einer feinen Wage [9]) eine Gewichtsvermehrung hervorbringen lassen. Umfassende Versuche, in Spandau angestellt, ergaben schliesslich $5{,}_{505} \pm 0{,}_{0013}$ (m. F.) als Wert der Erddichte [10]).

Zwischen die vier Schalen einer Doppelwage — an den oberen Schalen waren je eine untere an langen Drähten befestigt — ward ein Bleiblock von ca. 100 000 kg geschoben, der nun auf alle 4 Schalen wirkte, bei den obern sich mit der Anziehungskraft der Erde vereinigend, bei den untern ihr entgegenwirkend. Grösste Vorsichtsmassregeln waren angewandt, um störende Einflüsse der Luftbewegung etc. auszuschliessen.

Haben alle diese Untersuchungen auch noch kein völlig identisches Resultat ergeben, so weichen sie doch weit weniger als die frühern im Ergebnis unter einander ab. Während man nun eine Zeitlang die Zahl $5{,}_6$ als Mittel der bessern Bestimmungen annahm, neigt man sich auf Grund der neuesten dem etwas kleinern Werte für die mittlere Dichte der Erde zu [11]):

$$D = 5{,}_{52}.$$

---

[4]) Vergl. die übersichtliche Zusammenstellung der ältern Methoden in A. Schell, Ueber die Bestimmung der mittleren Dichte der Erde, Göttingen 1869, oder in dem Programm von G. Fresdorf unter gleichem Titel (Weissenburg 1894). Erschöpfender sind die Rückblicke über alles bisher Geleistete in J. H. Poynting, The mean Density of the Earth. London 1893. — [5]) Philos. Transactions, London 1775 u. 1778. — [6]) Versuche v. Carlini 1824 s. Schell a. a. O. S. 9. — [7]) S. Schell, S. 4 ff. — [8]) Hauptversuche von Reich 1838. — [9]) S. Geogr. Jahrb. IX, 1882, 5; die Versuche von Jolly, die einen ziemlich hohen Wert ergaben ($5{,}_{692}$), sind später mehrfach beanstandet. — [10]) S. Richarz und Krigar-Menzel in Sitz.-Ber. Berl. Akad. 1896, 1305, vergl. Pet. Mitt. 1897, LB. 485. — [11]) S. Hammer anknüpfend an Richarz-Krigar-Menzel und C. Braun (der $D = 5{,}_{527} \pm 0{,}_{002}$ [m. F.] fand) in Pet. Mitt. 1897, Lit.-Ber. 485, sowie Helmert, Bericht über die relat. Mess. der Schwerkraft mit Pendelapparaten 1901, 234.

Die Erde ist also ca. $5^1/_2$ mal schwerer als Wasser, ihre Masse beträgt das $5^1/_2$ fache einer gleich grossen Wasserkugel. Hält man daran fest, dass ein Kubikmeter reinen Wassers dem Gewicht von 1000^{kg} entspricht, so ergibt sich durch einfache Rechnung das Gewicht der Erde zu rund 6 Quadrillionen Kilogramm.

Denn (S. 129)

$$M = \text{Volumen} \times \text{Dichte} = \frac{4}{3} R^3 \pi \times 5{,}_{52} \times 1000^{kg}$$

$= 1082841$ Mill. kbkm $\times 1000^{kg} \times 5{,}_{52} = 5{,}_{977}$ Quadrillionen Kilogramm,

eine Zahl, die für uns nur Interesse hat, wenn wir etwa die Meeresmasse oder die der Lufthülle mit der Erdmasse vergleichen wollen. Es ist festzuhalten, dass sowohl im Wert der Dichte als der Masse der Erde die Meeresmasse mit enthalten ist. Dieselbe beträgt jedoch nur $^1/_{4300}$ der Erdmasse (§ 206)[12]).

Aus obigem Werte der Mitteldichte lässt sich nun zunächst nicht auf die wirkliche Zusammensetzung der Erde schliessen; nur geht daraus mit Klarheit hervor, dass im Innern der Erde weit dichtere Stoffe gelagert sein müssen, als uns an ihrer Oberfläche entgegentreten. Denn die grosse Mehrzahl unter den gesteinbildenden Massen ist kaum halb so dicht als die Erde im Mittel, und nur einzelne, wie z. B. Magneteisensteine etc., besitzen eine annähernd so grosse Dichte (4 — 5). Anders steht es mit den weit dichtern Metallen.

§ 68. Dichte-Verteilung in der Erdrinde. Schon seit längerer Zeit aben die während der Gradmessung angestellten Beobachtungen der otabweichungen die bemerkenswerte Tatsache ergeben, dass sich sowohl positive als negative Ablenkungen oft mitten im flachen Lande, kurz an Stellen gefunden haben, wo man äusserlich einen Grund dazu nicht zu entdecken vermochte[13]). Andererseits fanden sich am Fuss einzelner Gebirge solche Abweichungen, welche das entgegengesetzte Vorzeichen trugen, als wirke das Gebirge abstossend auf das Bleilot. So hat man in der Poebene Beobachtungen angestellt, bei denen das Bleilot statt von den Alpen angezogen zu werden, vielmehr nach S abgelenkt wurde. Die Beobachtungen sind neuerdings durch Schweremessungen bestätigt, die man mit dem handlichen Apparat des Halbsekundenpendels[14]) bereits an zahlreichen Punkten Mitteleuropas und Ausser-Europas gemacht hat, um damit eine früher nicht geahnte Zahl von lokalen und regionalen Störungen der Schwerkraft an nahe gelegenen Punkten festzustellen.

---

[12]) Indem E. Brückner (Allg. Erdkunde II, 1897, 1) das Volumen der Erde durch ein nicht aufklärbares Versehen nur zu 258509 Mill. kbkm annahm, gelangte er zu dem irrtümlichen Ergebnis, die Hydrosphäre sei ein $^1/_{110}$ der Lithospäre. — [13]) So die Beobachtungen um Moskau 1864, s. Geogr. Jahrb. X, 9, in Bulgarien, Jahrb. XIII, 38. — [14]) Vergl. die grosse Zusammenstellung in Helmerts Bericht über relat. Mess. d. Schwerkraft mit Pendelapparaten, 1901, und von E. Borrass (Verh. d. XVI. Allg. Konferenz d. Internat. Erdmessung III), Berlin 1911; Borrass verwertet die Beobachtungen an 2400 räumlich getrennten Stationen; dazu Karten der letztern in Europa und auf der Erde; über den sog. Sterneck'schen Apparat vergl. Mitt. d. k. k. militär-geogr. Instituts, IV und folgende; s. Geogr. Jahrb. XIII, 117; XV, 41.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit... Wro...

Da diese Differenzen sich nicht mehr durch einen Unterschied in der Entfernung der Beobachtungsstationen vom Schwerpunkt der Erde erklären liessen — selbstverständlich werden alle Beobachtungen auf den Meeresspiegel reduziert (S. 113) —, so bleibt allein die Vermutung übrig, dass in der Erdrinde Stellen grösserer oder geringerer Dichte abwechseln, und dass die sich kundgebende Verminderung der Schwere auf sog. Massendefekte in der Erdrinde zurückgeführt werden muss[15]). Es würde also die erwartete Vermehrung der Massenanziehung der Alpen nach dem Befund der Lotabweichungen auf ihrer Südseite ausgeglichen werden durch solche unter diesen Massen verdeckte Stellen weniger festen und dichten Gesteins, als es an der Oberfläche zu tage tritt.

Ueberträgt man diese Erfahrung auf die Resultate der Pendelmessungen auf Inseln (S. 125), so hat man schon seit länger den dort beobachteten grösseren Wert der Schwerkraft durch eine verhältnismässig grössere Dichte der Erdrinde unter den Ozeanen im Gegensatz zu derjenigen der kontinentalen Sockel erklärt. Man ging dabei von der Erwägung aus, dass die Erde sich im Bereich der Kontinente langsamer abkühle als in dem der Ozeane, wodurch unter letztern nicht nur eine raschere Verdickung der Erdkruste, sondern auch eine stärkere Verdichtung derselben hervorgerufen werde[16]).

Gesetzt, es ginge durch eine in gewisser Tiefe die Erde durchziehende Kugelfläche bei ihrer Abkühlung überall die gleiche Wärmemenge, so hätte diese unterhalb der Kontinente eine ca. 4^{km} dickere Schicht von ziemlich geringer Leitungsfähigkeit als unterhalb der Ozeane zu durchwandern. Dazu kommt, dass am Meeresboden eine weit geringerer Temperatur (ca. $+ 1^{0}$) als auf der Landoberfläche herrscht; jede Wärmeabgabe wird aber durch langsames vertikales Kreisen im Wasser fortgeführt, um kältere Wasserschichten nach unten gelangen zu lassen. Nicht mit Unrecht sieht man ein Bedenken gegen diese Begründung darin[17]), dass die auf diese Ursachen zurückzuführende Verdickung und Verdichtung der Schichten unterhalb des Meeresbodens wohl kaum ausreichen würde, um die wesentlich geringere Dichte der ozeanischen Wasserschicht gegenüber der des Kontinentalsockels auszugleichen.

Nun ist es aber in jüngster Zeit auch gelungen, Schweremessungen auf dem Polareis über tiefem Meer[18]), ja selbst auf Schiffen und damit inmitten der Meeresoberfläche[19]) anzustellen. Sie ergaben im Durchschnitt einen normalen Betrag der Schwerkraft über dem tiefen Wasser

---

[15]) S. Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 136; O. Messerschmidt, Verteilung d. Schwerkraft auf d. Erde (Geogr. Zeitschr. VII, 1901, 305—22); F. R. Helmert, die Schwerkraft und die Massenverteilung der Erde (Encyklopädie der math. Wissensch., Bd. VI., 1 B., Heft 2, Leipzig 1910). — [16]) S. die Ansichten von Faye im Geogr. Jahrb. XIII, 1889, 115; XV, 1891, 39. — [17]) Sven Arrhenius, Lehrb. d. kosm. Physik, 1903, 258. — [18]) S. The Norveg. North Polar Expedition 1893—96; Scient. Results VIII; O. E. Schiötz, Results of the Pendulum Observ. and some Remarks on the Constitution of the Earthcrust; Christiania 1900. — [19]) O. Hecker, Bestimmung d. Schwerkraft auf d. Atlant. Ozean (Berlin 1903), desgl. auf dem Indischen und Grossen Ozean und an deren Küsten (Berlin 1908), desgl. auf dem Schwarzen Meer nebst neuen Ausgleichungen auf den Ozeanen (Berlin 1910), s. auch Geogr. Jahrb. XXXV, 1912.

der Ozeane. Das scheint denn doch die Vermutung einer isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste (Hypothese von Pratt)[20]) zu bestätigen. Man versteht darunter die Eigenschaft, dass, wenn man von einer gewissen Tiefe an gleichgrosse Blöcke aus der äussern Kugelschale der Erde herausschneidet, diese an Masse gleich sind, gleichviel ob sie den Gebieten der Ozeane oder der Kontinente mit ihren Gebirgen und Hochländern entnommen sind. Die geringe Dichte der ozeanischen Gewässer wird, so nimmt man an, durch eine verhältnismässig grössere Dichte der festen Erdrinde unter ihnen ausgeglichen. Der unzweifelhaft festgestellte grössere Betrag der Schwerkraft auf kleinern Inseln in tiefem Wasser kann dann nur auf eine grössere Dichte der Inselsockel selbst — sie bestehen meist aus vulkanischem Gestein — zurückgeführt werden.

Nach den obigen Erfahrungen kann nunmehr auch das Ergebnis von astronomischen Nivellements nicht befremden, wie es u. a. im Meridian des Brockens von Celle bis zum Fuss der Alpen angestellt ist[21]). Man versteht darunter die Bestimmung der Polhöhen für nahe, nur etwa $10 - 15^{km}$ entfernte Orte, deren Differenz dann mit den geodätisch gemessenen Bogen verglichen wird. Ueberträgt man die gefundenen Lotabweichungen auf die Horizontallinie (S. 127), so erhalten wir ein Bild des wechselnden Auf- und Absteigens der Geoidfläche, die sich beiläufig in der Breite von Celle nur $+ 1^{m}$, am Fuss der Alpen nur $+ 10^{m}$ über das Erdsphäroid erhebt, aber keineswegs einen glatten Verlauf zeigt.

Neuere Untersuchungen zielen darauf ab, eine untere Grenze festzustellen, bis zu welcher derartige Unterschiede der Dichte anzunehmen wären, um sich insgesamt auszugleichen. Man hat diese zu ca. 120^{km} berechnet. In grösserer Tiefe würde die Erdrinde also sowohl unterhalb der Kontinente wie der Ozeane eine gleichmässigere Dichte zeigen[22]).

2. Die Eigenwärme und der innere Zustand der Erde[23]).

Wenn man ein Thermometer in den Erdboden senkt (oder in Kellern und Höhlen aufstellt), so ergibt sich, dass zwar diese sog. Bodentemperatur nicht unbeträchtlich von der Lufttemperatur über dem Boden abweicht, aber im allgemeinen noch von den Verhältnissen an der Oberfläche beeinflusst ist. Denn die Sonnenwärme dringt zum Teil in den Boden ein, und die Ausstrahlung entzieht ihm Wärme. Je tiefer man aber steigt, um so weniger prägen sich die Temperatur-Gegensätze der Luft von Tag und Nacht, von Sommer und Winter aus, bis man überall auf eine Schicht trifft, in welcher

---

[20]) S. bes. J. H. Pratt, Attraction of the Himalaya etc. up the plumbline (Phil. Trans., London 1859, 747). Die Hypothese ist später besonders von Faye und Helmert (s. bes. Sitzb. Akad. Berlin 1903, 843—56) weiter begründet worden. — [21]) S. Geogr. Jahrb. XV, 1891, 37. Das Profil des Geoids s. in Verhandl. der Konferenz der internat. Erdmessung zu Salzburg 1888. — [22]) Helmert, Die Tiefe der Ausgleichsfläche bei der Pratt'schen Hypothese (Sitzb. Akad. Berlin 1909, 1092 — 98; Hayford (Suppl. Invest., vergl. ob. S. 123, Anm. 56.), u. Beitr. z. Geophysik XI. 1912, 279—84.

[23]) H. Thiene, Temperatur und Zustand d. Erdinnern, eine Zusammenstellung u. krit. Beleuchtung aller Hypothesen. Jenaer Preisschrift, Jena 1907, die aber mehrfach nicht zur vollen Beherrschung des Stoffs gelangt.

die Temperatur völlig konstant bleibt und sich auch keine jahreszeitlichen Schwankungen mehr geltend machen. Bis zu dieser neutralen Schicht wird also die Wärmeverteilung im Erdboden wesentlich von der Insolation, d. h von den Wirkungen der Sonnenwärme, bestimmt. Es ist hiernach verständlich, dass man die neutrale Schicht in tropischen Gegenden, wo die Temperatur im Laufe des Jahres nur unbedeutend schwankt, schon wenige Meter unter der Erdoberfläche gefunden hat, während sie bei uns etwa 20 m tief liegt und in höhern Breiten noch tiefer herabsinkt. Wir kommen bei der Schilderung der Temperaturverhältnisse der Erde auf diesen Punkt zurück.

Dringt man aber weiter in die Erdrinde ein, so bemerkt man überall eine Zunahme der Temperatur, wie sie längst vor genauern Messungen in den Bergwerken beobachtet worden ist. Dazu trat die Erscheinung warmer, selbst heisser Quellen, das Aushauchen heisser Dämpfe und die ganze Fülle vulkanischer Erscheinungen mit ihrem Empordringen glühenden Materials, um die Ueberzeugung wachzurufen, dass der Erdkörper als Ganzes eine beträchtliche Eigenwärme besitze.

§ 69. Tiefentemperaturen[24]). Diese Zunahme der Temperatur mit der Tiefe hat man seit Ende des 18. Jahrhunderts durch immer zahlreichere direkte Messungen festzustellen gesucht. Zuerst bei den Bergwerken, wo man die Grubenwasser und das Grubengestein auf die Temperatur hin mass, dann, seitdem man häufiger artesische Brunnen und Salzquellen erbohrte, in den Bohrlöchern und endlich in den Tunnelbauten der Neuzeit.

In den bei Bohrlöchern angewandten Geothermometern ist die feine Röhre bis zur äussersten Spitze gefüllt, gestattet aber dort dem Quecksilber bei Ausdehnung in höherer Temperatur den Ausfluss durch eine feine Oeffnung. Später bestimmt man die dem Verlust entsprechende Wärmemenge, indem man das Thermometer ins Wasser stellt, das so lange erwärmt wird, bis das Quecksilber von neuem die Spitze erreicht. Auch die sog. Maximumthermometer, bei denen das Quecksilber während der Ausdehnung ein feines Metallstäbchen vorwärts schiebt, werden angewandt.

Man ist auf diesen Wegen im Laufe der letzten 40—50 Jahre allerdings weit tiefer unter die Erdoberfläche gedrungen als früher, nämlich bis etwa 2200 m, immerhin ist die durch solche Messungen durchsenkte Schicht ein äusserst geringer Bruchteil des Erdkörpers und übersteigt kaum $^1/_{3000}$ des Erdradius von 6370 km.

Als das tiefste Bergwerk galten lange die Schächte von Przibram in Böhmen mit 1130 m. Neuerdings hat man in den Kupfergruben am Obern See (Verein. Staaten) Schächte bis fast 1500 m unter die Erdoberfläche getrieben, und in Australien soll ein Schacht bis 1597 m hinabsteigen[25]). Bei Tunnelbauten

[24]) Vergl. den lichtvollen Vortrag des Oberberghptm. Huyssen (Verh. d. Deutsch. Geographentages zu Berlin, 1889, 255 ff.), der sich allerdings wesentlich nur mit der Tiefbohrung beschäftigt. — [25]) Bendigo Goldbergwerk nordöstl. v. Melbourne, Dagmargrube 5240 E. F. (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, 327.) Der Tamarak-Bergbau in Michigan soll sogar eine Tiefe von 1830 m haben(?) (das. 1901, 377).

kommt, ebenso wie bei Bergwerken, für unsere Frage selbstverständlich stets die rechtwinkelig gegen die mittlere Neigung der Oberfläche gerichtete Tiefe in Betracht. So liegt der Mittelpunkt des grössten Tunnels der Erde, des Simplontunnels, zwar 9800 m von den Eingängen entfernt, aber nur 1900 m unter der auf kürzestem Wege zu erreichenden Bergfläche. Im norddeutschen Flachlande hat man neuerdings an einer ganzen Reihe von Stellen Tiefen von 12—1300 m erbohrt. Als tiefstes Bohrloch gilt z. Z. dasjenige von Czuchow südl. v. Gleiwitz in Oberschlesien mit 2240 m oder ca. 2000 m unter dem Meeresspiegel; das von Schladebach, osö. v. Merseburg, ist nur bis 1748 m (1650 m u. d. Meeresspiegel) herabgestossen.

Das Bestreben, aus den Messungsresultaten eine allgemein gültige mittlere geothermische Tiefenstufe festzustellen, d. h. die Zahl von Metern zu bestimmen, welche man senkrecht abwärts schreiten muss, damit die Temperatur um 1^0 C. steigt, muss als ziemlich vergeblich angesehen werden. Wenn man sie zu 30 m—33 m angenommen hat, so ist zu beachten, dass neuere Zusammenstellungen [26]) sie zwischen 20 m und 70 m an ein und demselben Ort der Erde fanden. Gleichmässigere Resultate, 25 m bis 35 m, zeigten sich jedoch bei systematischer Gruppierung der Beobachtungsorte und Beobachtungsstellen.

So fand man 1885 [27]) aus 530 Beobachtungsreihen an 280 Orten für Bergwerke $23,_6$ m, Kohlengruben $27,_5$ m, artesische Brunnen $28,_1$ m, wogegen das Mittel aus vier Bohrungen in der norddeutschen Ebene 35 m ist. Die sorgfältige Messung, welche in Schladebach mittelst 57 Stufen von je 30 m gemacht ist [28]), ergab als rohes Mittel $36,_6$ m [29]) und für Tiefen, wo man im verrohrten Bohrloch mass, sogar 40 m. Für die beiden tiefsten Bohrlöcher von Paruschowitz und Czuchow glaubt man $31,_8$ m als mittlere Tiefestufe annehmen zu können [30]).

Auch ein Gesetz der Zunahme der Tiefentemperaturen vermochte man bisher nicht zu entdecken, und da es selbst nicht feststeht, ob diese Zunahme in der Tiefe langsamer vor sich geht, also die Tiefenstufen mehr und mehr nach unten wachsen, so bleibt man einstweilen bei der Annahme gleichmässiger Zunahme mit der Tiefe stehen. Die Berechnung solcher Flächen unter der Erdoberfläche, in denen man eine gleiche Erdtemperatur finden müsste, — sog. Geoisothermflächen [31]) — lässt sich daher nur unvollkommen ausführen. Nur steht fest, dass diese Flächen im grossen Ganzen der äussern Erdoberfläche parallel laufen und, in der Tiefe allerdings wohl mehr und mehr verflachend, das Relief wiedergeben. Die Flächen nähern sich einander unterhalb von engen Thälern, ent-

[26]) Von Everett, 1882. (Geogr. Jahrb. IX, 8), so auch T. Königsberger, Zentralblatt f. Mineralogie etc. 1907, 673 ff. — [27]) Von Prestwich, Geogr. Jahrb. XI, 219. — [28]) Geogr. Jahrb. XV, 1892, 5. — [29]) D. h. im einfachen Durchschnitt (s. Pet. Mitteil., 1890, LB. 1379), im Gegensatz zu den mit Hülfe von Ausgleichsmethoden berechneten Mitteln. Vergl. Dunckers Originalarbeit im neuen Jahrb. f. Mineral. etc., 1889, I, 29 ff. — [30]) Thiene (Anm. 23), S. 44 u. R. Michael u. W. Quitzow, Temperaturbeob. im Tiefbohrloch Czuchow. Jahrb. Geol. Landesanst. XXXI, T. II, Heft I, Berlin 1910. — [31]) Der Ausdruck Chthon-Isothermen (Bischoff: ἡ χθών der Erdboden) hat sich nicht eingebürgert. In Profilzeichnungen erscheinen die Flächen natürlich als Linien, welche dann als „vertikale Geoisothermen" bezeichnet werden können im Gegensatz zu den Linien gleicher Bodentemperatur, die man auch Geoisothermen nennt.

fernen sich unter freien Berggipfeln [32]). Es geht daraus hervor, dass für den Wärmegrad, der sich in einer gewissen Tiefe findet, wesentlich der Abstand des betreffenden Punktes vom Erdmittelpunkt in Frage kommt. Andererseits scheint jedoch auch die Schichtenlagerung mitzusprechen.

Man hat bei Durchstechung des Simplon im nördlichen Viertel, wo die Schichten steil aufgerichtet sind, eine langsame Temperaturzunahme mit Tiefenstufen von 50 — 60 m gefunden, im mittlern und südlichen Teil bei weit flacherer Lagerung der Schichten eine weit raschere. Hier folgen sich die Geoisothermen schon nach 30 — 40 Meter. — Als höchste Temperaturen fand man 56,$_6$° C. im Bohrloch von Schladebach, 1716 m unter der Oberfläche, aber 1616 m unter dem Meeresspiegel, während dieselbe im St. Gotthardtunnel in fast gleicher Tiefe unter der Oberfläche, aber 1100 m über dem Meeresspiegel, auffallend gering war, nämlich nur 32° betrug. Dagegen stieg im Simplontunnel aus oben dargelegten Gründen die Temperatur, 8 $^1/_2$ km vom Nordeingang, aber nur 1900 m unter der Oberfläche auf 53,$_6$ C. [33]). Im Bohrloch zu Czuchow war die höchste Temperatur 83,$_1$° C. bei 2220 m Tiefe.

Als Grund des ungleichen Wachstums der Wärme hat man in erster Linie das verschiedene Wärmeleitungsvermögen der Gesteine erkannt.

Dasselbe ist äusserst gering bei Kohlenarten, Erden, Gyps, gebrannten Steinen, stärker bei Laven und glasigen Massen, höher bei Kalken und Sandsteinen, ganz besonders bei Steinsalz, und erreicht in den Metallen den höchsten Betrag. Hierdurch erklärt sich vielleicht, dass man die geothermische Tiefenstufe in Kohlenbergwerken zu 27,$_5$ m, dagegen im Steinsalz zu Sperenberg zu 33 m fand, indem das Steinsalz die von unten kommende Wärme rascher nach oben leitet. Auch die Zersetzung und Selbsterwärmung von Sedimenten organischen Ursprungs übt Einfluss auf den Verlauf der Geoisothermflächen [34]). Immerhin gilt es, die mannigfachen Fehlerquellen der Beobachtungen noch zu entfernen, ehe man weitere Schlüsse zieht.

Jedenfalls haben alle Beobachtungen über Tiefentemperaturen zu der Erkenntnis geführt, dass, wenn auch lokal chemische Prozesse als Ursache der erhöhten Temperatur angesehen werden können, die Haupterscheinungen auf viel allgemeinere Wärmequellen im Erdinnern zurückzuführen sind.

§ 70. Die Erdrinde. Ueber die Zustände, in denen sich die tiefern Schichten der Erde befinden, sind wir allein auf Vermutungen angewiesen. Zunächst machen die Beobachtungen der Tiefentemperaturen, die heissen Quellen und vulkanischen Erscheinungen es wahrscheinlich, dass die Wärme nach innen noch beträchtlich zunimmt. Theoretisch liesse sich dann wohl die Schicht bezeichnen, in der die an der Erdoberfläche auftretenden Stoffe nicht mehr im festen oder selbst nicht mehr im flüssigen Zustande bestehen können, sobald man irgend ein Gesetz der Wärmezunahme annimmt. Wenn sich dieselbe in

[32]) S. das Profil der Temperaturzunahme im St. Gotthardtunnel 1 : 50 000 von Stapff, 1880. Vergl. Geogr. Jahrb. IX, 6. — [33]) H. Schardt, Die wiss. Ergebnisse d. Simplondurchstichs. Verh. der Versamml. der schweiz. naturwiss. Gesellsch. 87. Winterthur 1905. — [34]) J. F. Hoffmann in Gerlands Beitr. z. Geophysik V. 1903 u. VI. 1904.

arithmetischem Verhältnis fortpflanzte mit 1^0 C. für rund je 33^m, so müsste man in Tiefen von 30^{km} schon eine Temperatur von 1000^0 C., in 60^{km} von 2000^0 C. oder die Schmelzhitze der Lava erwarten. Aber man muss gleichzeitig beachten, dass bei so ungeheuerm Druck, wie er durch die oberen Schichten in solche Tiefen auf die untern bewirkt wird, die Ueberführung eines Stoffes von einem Aggregatzustand in den andern weit langsamer erfolgt und grössere Wärmemengen beansprucht. Es wäre also denkbar, dass in noch tiefern Schichten weit höhere Temperaturgrade bestehen, und so ein allmählicher Uebergang einer festen Erdrinde in eine solche Schicht, wo alle uns bekannten Stoffe sich verflüchtigen, stattfindet.

Die Frage dreht sich also darum, ob wir überhaupt eine erstarrte Erdrinde einem grössern oder kleinern Erdkern gegenüberstellen dürfen, in welchem trotz des gewaltigen Drucks und der grossen Hitze die Stoffe sich in einem flüssigen oder gasförmigen Zustand befinden, oder ob jene Erdrinde nur die äussere Schale einer bis zum Mittelpunkte erstarrten Erdkugel bildet. Darüber gibt es ebenso zahlreiche Hypothesen wie Ausgangspunkte der Betrachtungen. Nur einige derselben sollen hier zur Erörterung kommen.

§ 71. Der Erdkern. Lange hat man sich das Erdinnere völlig mit glutflüssigem Glutbrei, dem sog. Magma, ausgefüllt gedacht, hauptsächlich auch, weil man glaubte, die Abplattung der Erde nicht anders erklären zu können, als dass sie einst ganz feuerflüssig gewesen sein müsse, um so den Wirkungen der Zentrifugalkraft sich anzupassen. Dies ist insofern irrig, als man heute weiss, dass auch eine Erdkugel von der Festigkeit des Stahls bei ihrer Grösse und Umdrehungsgeschwindigkeit abgeplattet sein müsste[35]).

1. Die Anhänger der Ansicht eines gasförmigen Erdkerns[36]) knüpfen dabei gleichfalls an der Eigenwärme der Erde an. Nach der zuerst von Kant aufgestellten, dann von Laplace näher durchgeführten Hypothese hätte sich unser Erdball aus einst lockerm Material kosmischen Stoffes durch allmähliche Verdichtung gebildet, wie die übrigen Weltkörper auch. Die Abkühlung sei wesentlich durch Ausstrahlung von der Erdoberfläche aus erfolgt. Damit ist dann eine Zusammenziehung dieser äussern Schichten, eine Verdichtung, verbunden. Diese wirkt aber nach innen nicht nur verdichtend, sondern erzeugt nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie von neuem Wärme. Vorausgesetzt nun, dass das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz gilt, wonach die Dichte eines Gases direkt dem auflastenden Druck und umgekehrt der Temperatur proportional ist, so lasse sich berechnen, dass die bei der Kontraktion erzeugte Wärme den Verlust durch Ausstrahlung in den kalten Weltenraum fünfmal übertrifft[37]). Damit gelangt man nicht nur zu enormen Temperaturen

---

[35]) W. Thomson (Lord Kelwin) in Rep. Brit. Association 1876. — [36]) K. Zöppritz, Mittel und Wege z. bessern Kenntnis vom Innern der Erde zu gelangen. Verh. d. I. deutschen Geogr.-Tages, Berlin 1881. — [37]) S. Geogr. Jahrb. VIII, 32 über die Resultate der Berechnungen A. Ritters in seinen „Anwendungen der mech. Wärmetheorie auf kosmolog. Probleme", Hannover 1879.

im Innern der Erde — für den Mittelpunkt ist sie zu 100000° C. berechnet worden —, sondern zugleich zu Dichtezuständen, die weit diejenigen aller uns bekannten Stoffe hinter sich lassen.

Einen weitern Beweis sah man in der Erfahrung, dass es für jeden Körper eine sog. kritische Temperatur gebe, bei welcher dieser nicht anders als in einem gasähnlichen Zustand bestehen könne, wie gross auch der Druck sein mag, der auf ihm lastet. Man hätte sich dann das Innere der Erde als einen unendlich heissen Gasball von voller Starrheit oder Ruhe der Moleküle zu denken, was unsern Vorstellungen vom Aggregatzustand der Körper allerdings Schwierigkeiten bietet. Nur die Eigenschaft bliebe jener erstarrten Masse in gasähnlichem Zustande, dass sie sich bei vermindertem Druck sofort ausdehnt. Indessen ist man doch von der Annahme so enormer Temperaturen in Weltkörpern, und also auch im Innern der Erde zurückgekommen. Andererseits zeigen neuere Untersuchungen [38]), dass jene kritische Temperatur nur in betreff des Uebergangs vom flüssigen zum dampfförmigen Zustand und umgekehrt Bedeutung, hat und dass bei ausreichendem Druck möglicher Weise alle Körper in dem Zustand der Kristallisation oder auch in amorphem Zustand, also einem solchen, welchen man gemeiniglich als fest bezeichnet, erhalten werden können.

2. Wenden wir uns zu den Anschauungen der Astronomen. Dass Dichteunterschiede im Erdkörper vorhanden sein müssen, ist klar (S. 133). Jene Annahmen, welche einst Newton und Huyghens über diese Dichtezustände machten, führten zu Werten der Abplattung der Erde, welche beide mit den Ergebnissen der Gradmessungen durchaus nicht übereinstimmten. Newton legte eine Kugel von überall gleichmässiger Dichte seinen Berechnungen zu grunde und fand die wesentlich zu grosse Abplattung 1 : 230, Huyghens dachte sich die Masse der Erde im Erdmittelpunkt vereinigt und gelangte zu dem viel zu kleinen Wert 1 : 578 (s. o. § 58). Die Astronomen haben aus den später zu erläuternden Erscheinungen der Präzession, bei welcher die Erdachse zu einer Art sehr langsamer Kreiselbewegung (§ 93) veranlasst wird, geschlossen, dass die Dichte des Erdkörpers notwendig noch mehr zunehmen müsse, weil eben jene Bewegung von dem Trägheitsmoment der Erde abhängt, das bei verschiedenen Dichten der einzelnen übereinander lagernden Kugelschalen verschieden ist. Sie fanden, dass eine Zunahme der Dichte von $2,_6$ an der Erdoberfläche bis zu einer solchen von $11,_5$ im Erdmittelpunkte der beobachteten Präzession entsprechen würde [39]).

3. Auch diese Anschauungen setzen einen so hohen Grad der Zusammendrückbarkeit irdischer Materie voraus, dass sie bei Physikern Bedenken erregt haben. Anders lauten daher die Ergebnisse von Betrachtungen, welche die Dichteunterschiede in der Erde durch Materialverschiedenheit zu erklären suchen und annehmen, dass sich unter dem Mantel von Gesteinen, welche die Erdrinde zusammensetzen, ein mächtiger Metallkern befinde [40]).

---

[38]) G. Tammann, Kristallisieren und Schmelzen, 1903. — [39]) F. R. Helmert, Die math. u. physik. Theorien der höhern Geodäsie II. 1884, 476. — [40]) E. Wiechert, Ueber die Massenverteilung im Innern der Erde, Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-phys. Kl. 1897, 221 ff., eine Studie, die ihre Fortsetzung fand in der Arbeit „Ueber Erdbebenwellen“, ebenda. 1907.

Indem zur Vereinfachung der Rechnung die Dichte im Mantel und im Kern konstant gesetzt ward, gelangte man zu einer mittleren Dichte des erstern von 3.4, des letztern von etwas über 8, also etwa derjenigen von stark komprimiertem Eisen. Diesen Eisenkern von rund 10000 km Durchmesser würde dann ein Gesteinsmantel von rund 1500 km Dicke umgeben. Mantel und Kern sollten an Volumen gleich sein, der letztere aber den ersteren an Dichte $2^1/_2$ mal übertreffen. Indessen so einfach scheinen die Verhältnisse doch nicht zu liegen. Denn indem man neuerdings die kleinen Vorläufer der Erschütterungswellen der Erdbeben in jenen Phasen, welche durch das Erdinnere von einem Herd zu einem Beobachtungspunkt dringen, — die Hauptwellen pflanzen sich längs der Erdoberfläche fort — näher verfolgte, gelangte man auf Unstetigkeitsflächen im Innern nicht nur in einer Tiefe, sondern an mehreren Stellen, nämlich in Tiefen von rund 1200, 1700 und 2500 km [41]). Daraus müsste man schliessen, dass das Erdinnere doch aus mehreren Kugelschalen von annähernd konstanter, aber zur Zeit nicht wohl berechenbarer Dichte und Zusammendrückbarkeit bestehe. Auch dieses Ergebnis bringt also die Frage nur zu einem vorläufigen Abschluss.

Ein anderes Resultat der Untersuchung über die Fortpflanzung der Erdbebenwellen führt zu der Vermutung, dass eine verhältnismässig dünne Erdkruste unter sich eine Unterlage von zähplastischem Material besitzen muss. Erstere wird in ca. 40 km Tiefe angenommen. Das liesse sich mit der Anschauung vereinigen, welche die isolierten Herde des vulkanischen Magmas in nicht zu grosser Tiefe unter der Erdoberfläche annimmt (§ 134).

3. Erdmagnetismus.

§ 72. Literarischer Wegweiser. Die ältere Geschichte des Erdmagnetismus ist noch ziemlich unsicher. Manches ist klargestellt und übersichtlich zusammengefasst in G. Hellmanns Neudrucken und Schriften zur Meteorologie und Erdmagnetismus, Nr. 10: Rara magnetica 1269—1599, Berlin 1898. S. auch G. Hellmann, Die Anfänge magnet. Beobachtungen, Berlin 1897. Die Mitteilungen A. v. Humboldts (Kosmos IV.) sind bereits mehrfach überholt. — Seitdem C. Fr. Gauss 1832 mit seinen epochemachenden Arbeiten über die Theorie des Erdmagnetismus hervortrat, hat sich die Lehre zu einem ausgedehnten Nebenzweig der Geophysik ausgebildet, der in zahlreichen Observatorien und Stationen gepflegt wird. Lamonts Handbuch des Erdmagnetismus 1849 war das erste zusammenfassende Werk und ist noch heute von Bedeutung. Dazu gesellte sich 1874 Lloyds Treatise on Magnetisme. Alle neuern Errungenschaften sind verwertet in E. Mascarts Traité de magnetisme terrestre, Paris 1900, der freilich die Leistungen der Deutschen unrichtig beurteilt. S. im übrigen Günther, Geophysik I, 2. Aufl., 1897, 505—616, und die übersichtliche Zusammenfassung in Hann, Die Erde als Ganzes, 5. Aufl. 1896, 97—114, Magnetismus der Erde. Die neueren Hand- und Lehrbücher der Kosmophysik und Geophysik von Arrhenius, Rudzki und Trabert beschäftigen sich mit dem Erdmagetismus nicht.

Die Beobachtungsmethoden stellte eingehend Liznar dar (Anleitung z. Beob. d. Elemente d. Erdmagnetismus 1883), ferner Wild in Neumayers Anleitung z. wiss. Beob. auf Reisen I, 1888, in der III. Aufl. dieses Werkes, I, 1906, von G. v. Neumayer und J. Edler bearbeitet und durch F. Bidlingmayer, (magn. Beob. an Bord), ergänzt. Ferner sei auf die klaren Darlegungen

[41]) L. Geiger u. B. Gutenberg, Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus dem Bodenverrückungsverhältnis der einmal reflektierten zu den direkten longitudinalen Erdbebenwellen, Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. Göttingen; math.-phys. Kl. 1912, Heft 2, 121—306.

M. Eschenhagens in einem Buche verwiesen, wo man es nicht erwarten wird, nämlich in der „Anleitung zur deutschen Landes- und Volkskunde", herausg. von A. Kirchhoff, Stuttg. 1889, 67—126. Die beste kartographische Verarbeitung des Gesamtmaterials ist z. Z. Neumayers Atlas, Der Erdmagnetismus (Bergbaus, physik. Atlas, Abt. IV, Gotha 1891, auch einzeln erschienen), auf dessen eingehenden Text besonders hingewiesen werden muss. Ueber neuere Karten s. u. Kurz und klar zusammenfassend ist K. Scherings Einleitung zu den besonders reichhaltigen Jahresberichten über die Fortschritte der erdmagnetischen Forschung im Geogr. Jahrb. (seit Bd. XI, 1889, VI. Bericht in Bd. XXVIII, 1905).

§ 73. Gesteinsmagnetismus. Den Alten war nur die auf Eisen ausgeübte Anziehungskraft einer gewissen eisenhaltigen Gesteinsart, die man nach Magnesia in Kleinasien Magnetsteine nannte, bekannt. Diese Magneteisensteine hat man später in vielen Gegenden, namentlich des kristallinischen Urgesteins, gefunden und besonders im Ural, in Schweden und Norwegen, Lappland, am Obern-See in Nordamerika hat man mächtige Lager solcher Gesteine festgestellt. In neuerer Zeit hat man entdeckt, dass dieser sog. Gesteinsmagnetismus eine weitverbreitete Erscheinung ist und auch andern Gesteinen zukommt, namentlich plutonischen und vulkanischen, auch wenn sie kein Magneteisen enthalten. Dieser Gesteinsmagnetismus interessiert uns hier nur als Ursache mancher lokalen Störungen der Elemente des Erdmagnetismus, die also bei genauen Messungen erst ähnlich ausgemerzt werden müssen, wie die störenden Einflüsse des eisernen Schiffskörpers auf die Kompassnadel.

§ 74. Die Elemente des Erdmagnetismus. Lange vor unserer Zeitrechnung hat man in China die Entdeckung gemacht, dass, wenn einem Stück Magneteisen eine freie Beweglichkeit gegeben wird, wie etwa durch Auflegen auf einen im Wasser schwimmenden Strohhalm oder auf ein Korkstück, auf jenes eine Richtkraft ausgeübt wird, welche die Achse des Körpers in meridionale Richtung stellt. Auch hat man schon Vorrichtungen gekannt, um diese Richtkraft als Wegweiser bei Landreisen zu benutzen. Ob diese Kenntnis der magnetischen Richtkraft den Mittelmeervölkern von China gebracht ist und auf welchem Wege, oder ob man dieselbe im Abendlande selbständig entdeckt hat, bleibt eine offene Frage. Jedenfalls hat die Schiffahrt im Mittelmeer sie seit dem 12. Jahrhundert, wenn nicht schon früher, in ihren Dienst gestellt.

Mit Hülfe des Kompasses, auf dessen Verbesserung schon früher (S. 49) hingewiesen ist, gelang es den Italienern, jene überraschend treuen Bestimmungen über Richtung und Entfernung der Küstenlinien vom Schwarzen Meer bis zu den britischen Gewässern herzustellen, die uns in den sog. Portulankarten seit 1300 erhalten sind (§ 100).

Den Sitz der anziehenden Richtkraft pflegte man bis ins 16. Jahrhundert in den Polarstern zu verlegen, und das ganze Mittelalter hindurch scheint man an dem Glauben nicht gerüttelt zu haben, dass der Pol der Magnetnadel streng nach Norden weise.

Deklination. Bekanntlich ist dies im allgemeinen nicht der Fall. Die Achse der Magnetnadel bildet mit der Mittagslinie einen

Winkel, den man die Missweisung oder Deklination nennt. Man hat also zwischen astronomischer und magnetischer Nordrichtung zu unterscheiden und stellt dem astronomischen Meridian die auf dem Horizont gleichfalls senkrecht stehende Ebene, welche durch die Achse des Magneten geht, als magnetischen Meridian gegenüber. Eine Missweisung der Nadel nach Westen wird als positiv, eine solche nach Osten als negativ bezeichnet. In Mitteldeutschland beträgt die Deklination jetzt etwa $+ 10^0$ (W.).

Wenn, wie ziemlich allgemein angenommen wird, dem 14. Jahrhundert die Deklination wirklich unbekannt geblieben ist, so werden zwei Umstände dazu beigetragen haben: einmal der geringe Betrag der Deklination im Mittelmeer während jener Zeit, sodann die Unvollkommenheiten der Beobachtungsmethoden. Dass jedoch Kolumbus erst der Entdecker derselben gewesen sein soll, indem er, was nicht bezweifelt werden kann, auf seiner ersten Westfahrt 1492 in Gegenden gelangte, wo der Kompass keine Missweisung zeigte, und diese allmählich in westliche überging — es müsste dann die Entdeckung der Deklination zusammenfallen mit der Erkenntnis der örtlichen Verschiedenheit derselben — ist nach neueren Untersuchungen unwahrscheinlich[42]).

Die Bestimmung der magnetischen Deklination ist nicht schwierig, wenn man bereits die Mittagslinie am Standort kennt. Es ist nur zu beachten, dass oft die magnetische Achse nicht ganz mit der geometrischen Achse der Nadel zusammenfällt[43]). Auf See und bei freiem Horizont kann man durch Peilung der Sonne zur Zeit des Auf- und des Untergangs die Missweisung bestimmen[44]).

Gesetzt, man hätte vom magnetischen Nordpunkt aus über Ost für den Aufgangspunkt der Sonne ein Azimut von 122^0, für den Untergangspunkt 262^0 gefunden, so fällt die Mittellinie, die dem astronomischen Meridian entspricht, auf 192^0. Da das astronomische Azimut der Mittagslinie aber immer 180^0 ist, so ergibt sich eine Missweisung von 12^0 westlich. Für den Reisenden erscheint es als eine der ersten Aufgaben, sich eine Kenntnis der Missweisung zu verschaffen, welche an einigen Hauptpunkten seiner Reise herrscht, und es ist verständlich, dass mit der Entwickelung der Schiffahrt die Notwendigkeit sich immer mehr aufdrängte, dieselbe an möglichst vielen Punkten der Erde zu bestimmen (s. u.).

Inklination und Intensität. Nachdem man um die Mitte des 16. Jahrhunderts gefunden, dass eine in ihrem Schwerpunkt an horizontaler Achse aufgehängte Magnetnadel[45]) sich gegen den Horizont neige, d. h. eine Inklination besitze, konnte nur die Erde als Sitz der anziehenden Kraft gelten[46]). Man erkannte sehr bald, dass auch die Inklination örtlich wechsle. Sie beträgt in Mitteldeutschland etwa

---

[42]) S. A. Wolkenhauer, Beitr. z. Gesch. d. Kartographie u. Nautik d. 15. — 17. Jahrh. in Mitt. d. Geogr. Ges. zu München I, 1904. — [43]) Die Prüfung geschieht durch Umlegung der Magnetnadel, d. h. man wendet die untere Seite nach oben und beobachtet von neuem. Die wahre Deklination ist das Mittel aus beiden Beobachtungen. Vergl. Eschenhagen § 72. — [44]) Vergl. Jordan in Neumayers Anleitung zu wiss. Beob. auf Reisen, 1888, I, 49. — [45]) Als Entdecker gilt der Nürnberger G. Hartmann, 1544. — [46]) Diese Ansicht kam besonders durch den Engländer W. Gilbert, De magnete etc. et de magno magnete tellure, London 1600, zum Durchbruch. Man hat G. daher den Begründer der Lehre vom Erdmagnetismus genannt.

65° N. Die Stärke der magnetischen Richtkraft, oder die Intensität, begann man gegen Mitte des 18. Jahrhunderts zu studieren[47]), indem man einen Magnetstab auf einer Spitze horizontal spielen liess bis er in Ruhe kam, und ihn durch Annäherung eines zweiten Magneten wieder aus dieser Ruhelage brachte. Der Erdmagnetismus sucht ihn in letztere zurückzubringen, und somit vermag man aus der Schnelligkeit der Schwingungen (ähnlich wie beim Pendel) den Unterschied des in der Horizontalebene wirkenden Anteils erdmagnetischer Kraft (die sog. Horizontalintensität) an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche zu bestimmen. In ähnlicher Weise ergeben die Schwingungen einer um eine Horizontalachse im magnetischen Meridian schwingenden Nadel die Vertikalintensität. Man hat sehr bald gefunden, dass die Totalintensität des Magnetismus im allgemeinen vom Aequator nach den Polen zunimmt.

Erst C. F. Gauss hat 1832 ein absolutes Mass für diese Intensität aufgestellt. Er zeigt, dass man diese Stärke, das sog. magnetische Moment der Erde, der Wirkung von ca. 8500 Trillionen einpfundiger Magneten — von denen also, wenn gleich verteilt, je $7^1/_2$—8 in jedem Kubikmeter der Erde enthalten wären — gleichsetzen könne[48]).

Nach diesen Anschauungen besitzt die Erde zwei magnetische Pole, in denen die Horizontalintensität gleich Null ist, während die Inklination 90° beträgt, sodass also dort ein abgelenkter Magnetstab keine horizontalen Schwingungen macht, sondern in jeder Lage in Ruhe bleibt, und die Inklinationsnadel nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtet ist. Die Lage dieser Pole ist mit Sicherheit nicht bekannt. Der Nordpol an der Westküste der Halbinsel Boothia Felix in Nordamerika ist von James Ross, 1831, in 70° 5′ N. und 96° 46′ W. v. Gr. nachgewiesen und wird jetzt etwas nördlicher und westlicher angenommen $70^1/_2$° N., 97° 40′ W[49]). Der Südpol ist jetzt in 72° 50′ S. und $156^1/_2$° Ö v. Gr. zu suchen[50]). Aber die Vermutung, dass diese Pole auch nicht momentan festliegen, sondern sich in ständiger Bewegung befinden, scheint durch Amundsens neuere Reise 1903/4 bestätigt zu werden[51]). Die Punkte, in welchen die Intensität ihr Maximum erreicht, oder die Endpunkte der magnetischen Achse der Erde, fallen übrigens nicht mit den beiden magnetischen Polen zusammen. Die Abweichung der magnetischen Pole von den Erdpolen

---

[47]) Erste Beobachtungen auf der Weltreise Lapérouse's, 1785—87, später besonders von A. v. Humboldt; s. Kosmos Oktavausg. I, 1845, 432. — [48]) S. Gauss, Intensitas vis magnet. terr. etc. (Werke V, 79—118 u. Ostwalds Klassiker Nr. 53). S. Schering, Geogr. Jahrb. XIII, 1889, 179. Neumayer (Atlas d. Erdm., 19) berechnete die Intensität für 1885 um $2_{,6}$ % geringer als sie Gauss für 1830 bestimmte. Neuerdings versteht man übrigens unter magnetischer Einheit die Kraft, welche einem Gramm in einer Sekunde eine Beschleunigung von 1 Cent. gibt, ein Ausdruck, der zehnmal kleiner ist als die frühere Gausssche Einheit; s. Neumayer, Atlas, Text S. 6. — [49]) R. Amundsen's neuere Beobachtungen aus unmittelbarer Nähe des magnetischen Nordpols (1904) sind noch nicht berechnet. — [50]) Vergl. E. H. Schütz, Die Lehre v. d. Wesen u. d. Wanderungen d. magn. Pole d. Erde, Berlin 1902 m. Karten. Ueber die Neubestimmung der Lage des magn. Südpols nach den Beobachtungen der britischen Discovery-Expedition vergl. Nature 1909, Jan. 14. — [51]) The Geogr. Journal XXIX, 1907, 499.

scheint mit der Verteilung von Land und Wasser auf der Erdoberfläche in näherm Zusammenhang zu stehen[52]). Auch hat man bereits vielfache Beziehungen in der Verteilung der magnetischen Kraft zu grossen Verwerfungslinien und Aufbrüchen der Erdrinde aufgefunden, ohne jedoch die Ursachen derselben bereits näher erkannt zu haben[53]).

§ 75. Die Variation oder zeitliche Aenderung des Erdmagnetismus. Schon im 17. Jahrhundert bemerkte man, indem man die Deklinationsbestimmungen an gleichen Orten nach längeren Zeiträumen verglich, dass diese Abweichung vom Meridian nicht den gleichen Wert behalte. Allmählich hat man solche Aenderungen an allen Elementen und zu allen Zeiten bemerkt, wodurch sich die Ansicht bildete, dass man es bei allen diesen Erscheinungen mit magnetischen Strömungen zu tun habe, die ihre Ursache in kosmischen Einflüssen, in erster Linie in dem der Sonne haben. Man fand (neben unerwarteten magnetischen Störungen, sog. magnetischen Gewittern) regelmässige, aber örtlich in der Stärke wechselnde tägliche Schwankungen, die im Sommer grösser als im Winter zu sein pflegen; ferner solche von 26-tägiger Dauer (vielleicht zusammenhängend mit der Umdrehung der Sonne), und von $11,_3$ Jahren nach den Perioden des Auftretens der Sonnenflecken; endlich säkulare von viel grösserem Betrag und grösseren Perioden.

Die Kenntnis der letztern ist für den Geographen von besonderm Interesse, weil sie ihm allein die Möglichkeit bietet, die einmal für einen Ort bestimmten magnetischen Elemente für die Jetztzeit (oder auch für frühere Perioden) zu berechnen, ohne immer von neuem Beobachtungen anzustellen. So hat man z. B. auf Grund sorgfältiger Berechnungen[54]) älterer Beobachtungen für die Deklination von Paris eine Periode von etwa 476 Jahren gefunden; sie ist jetzt 15° W., war i. J. 1810 $20\,^1/_2{}^0$, 1700 6°, 1633 0°, 1580 dagegen $11\,^1/_2{}^0$ etc. Eine periodische Verschiebung der Pole nach Richtung und Verlauf hat sich bis jetzt noch nicht mit Sicherheit feststellen lassen.

Im allgemeinen ist die Missweisung in Europa seit Anfang des 19. Jahrhunderts in der Abnahme begriffen, in Deutschland beträgt deren Abnahme jährlich etwa 5—6 Bogenminuten. Die Missweisung bleibt also für etwa hundert Jahre noch eine westliche.

§ 76. Magnetische Kurven. Seitdem man über ein etwas grösseres Beobachtungsmaterial verfügte, hat man die Resultate durch Auftragen auf Karten veranschaulicht[55]). Indem man Orte gleicher Missweisung durch Linien verband, erhielt man die Isogonen (*γωνία*, Winkel); die Linien gleicher Inklination heissen Isoklinen (*κλίνειν*, sich neigen), diejenigen gleicher Stärke (Intensität der magnetischen Kraft) Isodynamen (*δύναμις*, Kraft). Die Bilder würden äusserst lücken-

---

[52]) S. die theoret. Arbeiten Menzzers, mitgeteilt von Eschenhagen in Peterm. Mitt. 1882, 142, mit Karte. — [53]) E. Naumann, Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in ihren Beziehungen zum Bau der Erdrinde, 1887. — [54]) Felgenträger, Die längste nachweisbare säkul. Periode erdmagn. Elemente, Inaug.-Diss., Göttingen 1892. — [55]) Zuerst von E. Halley 1701 versucht.

haft geblieben sein und noch heute sein, hätte man nicht auf theoretischem Wege gelernt, die Zwischenräume gemäss den sich aus der Verteilung an einzelnen Punkten ergebenden Werten auszufüllen. Man darf aber niemals vergessen, dass diese Liniensysteme nicht immer mit dem örtlichen Befund stimmen und kann daher die magnetischen Elemente eines Ortes, wie man sie solchen Karten entnehmen kann, nur als angenäherten Wert betrachten. Eine einzelne Beobachtung in bisher nicht davon erreichten Gegenden der Erde verschiebt die Linien oft beträchtlich. Auch ist nach dem oben Gesagten klar, dass solche Karten immer nur für eine bestimmte Zeit berechnet werden können und ihre Gültigkeit nur eine Reihe von Jahren behalten [56]).

Für die Geographie haben neben der Isogonenkarte diejenigen Darstellungen besonderes Interesse, bei welchen die magnetischen Meridiankurven eingezeichnet sind [57]). Man entwirft letztere durch Konstruktion, nicht durch Berechnung. In der Idee fällt für den einzelnen Ort der magnetische Meridian mit dem Kugelkreis zusammen, welcher den Ortsmeridian unter dem Deklinationswinkel schneidet und durch die magnetischen Pole hindurchgeht [58]). Da jedoch die Verteilung des Erdmagnetismus nicht eine gleichmässige ist, so sind die Meridiankurven Linien doppelter Krümmung und fallen nur auf kurze Strecken mit jenen Kugelkreisen zusammen.

Jetzt (1912) befinden sich Europa, Afrika, der atlantische Ozean und die östlichen Vorsprünge Nord- und Südamerikas im Gürtel westlicher Missweisung. St. Petersburg hat jedoch schon 1^0 O. Missweisung, Dublin eine solche von fast 20^0 W. Die durch Europa laufenden magnetischen Meridiane neigen sich gegen den Ozean zu mehr westwärts. Der magnetische Aequator, auf dem die Inklination $= 0^0$ ist, die Nadel also wagerecht steht, verläuft auf der östlichen Halbkugel annähernd in etwa 10^0 N. dem Erd-Aequator parallel, auf der westlichen hat er in Amerika eine etwas grössere Ausbiegung nach Süden. Aehnlich verläuft die Linie geringster Kraft des Erdmagnetismus. Die Isodynamen haben auf der nördlichen Halbkugel einen ähnlichen Verlauf wie die Januar-Isothermen und zeigen dadurch an, dass die Verteilung des Erdmagnetismus mit Wärmeerscheinungen, wie sie durch die Anordnung von Wasser und Land bedingt sind, im Zusammenhang steht (§ 234).

---

[56]) S. die neueste Isogonenkarte für 1910 (Intervall 1^0), ebenso eine Isoklinenkarte (Intervall 5^0) und Isodynamenkarte in Gauss' Einheiten (Intervall $0{,}1$ GE), je für 1905 von der Deutschen Seewarte herausgegeben (Berlin 1910, Reimer). Im übrigen muss auf Neumayers Atlas des Erdmagnetismus (1891) verwiesen werden. Isogonenkarten für frühere Perioden, die für die Geschichte der Nautik sehr wichtig sind, hat man mehrfach zu entwerfen gesucht. S. besonders van Bemmelen, Die Abweichung der Magnetnadel-Beobachtungen etc. bis zur Mitte des 18. Jahrh. (1500, 1550, 1600, 1650, 1700, 1750) in Supplement to vol. XXI. of the Observations made at the R. Magn. and Meteor. Observ. at Batavia, 1899. Vergl. G. Hellmann, Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorol. u. Erdmagn. Nr. 4, Berlin 1895: Die ältesten Karten der Isogonen, Isoklinen, Isodynamen. — [57]) S. Neumayers Atlas, Taf. II. — [58]) Man würde sie grösste Kugelkreise nennen können, wenn die magnetischen Pole an den Endpunkten ein und desselben Erddurchmessers lägen, was nicht der Fall ist.

§ 77. Das Polarlicht[58]. In unsern Breiten selten, aber mit wachsender Häufigkeit nach dem magnetischen Nordpol, zeigen sich im magnetischen Meridian nächtlich sichtbare Lichterscheinungen in der Atmosphäre, die man, weil sie ähnlich auch auf der Südhalbkugel beobachtet sind, als Polarlichter bezeichnet. Meist nur einen rötlichen Lichtschimmer oder ein durchsichtiges rötliches Gewölk bildend, treten sie zuweilen strahlenschiessend und in grossartiger Farbenpracht minutenlang den Polarhimmel erleuchtend auf. Da die Einzelerscheinungen in annähernd kreisförmigen Zonen um den magnetischen Pol wechseln[60], und die Strahlen so ziemlich mit der Inklinationsrichtung zusammenfallen, um den magnetischen Pol daher annähernd senkrecht stehen, und die Erscheinung immer von einer beträchtlichen Beunruhigung der erdmagnetischen Elemente begleitet ist, so hat man sie früher als unmittelbare Wirkungen des Erdmagnetismus angesehen. Die periodischen Veränderungen der Elemente fallen auch mit der Häufigkeit der Nordlichter zusammen. Indessen scheint es sich dabei doch mehr um elektrische Ausgleichungen zu handeln, welche den funkenschlagenden Blitzen der Gewitter an die Seite zu stellen sind. Denn dass die Polarlichter elektrische Lichterscheinungen sind, ist durch die spektroskopischen Untersuchungen erwiesen. Eine Ansicht geht davon aus[61], dass infolge der Rotation der Erde, welche einem mächtigen Magneten gleicht, elektrische Ströme entstehen, durch welche der Atmosphäre fortwährend beträchtliche Mengen von Elektrizität zugeführt werden. Letztere würde sich sofort in den unteren Luftschichten verteilen, wenn diese nicht sehr schlechte Leiter derselben wären. Am Aequator steigt die Elektrizität in starkem Masse in die Höhe und gewinnt in den höhern Schichten, die besser leiten, die Tendenz nach den Polen zu abzufliessen, indem sie sich dabei, auf engern Raum zusammengedrängt, verdichtet. In den Polarlichtern würde man hiernach eine Zone des Ausgleichs der in der Erde enthaltenen negativen Elektrizität mit jener von den Tropen herabkommenden positiven in der Form des schwach aufflackernden Glühlichts zu sehen haben.

[58]) S. Fritz, Das Polarlicht, Leipzig 1881; J. Hann, Allg. Erdkunde I, 1896, 100 ff.; Sv. Arrhenius, Kosm. Physik, 1903, 902—925. — [60]) S. die Linien der Nordlichthäufigkeit nach Loomis bei Newcomb-Engelmann, 1890, 345, doch ist die Karte, weil veraltet, aus den neuern Auflagen zurückgezogen; ferner nach Fritz bei Hann a. a. O. 104. — [61]) S. die Ansichten Edlunds, dargelegt von W. Förster in Verh. d. Ges. f. Erdk. VI, 1879, 35 ff.

Kapitel III. Bewegung der Erde.

§ 78. Die astronomischen Grundwerte. Was im folgenden Kapitel gegeben wird, bildet zum grössten Teil das Ergebnis astronomischer Forschung und Berechnung. Die Grundzüge werden in allen populären Lehr- und Handbüchern der Astronomie oder mathematischen Geographie gegeben. Das Zahlenmaterial wird in diesen aber oft aus ganz verschiedenen Quellen zusammengetragen, ohne dass bedacht wird, dass manche Ziffern aus ganz andern Grundwerten abgeleitet sind, als sie sonst im selben Lehrbuch zur Verwendung kommen. Zu diesen Grundwerten (Konstanten) gehören vor allem als Liniengrössen der Erd-(Aequatorial-)-radius und die Exzentrizität der Erdbahn, als Winkelgrössen die Schiefe der Ekliptik, die Sonnen- und Mondparallaxe, die scheinbaren Planetendurchmesser, wie sie der Beobachtung in der mittlern Erdentfernung von der Sonne entsprechen würden, und die Masse der Planeten. Beim Nachrechnen solcher zusammenhanglos mitgeteilter Grund- oder abgeleiteter Werte (Lineardurchmesser, Oberfläche, Volumen, Dichte, Schwere etc.) mit Hülfe der vorgetragenen Formeln (welche meist nur erste Näherungsformeln sind), stösst man daher auf kaum lösbare Widersprüche. Man darf nicht vergessen, dass in Wahrheit noch wenige astronomische Grundwerte endgültig feststehen. Und wenn sich die Differenzen auch in scheinbar sehr engen Grenzen halten, ruft bei den gewaltigen Grössenverhältnissen, die hier in Frage kommen, ein geringer Bruchteil, z. B. einer Bogensekunde, schon grosse Abweichungen in den abgeleiteten Zahlenwerten hervor.

Eine rühmliche Ausnahme macht im allgemeinen auch in diesem Punkte Martus' astron. Geographie. Mit Vorsicht ist dagegen zu gebrauchen, was S. Günther an derartigen Werten in seinen öfter genannten Schriften mitteilt, da er sie nicht mit einander in Beziehung setzt oder sich mit ganz rohen Abrundungen begnügt (Geophysik 2. Aufl.). Auch in R. Wolfs Handbuch der Astronomie und Herm. J. Kleins Schriften trifft man auf Widersprüche. Die Tabellen in Newcomb-Engelmanns Populärer Astronomie, die sehr häufig ausgeschrieben werden, sind von dem späteren Herausgeber Vogel erst in der 3. Aufl. 1905 einheitlich durchgerechnet. Die astronomischen Jahrbücher pflegen die meist lange in gleicher Form beibehaltenen Grundwerte anzugeben, worauf die Berechnungen basieren. In England geht man mehrfach von andern Grundwerten als in Deutschland aus. Es ist schon von Wert, diese Grundwerte quellenmässig in den Originalziffern oder mit spätern Verbesserungen, sog. Reduktionen, zusammengestellt zu finden, wie dies in Houzeau, Vademecum de l'astronomie, Bruxelles 1882, bis auf das Altertum hin in sehr übersichtlicher und vollständiger Weise geschieht. — Nur selten unternimmt es ein Astronom, grössere Gruppen wichtiger Konstanten kritisch zusammenzufassen und nach einheitlichen Prinzipien durchzurechnen. Dies hat in Bezug auf die wichtigsten 1891 Wm. Harkness ausgeführt. (The Solar parallax and its related constants, Wash. 1891; Washington observ. for 1885, App. III; kurzer Auszug in H. Kleins Jahrb. d. Astr. u. Geoph., II, 1891, 2), ein Werk, welches gleichfalls durch die quellenmässigen Zusammenstellungen neuerer Berechnungen aller Einzelwerte bleibenden Wert hat.

Obwohl abgerundete Werte für den Zweck des vorliegenden Lehrbuches an sich vollkommen genügten, erfordert der Wunsch, den Leser zum Nachrechnen der mitgeteilten Ziffern anzuregen, hie und da das Eingehen auf mehr

Dezimalen, als für die Uebersichtlichkeit förderlich ist. Man wolle darin also keineswegs den Versuch, neue Rechnungsresultate zur Geltung zu bringen, erblicken.

§ 79. Die drei Bewegungen der Erde. Altertum und Mittelalter hat die Idee einer im Mittelpunkt des Weltalls ruhenden Erdkugel beherrscht. Die Erde ward nach dieser Anschauung von den acht Himmeln oder Sphären umkreist, deren letzte, das Firmament mit den Fixsternen, sich im Laufe eines Tages einmal drehen sollte; während die Sphären der sieben Wandelsterne: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, neben dieser allgemeinen Drehung von links nach rechts oder von Osten nach Westen noch eine im entgegengesetzten Sinne und in ungleicher Geschwindigkeit haben sollten. Den Höhepunkt haben die Vorstellungen zur Erklärung der Einzelbewegung der Gestirne bekanntlich im Weltsystem des Cl. Ptolemaeus[1]) (um 150 n. Chr.) erreicht. Es hat nun zwar nicht ganz an Vorahnungen gefehlt, welche die gleichen Erscheinungen besser aus einer sich drehenden Erde erklären zu können glaubten[2]); bewusstvoll ist dies jedoch erst von Nicolaus Coppernicus († 1543) geschehen[3]). Mit voller Klarheit wird hier die Erde zum Trabanten der ruhenden Sonne gemacht, die gleichzeitig der Mittelpunkt eines eigenen Planetensystems wird. Die Erde hat nach diesem Coppernicanischen Weltsystem die dreifache Bewegung, die man bisher den Wandelsternen und dem Firmament zuschrieb, nämlich den täglichen Umschwung von West nach Ost um sich selbst, den Umlauf um die Sonne in der gleichen Richtung während eines Jahres und endlich eine dritte ungleich langsamere nach Art eines Kreisels, aber im entgegengesetzten Sinn, über die sich freilich die Ansichten erst viel später geklärt haben. Trotz der glänzenden Namen eines Galileo Galilei († 1642) und Joh. Kepler († 1631) als Vorkämpfer der neuen Anschauungen hat es mehr als ein Jahrhundert gedauert, ehe sie zum Durchbruch kamen. Des gelehrten Jesuiten Riccioli Almagestum novum befasste sich noch 1651 ernstlich mit ihrer Widerlegung. Und doch hatte Joh. Kepler inzwischen durch Aufstellung seiner berühmten drei Gesetze der Planetenbewegung[4]) die letzten Schwierigkeiten, um sie vom heliozentrischen Standpunkt aus zu erklären, beseitigt. Mit Isaak Newtons Beweis (1687)[5]), dass die Schwerkraft der sich an-

[1]) *Μεγάλη σύνταξις* (Magna Constructio), bekannter unter dem von den Arabern stammenden Namen des „Almagest". Seit dem 16. Jahrh. mehrfach in latein. Uebersetzung herausgegeben; Griechisch mit französ. Uebersetzung als „Composition mathém. de Cl. Pt." von Halma, Paris, 2 Vol. 4°, 1813—16. — [2]) Wie z. B. Aristarch v. Samos 280 v. Chr., der Chaldäer Seleukus um 160 v. Chr. — [3]) De revolutionibus orbium coelestium libri VI, Norimb. 1543. Deutsch v. C. L. Menzzer: Nic. Coppernicus über die Kreisbewegungen der Himmelskörper, Thorn 1879. — [4]) Die beiden ersten Gesetze in Astronomia nova seu de motibus stellae Martis, Heid. 1609 (Op. omnia ed. Ch. Frisch, Frankf. Vol. II, 1860); das dritte Gesetz in Harmonices mundi libri V, Lincii 1619. (Op. omnia Vol. IV, 1861.) Eine für Anfänger empfehlenswerte Schrift ist H. Müller, Die Keplerschen Gesetze. Elementare Ableitung aus dem Newtonschen Anziehungsgesetz, Braunschw. 1860. — [5]) Philosophiae naturalis principia mathematica, Lond. 1687; Nach der 3. Ausgabe 1725, deutsch v. Wolfers, 1872: Newtons math. Prinzipien der Naturlehre, Buch III: Vom Weltsystem.

ziehenden Massen, indem sie mit dem Quadrat der Entfernung ihrer Schwerpunkte abnimmt, die Planeten in ihren Bahnen erhält, fand die neue Lehre ihren Abschluss.

Nachdem wir in der Ekliptikebene den Schauplatz der Bewegungen unseres Erdkörpers kennen gelernt haben, werden wir die Drehung der Erde um sich selbst und ihren Umlauf um die Sonne in ihren einfachsten Erscheinungen verfolgen. Ein kurzer Blick auf das gesamte Planetensystem, vor allem auf Sonne und Mond, mag uns dann überleiten zu den kleinen Schwankungen unserer Erdachse und andern Schwerewirkungen, welche die in jenen fernen Weltkörpern vereinigten Massen auf unsere Erde ausüben.

§ 80. Die Ekliptik oder Tierkreisebene. Nach dem ersten Keplerschen Gesetz bewegen sich alle Wandelsterne in Ellipsen um die Sonne, die im gemeinsamen Brennpunkt aller dieser Ellipsen steht. Da eine Ellipse eine ebene Kurve ist, so werden durch diese elliptisch gestalteten Planetenbahnen eben so viele Ebenen im Weltenraum festgelegt, von denen je zwei sich in ein und derselben durch den Mittelpunkt der Sonne gehenden Linie, der sog. Knotenlinie, schneiden. Zur Orientierung im Weltenraume bedarf man daher zunächst wieder einer festen Ebene, auf welche wir alle andern Lagen beziehen. Es erscheint selbstverständlich, dass wir die Ebene der Erdbahn zur orientierenden Ebene wählen. Diese Ebene ist identisch mit derjenigen der scheinbaren Sonnenbahn und führt daher wie diese den schon aus dem Altertum überlieferten Namen der Tierkreisebene. Indem wir nämlich die Ebene bis an das Himmelsgewölbe ausdehnen, treffen wir dort den Kranz jener 12 Sternbilder, die man als Zodiakus oder Tierkreis zusammenfasst[6]).

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libra*que* Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Im Widderpunkt oder dem Schnittpunkt dieser Ebene mit dem Himmelsaequator lernten wir früher (§ 36) einen ausgezeichneten Punkt des letztern kennen. Man kann ihn auch als den einen Endpunkt der Knotenlinie zwischen den Ebenen der Erdbahn und des Himmelsaequators bezeichnen. Er ist auch der Ausgangspunkt für die Einteilung des Tierkreises in die 12 gleichen Teile von je 30°, welche für astronomische Orientierung an die Stelle der Sternbilder von ungleicher Ausdehnung treten:

Widder ♈, Stier ♉, Zwillinge ♊, Krebs ♋, Löwe ♌, Jungfrau ♍, Wage ♎, Skorpion ♏, Schütze ♐, Steinbock ♑, Wassermann ♒, Fische ♓.

Man hat daher zwischen den Bildern und den Zeichen des Tierkreises[7]) zu unterscheiden, die heute aus später zu entwickelnden

[6]) Die obigen Hexameter stammen nicht aus dem Altertum, sondern von einem Astronomen des 15. Jahrh., Namens Anianus, dessen Computus manualis 1488 gedruckt ward. Sie lauten im Original ein wenig anders. —
[7]) Das Wort „Zeichen“ hatte früher zwei Bedeutungen: den Bogen von 30° zwischen den 12 markanten Punkten des Tierkreises und diese Punkte selbst. In der Astronomie war die Bezeichnung „signum“ für einen Bogen von 30° noch im 16. Jahrh. durchaus gebräuchlich.

Gründen (§ 93) nicht mehr zusammenfallen. (Atlas Taf. I, die Ekliptik, Seitenansicht.)

Den Namen der Ekliptik, erst von den spätern Grammatikern um 400 n. Chr. gebraucht, führt die Ebene der Erdbahn, weil ein Ausbleiben (ἔκλειψις) oder eine Verfinsterung der Sonne oder des Mondes nur dann erfolgt, wenn der Mond, zwischen Sonne und Erde oder hinter die Erde tretend, zugleich sich nahe der Ebene der Erdbahn befindet. (S. Atlas, Taf. III, Neu- und Vollmond ohne Finsterniserscheinungen in Seitenansicht.)

Die Ebene der Ekliptik geht also ebenso durch den Mittelpunkt der Sonne wie durch den der Erde. Eine Senkrechte, im Erd- oder im Sonnenmittelpunkt auf der Ekliptik errichtet, führt zum nördlichen Pol der Ekliptik[8]). Die Schnittlinien der grossen Himmelskreise des Aequinoktial- und Solstitialkolurs (S. 62) orientieren uns auf der Ekliptik, wie die Nordsüd- und Ostwestlinie auf dem Horizont. Die Aequinoktiallinie fällt zusammen mit der Verbindungslinie zwischen Widder- und Wagepunkt, die Solstitiallinie mit der zwischen den Zeichen des Krebses und Steinbocks (Atlas, Taf. I). Die Orientierung geht selbstverständlich auch hier noch immer von der Erde aus. Die Sonne steht, gleichviel ob wir den geozentrischen oder heliozentrischen Standpunkt festhalten, von der Erde aus gesehen am 21. März im Zeichen des Widders, nicht etwa umgekehrt die Erde von der Sonne aus gesehen (Atlas, Taf. II, Fig. 4).

Länge und Breite der Sterne. Indem man die Lage der Sterne nun auch auf die Ekliptik bezieht, nennt man die Abweichung der Sterne von dieser Ebene (im Bogen) ihre Breite. Unter Länge des Sterns versteht man dementsprechend den Abstand, welchen der Fusspunkt des Breitenbogens vom Widderpunkt hat. Die Länge wird dabei im gleichen Sinn wie die Rektaszension (von oben gesehen im entgegengesetzten Sinn des Uhrzeigers, s. Fig. 4, S. 61) gezählt.

Die einfachen Beziehungen, in welchen diese astronomische Länge und Breite zu Rektaszension und Deklination stehen, mag man aus den Betrachtungen des § 86 ersehen.

Schiefe der Ekliptik. Stände die Erdachse senkrecht auf der Ekliptikebene, so würde der Himmelsaequator mit ihr zusammenfallen, ebenso aber auch der Himmelspol mit dem Pol der Ekliptik. Wir hätten dann den Fall, den das Altertum mit der *Sphaera parallela* (S. 65) bezeichnete. Indessen, wie bereits der geozentrische Standpunkt eine Neigung der Sonnenbahn zur Aequatorebene voraussetzte, so erkennen wir vom heliozentrischen aus die Ursache davon in der Tatsache, dass die Erdachse unter einem Winkel zur Ebene ihrer Bahn geneigt ist. Wir verstehen jedoch unter dem Ausdruck der Schiefe der Ekliptik nicht den eben bezeichneten, weil er im Laufe des Jahres wechselt (§ 89), sondern den sich während des Umlaufs gleichbleibenden Winkel zwischen Ekliptik und Aequatorebene (Atlas, Taf. II, Fig. 3). Wir nahmen ihn bisher zu $23\,^1/_2{}^0$ an. Infolge dieses Verhältnisses weicht auch der Pol der Ekliptik um ebensoviel vom Himmelspol oder dem Pol des Aequators ab (Atlas, Taf. I, Seitenansicht der Ekliptik, Taf. II, Fig. 4).

---

[8]) D. h. beide Senkrechten würden sich im unendlich entfernten Pol treffen.

Säkulare Aenderung der Schiefe. Ein Rückblick in die Geschichte der mathematischen Geographie oder Astronomie lehrt uns, dass diese Ekliptikschiefe keine ganz konstante Grösse ist, sondern seit den ältesten Ueberlieferungen allmählich um fast $^1/_2{}^0$ abgenommen hat[9]).

So soll nach einer chinesischen Beobachtung v. J. 1100 v. Chr. ein 8-füssiger Obelisk im jetzigen Hunan zur Zeit der Sommersonnenwende einen Schatten von $1\,^1/_2$ Fuss, der Wintersonnenwende einen solchen von 13 Fuss ergeben haben. Berechnet man hiernach die Schattenwinkel (tang $\varepsilon = 8 : 1^1/_2$ bezw. $= 8 : 13$), zieht man die Halbmesser der Sonne (§ 45) und den Betrag der Refraktion (S. 77) ab, so folgt ein Wert von $23^0\ 54'$[10]). Können selbstverständlich die ältern Bestimmungen auf Schärfe keinen Anspruch machen, so haben sie doch tatsächlich fast stetig eine immer kleinere Zahl ergeben:

Um	1100	vor Chr.	Chinesische Ueberlieferung	$23^0\ 54'$
„	150	„ „	Hipparch[11])	$23^0\ 51'\ 20''$
„	880	nach „	Albategnius[12]) (nicht reduziert)	$23^0\ 35'$
„	1300	„ „	Prophatis[13]) („ „)	$23^0\ 32'$
„	1530	„ „	Coppernicus[14]) („ „)	$23^0\ 28'\ 24''$
„	1750	„ „	Bradley („ „)	$23^0\ 28'\ 19''$
„	1900	„ „	Newcomb	$23^0\ 27'\ 8''$

Auch jetzt nimmt die Ekliptikschiefe jährlich im Mittel um den geringen Betrag einer halben Sekunde, genauer $0'',_{4685}$[15]), ab. Man versteht daher, dass die Astronomen ein Uebereinkommen treffen mussten, um die Lage der Ekliptik zu irgend einer bestimmten Zeit als die feste Ekliptik zu erklären, die als Ausgangspunkt für alle Messungen zu dienen hätte. Man hat dazu nach dem Vorgang von Laplace die Ekliptik d. J. 1750, später die für 1850, dann die für 1900 ausersehen. Für das Jahr 1912 (Jan. 0.) berechnet sich danach die Schiefe der Ekliptik zu $23^0\ 27'\ 8'',_{26} - 12 \times 0'',_{4685} = 23^0\ 27'\ 8'',_{26} - 5'',_{62} = 23^0\ 27,\ 2'',_{64}$, während die in vielen Lehrbüchern noch beibehaltene Zahl von $23^0\ 27'\ 30''$ sich etwa auf d. J. 1852 bezieht.

Die Frage, zwischen welchen Grenzen die Ekliptikschiefe im Laufe der Jahrtausende schwankt, ist noch nicht gelöst. Da man als Ursache dieser säkularen Aenderung die Gesamtanziehung der Planeten auf den Aequatorwulst ansehen muss, den sie vermöge der jetzigen Lage ihrer Bahnen in die Ekliptik hineinzuziehen suchen (wodurch die Erdachse aufgerichtet, also die Ekliptikschiefe vermindert wird), so darf man von vornherein vermuten, dass die Schwankung sich zwischen engern Grenzen bewegt. Nach Laplace sollte die Schwankung

---

[9]) Die vollständigste Liste früherer Bestimmungen und Annahmen (127) mit dem wichtigen Hinweis auf die Originalpublikationen findet sich wohl bei Houzeau, Vademecum de l'astronomie, Brux. 1882, 189—196. — [10]) Nach der von P. Gaubil 1723 aus China überbrachten Originalüberlieferung berechnete Laplace (Connaissance des temps 1821, 433) $\varepsilon = 23^0\ 54'\ 2,_2''$. — [11]) Ptol. Almagest. Lib. I, Kap. XII ed Halma I, 57. Abstand der Wendekreise $= {}^{11}/_{83}$ des Kreises. — [12]) De motu stellarum in „Rudimenta astronomiae Alfragani", Norimbergae 1537, Kap. IV. Vergl. Laplace (Anm. 10), 448. — [13]) Coppern., Ueber die Kreisbeweg. d. Himmelskörper v. Menzzer, 1879, S. 19, Anm. 89. — [14]) Ebenda Lib. II, Kap. 2. — [15]) Nach Newcomb, Fundamental constants of Astronomy, Wash. 1895, p. 196. Leverrier nahm 1856 $0'',_{4755}$ an.

nur $3^0\ 7'\ 30''$ [16]), nach Stockwell [17]) nur $2\,^1/_2{}^0$ betragen, sodass nach letzterem das Minimum bei $21^0\ 58\,^1/_2{}'$ erreicht würde.

Jedenfalls ergibt sich, dass die gebräuchliche Angabe von $23\,^1/_2{}^0$ nur eine Annäherung ist, die es aber doch für manche geographische Zwecke verlohnt, auch ferner beizubehalten, Dass aber die auf unsern Karten selten fehlenden wichtigen Orientierungslinien der Wende- und Porlarkreise im Grunde genommen nicht die feste Lage wie die Breitenparallelen besitzen, sollte man nicht vergessen.

Erst Karten grössern Massstabes können der genauern Position dieser Kreise Rechnung tragen. Da die Differenz der Ekliptikschiefe gegen die üblichen $23\,^1/_2{}^0$ für 1912 $2,_{96}$ Breiteminuten oder 5482 m (S. 122) beträgt, so entspricht dies auf Karten im Massstab 1 : 1 000 000 schon einem Abstand von fast $5,_5$ mm.

Wendekreise und Polarkreise dienen auch dazu, die grossen Zonen des mathematischen Klimas auf der Erde gegen einander abzugrenzen. Die Flächen der letztern verändern sich, wenn auch sehr gering, mit jener säkularen Abnahme der Ekliptikschiefe. Die heisse Zone nimmt jährlich um rund 1130 qkm ab, hat sich also seit etwa 2000 Jahren oder seit Hipparchs Zeiten um rund 2 260 000 qkm verkleinert.

Denn nach Bessels Dimensionen ist die heisse Zone, wenn in $23\,^1/_2{}^0$ begrenzt, = 202 580 000 qkm, wenn in $23^0\ 27'\ 30''$, (etwa für 1852) nur 202 240 000 qkm gross; daraus ergibt sich bei einer Verminderung der Ekliptikschiefe um $2'\ 30''$ oder $150''$ eine Verkleinerung der Fläche der heissen Zone um 340 000 qkm [18]). Jede Verminderung der Ekliptikschiefe um $\,^1/_2{}''$ lässt den Abstand der beiden Wendekreise um $1''$ abnehmen; die jährliche Verkleinerung der Fläche der Zone beträgt also 340 000 : 300 = rund 1130 qkm.

I. Der Erdumschwung (Erdrotation).

§ 81. Beweise für den Umschwung der Erde von West nach Ost (Erdrotation). Grobsinnliche Beweise für die Drehbewegung der Erde besitzen wir nicht, da sie sich ohne irgend fühlbares Schwanken der Achse vollzieht, und die Atmosphäre gleichmässigen Anteil an der Drehung nimmt. Aus Himmelserscheinungen kann man dieselben nicht sofort entnehmen, da der Coppernicanische Standpunkt die Scheinbarkeit des täglichen Umschwungs der Gestirne von Osten nach Westen in ihrer täuschenden Kraft nicht abgeschwächt hat. Die Bestätigung für die Drehung musste man in terrestrischen Erscheinungen suchen. Und in der Tat hat man mittlerweile zahlreiche Erfahrungen gesammelt, welche mit zwingender Gewalt eine Achsendrehung der Erde lehren, indem sie eine andere Erklärung überhaupt nicht zulassen. Dieselben sind zwiefacher Natur, teils durch Experimente an ein und demselben Ort gewonnen, teils durch Vergleich der ähnlichen Erscheinungen an verschiedenen Punkten der Erde.

Fall- und Pendelversuche. Dreht sich die Erde wirklich, so hängt die Schnelligkeit der Bewegung eines jeden Punktes von seinem Abstand von der Drehungsachse ab. Dieser wechselt nicht

[16]) Connaiss. des temps 1827, 234. — [17]) Smithsonian contrib. to knowledge, Wash. XVIII, 1873, p. XII. — [18]) Geogr. Jahrb. III, 1870, S. XI u. XXXVIII.

etwa nur in verschiedenen Breiten der Erde — wobei der Abstand mit dem Kosinus der geographischen Breite abnimmt (§ 57) —, sondern ändert sich auch mit jeder senkrechten Erhebung über oder mit Versenkung unter unsern jeweiligen Standpunkt. Schon Newton hat daher geschlossen, dass man die Umdrehung der Erde werde feststellen können, wenn man einen Körper von einem hohen Turme herabfallen lasse. Es hat freilich ein Jahrhundert gedauert, ehe der Italiener Guglielmi 1791 die Sache experimentell durchzuführen vermochte. Nachmals sind ähnliche Versuche mehrfach von hohen Türmen und in Bergwerkschächten wiederholt worden [19]).

Die herabgelassenen Bleikugeln müssten bei ruhender Erde genau den Fusspunkt einer Senkrechten unter der ursprünglichen Lage der fallenden Kugel treffen. Tatsächlich fallen sie stets seitwärts, und zwar ein wenig östlich des Fusspunkts. Dies kann auf den ersten Blick befremden, denn wenn die Erde während der Fallzeit der Kugel gleichsam unter dem obern Punkt von West nach Ost hinweggleitet, erwartet man eine westliche Abweichung der Falllinie. Indessen zeigt sich das Gegenteil, weil den ruhenden Kugeln bei ihrer um die Turmhöhe grössern Entfernung von der Erdachse auch eine grössere Geschwindigkeit innewohnt, sodass sie also beim Fall dem festen Erdboden ein wenig nach Osten vorauseilen.

Grosses Aufsehen erregte in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts der Foucaultsche Pendelversuch (1851) [20]) als einer der sinnfälligsten Beweise für die Umdrehung der Erde, der nachmals in zahlreichen Städten der Erde wiederholt ward. Ein möglichst langes Pendel — man macht die Versuche in Rotunden, Kirchen etc. — wird vorsichtig in Schwingung versetzt, indem man das Gewicht desselben seitwärts durch einen Faden befestigt und diesen dann durchbrennt. Da es langsam schwingt, lässt sich die Ebene, in der die Schwingungen zuerst vor sich gehen, leicht verfolgen, etwa dadurch, dass eine am Gewicht unten angebrachte feine Spitze den Weg im Sand, der auf den Boden gestreut ist, markiert. Man beobachtet, wie diese Ebene auf die Dauer nicht dieselbe bleibt, sondern sich allmählich dreht und einen immer grössern Winkel mit der ursprünglichen Richtung macht. Die Drehung erfolgt auf der nördlichen Halbkugel der Erde nun stets von West nach Ost über Nord, gleichviel, in welcher Ebene die Schwingungen begonnen haben. Da an sich zu einer solchen Abweichung kein denkbarer Grund vorhanden ist, so muss die Erscheinung als ein Beweis der Umdrehung der Erde angesehen werden. Die Lage der Schwingungsebene bleibt sich in der Tat gleich, aber wir mit unsern Augen drehen uns unter dem Pendel. Selbstverständlich wird der Beweis erst zwingend, wenn die beobachtete Grösse der Ablenkung mit der theoretisch berechneten übereinstimmt (§ 83).

Die Fliehkraft. Die ganze Summe von Erscheinungen, bei denen die Wirkung einer Fliehkraft auf der Erdoberfläche vorausgesezt werden muss, spricht selbstverständlich ebenso für die Drehung, da

[19]) Von Benzenberg 1804, Reich 1832. S. Näheres in Martus, Astron. Geogr., § 159; Wolf, Handb. d. Astr., I, § 262. — [20]) Annales de chimie et physique, 1851. Vergl. J. Müllers Kosm. Physik, 5. Aufl. 1894. Herausgeg. von C. F. W. Peters, 70 ff., Martus a. a. O. § 157.

jene bei einem ruhenden Körper nicht besteht. Wir haben bereits über die Fliehkraft gesprochen, als es galt, das Gesetz der Schwereabnahme nach dem Aequator zu zu entwickeln (§ 57). Es ist allerdings klar, dass die Richtung der Drehung, ob von W nach O oder umgekehrt, für die Fliehkraft an sich keine Rolle spielt.

Ablenkung der Richtung (des Azimuts) von längs der Erdoberfläche bewegten Körpern. Seit man anfing, die Bewegung der Massen im Luft- und Wassermeer, die stetigen Winde und Meeresströmungen, über grosse Teile der Erdoberfläche hin zu verfolgen und ihre Wege kartographisch einzuzeichnen, erkannte man, dass sie im Verlauf ihres Weges allmählich aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden. Es lässt sich dies am besten an den aus höhern Breiten dem Aequator zuströmenden Passatwinden erkennen, welche zu beiden Seiten des Aequators in die gleiche nach Westen gewendete Richtung übergehen (Nordost- und Südostpassate, s. Atlas, Taf. VII). Schon G. Hadley erkannte 1735 in dieser Erscheinung die Wirkung der Erdrotation. Diese Winde kommen aus Breiten geringerer linearer Geschwindigkeit (§ 57) — die Erde gleitet in niedrigern Breiten gewissermassen unter ihnen schneller nach Osten hinweg —, sie erscheinen uns, wenn wir uns in die Drehbewegung der Erde mit dem Gesicht nach O hineindenken, nicht mehr von der Seite zu kommen, sondern mehr uns entgegen zu wehen, also nicht mehr längs der Meridiane, sondern mehr von Nordost bis Ost auf der Nordhalbkugel und von Südost bis Ost auf der südlichen zu kommen. Ohne die Drehung würden die Passate in der Richtung der Meridiane dem Aequator zuströmen, und bei einer Drehung der Erde von O nach W würde ihre Ablenkung umgekehrt nach Osten erfolgen. Aehnliches muss dann aber auch bei Winden, die in entgegengesetzter Richtung vom Aequator her wehen, von Meeresströmungen, ja von jedem durch die Luft schwirrenden Geschoss gelten. Sie müssen alle eine Neigung haben, ihr ursprüngliches Azimut, den Winkel, den ihr Weg mit der Nordrichtung macht, zu verändern. Wo sich dies bei Bewegungen auf festen Bahnen wie z. B. bei allen fliessenden Gewässern oder bei Eisenbahnen an der Richtungsänderung nicht feststellen lässt, muss sich die gleiche Wirkung in einem gewissen Druck zu erkennen geben, den die bewegten Massen auf die eine Seite ihres vorgeschriebenen Bettes, ihres Geleises etc. ausüben.

Genug, man hat längst das Problem von ganz allgemeinem Standpunkt erfasst und das Gesetz erkannt, dass jeder auf der Erdoberfläche sich frei fortbewegende Körper, gleichviel in welcher Richtung er sich ursprünglich bewegt, infolge der Erdrotation auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt wird.

Jeder längs der Erdoberfläche fortbewegte Körper besitzt[21]) zwei Geschwindigkeiten: die fortschreitende $AB = v$ (Fig. 33), mit welcher ihn ein

[21]) Vergl. die lichtvolle Entwickelung v. K. Zöppritz, Ueber den angebl. Einfluss d. Erdrotation auf die Gestaltung von Flussbetten; Verh. d. II. deutschen Geogr.-Tages, Halle 1882, 47 ff.

Beobachter am Punkte A in einem bestimmten Azimut (α) sich fortbewegen sieht, und die Geschwindigkeit des Erdortes selbst vermöge der Drehung der Erde (AC). Die Gesamtwirkung beider bringt ihn in die Diagonalrichtung nach D. Die Bewegung erscheint dem jetzt in C befindlichen Beobachter in der Richtung DC vor sich zu gehen, während die Nordrichtung in diesem Punkte C durch CN dargestellt wird. Denkt man sich in die Bewegungsrichtung hinein (mit dem Gesicht nach B), so ergibt sich, dass in diesem Fall die Verkleinerung des Azimuts einer Rechtsablenkung der Richtung gleichkommt. Denn die Bewegungsrichtung hat sich dem Meridian von links nach rechts genähert. Dasselbe kann man aus Fig. 34 herauslesen, welche einer nach Süden gerichteten Bewegung entspricht. Hier hat sich das Azimut α vergrössert, es hat also (wie etwa bei den Passaten der Nordhalbkugel) eine Rechtsablenkung nach Westen stattgefunden. — Die Grösse der Ablenkung entspricht dem Längenunterschied ε zwischen den beiden Meridianen AN und CN, denn α' ist im ersten Fall $= \alpha - \varepsilon$, im zweiten $= \alpha + \varepsilon$. Es ist zweckmässig, sich nebenstehende Figuren für solche Bewegungen zu konstruieren, welche ursprünglich nach Nordost oder Nordwest und ebenso auf der Südhalbkugel nach verschiedenen Seiten gerichtet sind. Man hat nur festzuhalten, dass AC immer der Drehung der Erde gemäss nach Osten gerichtet sein muss.

Fig. 33.

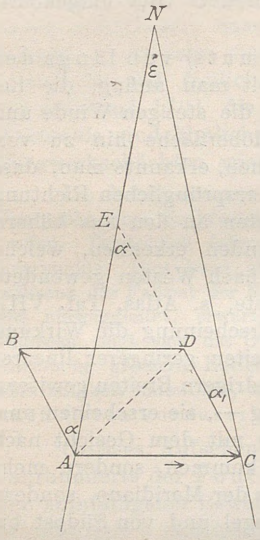
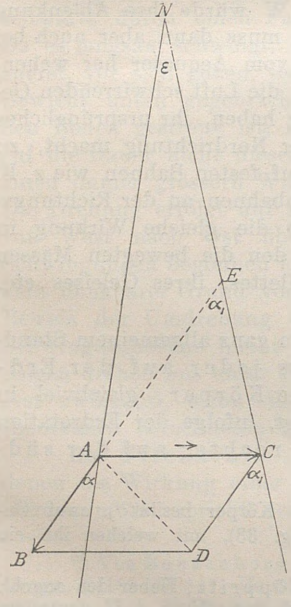


Fig. 34.



§ 82. Die Rotationsdauer der Erde lässt sich allein durch astronomische Beobachtungen feststellen. Der Umschwung vollzieht sich in der nämlichen Zeit, welche verstreicht zwischen zwei Kulminationen desselben Sternes. Die Länge eines solchen Sterntages oder einer Erdrotation hat man zu $86\,164,_1$ Sekunden mittlerer Zeit (S. 58) bestimmt. Sie scheint eine der konstantesten Grössen unter den astronomischen Grundwerten zu sein. Denn wenn auch gewisse Erscheinungen wie die tägliche Fortbewegung der Flutwelle in einer der Drehung entgegengesetzten Richtung, theoretisch dafür sprechen, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit im Laufe der Zeit eine langsamere geworden sein könnte (§ 94), so führen alle Rechnungen, welche auf antike astronomische Beobachtungen gegründet sind, auf ganz verschwindende Beträge einer Verzögerung in historischen Zeiten.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit ist, trotzdem die Lage der Erdachse, wie wir sehen werden, kleinen Schwankungen unterworfen ist, eine völlig gleichförmige. Unter Winkelgeschwindigkeit der Erde (ω) versteht man den Winkel, um welchen sie sich in einer Sekunde dreht; dieselbe beträgt

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164} = 0{,}_{00007292}.$$

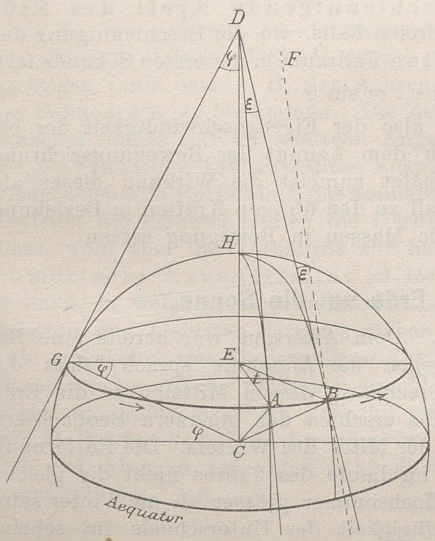
Diese ist selbstverständlich für alle Punkte der Erde die gleiche, während die lineare Fortbewegung, wie in § 57 gezeigt ist, mit dem Kosinus der geographischen Breite abnimmt, also $= \omega \,.\, R \cos \varphi$ ist; sie beträgt am Aequator $= \omega \,.\, 6\,377\,400^{m} = 465^{m}$, auf dem 50. Breitenparallel 299^{m} (S. 110).

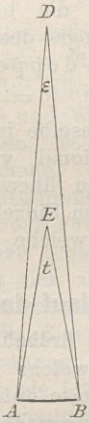
§ 83. Die Grösse der Ablenkung von Bewegungsrichtungen auf der Erde. Die oben angeführten Beweise für die Drehung der Erde sind selbstverständlich nur dann zwingend, wenn die Grösse der Ablenkungen, welche die Fallinie, die Ebene der Pendelschwingungen oder die Richtung horizontal fortbewegter Körper etc. in bestimmten Zeiten erleiden, mit der theoretisch berechneten übereinstimmt.

Zunächst ergibt sich, dass die Grösse dieser Ablenkungen in bestimmter Abhängigkeit von der geographischen Breite steht, und zwar mit dem Sinus der Breite wächst.

Gesetzt, das Foucaultsche Pendel schwinge anfangs in der Meridianebene des Punktes A (Fig. 35) in der durch $ADEC$ gelegten Ebene, wo AD eine Tangente an die Erde in A darstellt, so rückt der Punkt A nach einer Zeit t ostwärts nach B, für welchen die Meridianlinie in gleicher Weise durch BD bezeichnet ist. Die Schwingungsebene, die sich parallel geblieben ist, mag durch die gestrichelte Linie BF angedeutet werden. Dann stellt ε, der Winkel der Tangenten, auch die Ablenkung der Schwingungsebene dar, da $ADB = \varepsilon = DBF$ als Wechselwinkel.

Fig. 35.





Nun lassen sich ADB und AEB als Kreisausschnitte desselben Bogens AB (s. die Nebenfigur 35) auffassen, in denen die Zentriwinkel sich umgekehrt wie die Radien verhalten

$$t : \varepsilon = AD : AE.$$

Es ist aber aus Dreieck AED, dessen Winkel an der Spitze gleich der geogr. Breite φ ist, wie man aus dem kongruenten $\triangle$ GED ersehen kann)

$AE = AD \,.\, \sin \varphi$, folglich $t : \varepsilon = AD : AD \sin \varphi$ oder $t : \varepsilon = 1 : \sin \varphi$

oder der Ablenkungswinkel $\varepsilon = t \,.\, \sin \varphi$.

Am Aequator, wo $\sin \varphi = o$, findet also keine Ablenkung statt; am Pol, wo $\sin \varphi = 1$, ist dieselbe gleich dem Stundenwinkel t, beträgt also in 24^h einen vollen Kreis, in 1^h einen Winkel von 15^0. In Mitteldeutschland (50^0 Br.) wäre eine stündliche Drehung um $11^1/_2{}^0$ zu erwarten, da $\varepsilon = 15^0 . \sin 50^0 = 15^0 . 0{,}766 = 11^1/_2{}^0$ (genau genommen handelt es sich hier um Sterntag und Sternstunden).

Wenn das Experiment des Foucaultschen Pendels nicht völlig mit der hier entwickelten elementaren Formel stimmt, so ist zu beachten, dass eine solche immer nur als eine erste Annäherung an die wirklichen Gesetze angesehen werden kann. Sie gilt z. B. in diesem Falle nur, wenn die Weite (Amplitude) der Schwingung gegen die Pendellänge verschwindend klein ist und das Quadrat der Winkelgeschwindigkeit ohne merklichen Fehler gleich Null gesetzt werden darf Eben deshalb wählt man möglichst lange und daher auch langsam schwingende Pendel. Doch lässt sich das Prinzip auch schon bei Pendeln von einigen Metern Länge und bei kleinen Amplituden zeigen.

Wenn sich ferner eine Masse längs der Erdoberfläche bewegt, so setzt sich die Grösse der Ablenkung wesentlich aus Wirkungen des Trägheitsgesetzes, zum kleinern aus Wirkungen des Fortschreitens von Gegenden grösserer Geschwindigkeit zu solchen kleinerer oder umgekehrt zusammen. Der erste Faktor ist von der ursprünglichen Richtung der Bewegung ganz unabhängig, der zweite nicht. Es ist leicht einzusehen, dass der letztere in meridionaler Richtung am grössten ist, weil sich in dieser die Geschwindigkeit längs den Parallelen am schnellsten ändert. Ist v die Eigengeschwindigkeit der bewegten Masse, ω die Winkelgeschwindigkeit der Erde, φ die geogr. Breite, so kann die lineare Ablenkung in einer Sekunde zu $v . \omega . \sin \varphi$ angesetzt werden[22]). Da dieselbe in gleichförmig beschleunigter Bewegung vor sich geht, wird man die beschleunigende Kraft der Erdrotation (nach Analogie des freien Falls, wo die Beschleunigung der Schwerkraft gleich dem doppelten Fallraum in der ersten Sekunde ist),

$$= 2 v . \omega \sin \varphi$$

annehmen dürfen. Dieselbe ist also der Eigengeschwindigkeit der bewegten Masse proportional, von dem Azimut der Bewegungsrichtung aber unabhängig. Man überschätzt zumeist die Wirkung dieser ablenkenden Kraft, die im Einzelfall zu den übrigen Kräften in Beziehung gesetzt werden muss, welche die Massen in Bewegung setzen.

II. Umlauf der Erde um die Sonne.

§ 84. Gestalt der Erdbahn. Dem Altertum war bereits eine Beobachtung bekannt, welche gegen die Annahme sprach, dass die Sonnenbahn einem Kreise entspreche, in dessen Mittelpunkt die Erde sich befindet. Die Sonnenscheibe erschien den genauern Beobachtern im Hochsommer kleiner als in der Mitte des Winters. Die Entfernung beider Weltkörper konnte also im Laufe des Jahres nicht die gleiche sein, und zwar musste sie im Hochsommer grösser als im Winter sein. Andererseits sprach die Geringfügigkeit des Unterschieds im schein-

[22]) Vergleiche die ganz elementare Ableitung bei Zöppritz, a. a. O. Anm. 21, S. 143. Eine andere, gleichfalls sehr klare Ableitung des Wertes der ablenkenden Kraft der Erdrotation gibt A d. Sprung, Lehrbuch d. Meteorologie, 1885, 19 — 27.

baren Sonnendurchmesser dafür, dass die Bahn nicht beträchtlich von einem Kreise abweiche.

Seit Kepler (1609) wissen wir, dass die Erdbahn, wie die der übrigen Planeten, eine Ellipse ist. Die grosse Achse einer solchen führt bei diesen Planetenbahnen den Namen der Apsidenlinie, weil sie die Punkte stärkster Krümmung oder Wölbung (ἁψις) der Ellipse verbindet. Die Sonne befindet sich auf dieser Apsidenlinie unweit des Mittelpunkts der Ellipse und zwar in einem der Brennpunkte. Nach den Gesetzen der Ellipse wird man also die Entfernung der Sonne vom Mittelpunkt die lineare Exzentrizität nennen und das Verhältnis (ε), in dem dieser Abstand (e) zur halben grossen Achse (a) steht, oder die numerische Exzentrizität als massgebend für die Gestalt der Bahnellipse bezeichnen (Atlas, Taf. II, Fig. 1). Die Endpunkte der Apsidenlinie deuten den Ort der grössten Sonnennähe (Perihelium) und den der grössten Sonnenferne (Aphelium) an. In mittlerer Entfernung befindet sich ein Planet zweimal während seines Umlaufs, nämlich dann, wenn er die Endpunkte der kleinen Achse (Atlas, Taf. II, Fig. 1) erreicht hat. Denn da in einer Ellipse die Summe der Leitstrahlen, welche einen Punkt derselben mit den beiden Brennpunkten verbinden, immer gleich der grossen Achse ($2a$) ist, so sind die zum Endpunkt der kleinen Achse von den Linienpunkten führenden Leitstrahlen einander gleich und jeder ist gleich der halben grossen Achse (a). Die mittlere Entfernung eines Planeten von der Sonne ist also stets gleich der halben grossen Achse (Apsidenlinie).

Zu den grössten Schwierigkeiten der Astronomie gehört es nun, die absolute Länge (Grösse) irgend einer für die Planetenbahnen wichtigen Linie wie z. B. der Achsen der Ellipsen oder eines Stücks der Bahnen etc. zu bestimmen. Die Zeit- und Winkelmessungen führen zunächst immer nur zu relativen Angaben. Solche sind allerdings für die Gestalt der Erdbahnellipse ausreichend. Man nennt, um es zu wiederholen, die Entfernung des Sonnenmittelpunktes vom geometrischen Zentrum der Planetenbahnen die lineare Exzentrizität (e). Nicht diese, wohl aber ihr Verhältnis zur halben grossen Achse (a) oder die numerische Exzentrizität (ε) lässt sich aus dem Verhältnis berechnen, in welchem die scheinbaren Sonnendurchmesser zur Zeit ihres grössten und kleinsten Betrages stehen[23]). Denn diese letztern müssen sich umgekehrt wie die jeweiligen Entfernungen verhalten, da uns die Sonne um so grösser erscheint, je näher sie ist und umgekehrt. Die Rechnung ergibt, dass die Erdbahn nur wenig vom Kreise verschieden ist; die Exzentrizität beträgt rund $^1/_{60} = 0{,}_{0167}$ und es verhält sich der Abstand im Aphel α zu dem im Perihel β wie 61 : 59, genauer wie $1{,}_{0167} : 0{,}_{9833}$.

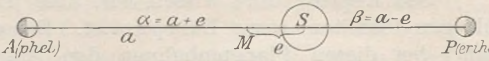
[23]) Die Astronomen bezeichnen die lineare Exzentrizität meist in Bogensekunden vom Radius 1, sodass man die Zahlen durch $206264{,}_8''$, d. h. die Länge des Kreisbogens, welcher dem Halbmesser gleich ist, ausgedrückt in Bogensekunden, teilen muss, um die numerische Exzentrizität zu erhalten.

Aus Fig. 36 ergibt sich sofort, dass

$$\alpha - \beta = (a + e) - (a - e) = 2e,$$

also $\varepsilon = \frac{e}{a} = \frac{\alpha - \beta}{2a}$ ist.

Fig. 36.



Setzt man die mittlere Entfernung $a = 1$, so ist

$$\varepsilon = \frac{\alpha - \beta}{2} = \left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) \cdot \frac{\alpha}{2}. \qquad (2)$$

Suchen wir den grössten und kleinsten Wert des scheinbaren Durchmessers der Sonne in einem astronomischen Jahrbuch[24]), so ergibt sich z. B. für 1909, 2. Januar: 32′ 32″, für 2. Juli 31′ 27″,68, also

$$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{1887'',68}{1952''} = 0,_{967049} \quad \text{und} \quad 1 - \frac{\beta}{\alpha} = 0,_{032951}.$$

Da nun bei Ellipsen, welche sich wenig vom Kreise unterscheiden, α fast gleich der halben Apsidenlinie, also hier $= 1$ ist, so kann ein erster Näherungswert für ε aus (1) gefunden werden durch

$$[\varepsilon] = \left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{0,_{032951}}{2} = 0,_{016476}, \text{ wonach } \alpha' = 1 + \varepsilon = 1,_{016476}. \qquad (2)$$

Multipliziert man mit diesem letztern den genäherten Wert von $[\varepsilon]$

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \alpha' = 0,_{016476} \cdot 1,_{016476}, \text{ so ist die Exzentrizität}$$

$$\varepsilon = 0,_{016747}.$$

Der genaue Wert der Exzentrizität war i. J. 1900 $= 0,_{016750}$[25]). Auch dieser ist einer säkularen Aenderung von geringem Betrag unterworfen. Zur Zeit vermindert er sich jährlich um $0,_{000\,000\,42}$. Ueber die Extreme der Schwankung hat man nur Vermutungen. Kosmologische Gründe zu einer klimatisch ins Gewicht fallenden bedeutenden Aenderung liegen nach heutigen Kenntnissen nicht vor.

Es ist ein Fehler unserer Lehrbücher und Atlanten, dass die Erdbahn fast immer nur in Seitenansicht (Atlas, Taf. II, Fig. 6) gegeben wird, wodurch sie in der Verkürzung gewaltig abgeplattet erscheint. Bei kleinern Abbildungen von oben (vom Pol der Ekliptik aus) ist es allerdings schwer, die Abweichung der Erdbahn vom Kreise überhaupt noch zur Anschauung zu bringen. Man sucht sie durch Herausrücken der Sonne aus dem wahren Brennpunkt der Ellipse zu vermitteln (vergl. die Bemerkungen zu Fig. 2 und 5 auf Taf. II des Atlas).

Nur Venus und Neptun haben unter den grössern Planeten eine Bahn von noch geringerer Exzentrizität als die Erdbahn; Uranus, Jupiter und Saturn eine $3 - 3\,^1/_2$ fach stärkere ($\varepsilon = 0,_{047}$ bis $0,_{056}$). Mars dagegen ($\varepsilon = 0,_{093}$) steht im Perihel um fast $^1/_5$, Merkur ($\varepsilon = 0,_{2056}$) sogar um die Hälfte der Sonne näher als im Aphel. Die Bahnen der beiden letztgenannten Wandelsterne lassen sich auf Tafeln daher leicht als Ellipsen zeichnen. (Atlas, Taf. III, Gruppe der innern Planeten. Die Apsidenlinien sind dort durch die Lage ihrer Endpunkte A (Aphel) und P (Perihel) bezeichnet).

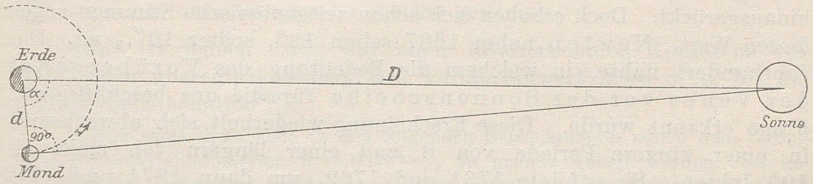
§ 85. Die Grösse der Erdbahn. Altertum und Mittelalter haben die Entfernung der Erde von der Sonne gewaltig unterschätzt, trotzdem bereits eine Reihe durchaus vernünftiger Methoden zur Feststellung derselben ersonnen waren.

---

[24]) Berliner astronom. Jahrbuch für 1909; der Auwerssche Wert für den Sonnenhalbmesser 15′ 59,$_{63}$″ ist dort seit 1895 angenommen. S. § 91. — [25]) Nach Leverriers Formel, Ann. de l'Observ. de Paris IV, 1858.

So glaubte Aristarch von Samos[26]), der scharfsinnige Vorahner des Coppernicanischen Weltsystems, um 280 v. Chr., das Verhältnis des Sonnenabstandes von der Erde (D) zu dem des Mondes (d) von der Erde aus dem Winkel (α) bestimmen zu können, welchen beide Zentrallinien in dem Augenblick bilden, in dem genau die Hälfte des Mondes erleuchtet wird (also zur Zeit der sog. Quadraturen, Atlas, Taf. III, Fig. 3).

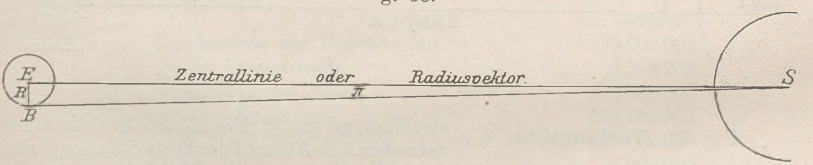
Fig. 37.



In diesem Moment ist der Winkel am Mond (Fig. 37) ein rechter. Aristarch bestimmte das Verhältnis $d : D$ zwischen 1 : 18 und 1 : 20, nahm also an, die Sonne sei 19mal weiter von der Erde entfernt als der Mond. Hiernach wäre im rechtwinkligen Dreieck MES der Winkel $\alpha = 87°$ (da $\cos 87° = 0{,}_{052} = {}^1/_{19}$). Die Methode ist, wie man sieht, richtig; die Schwierigkeit besteht aber in der Bestimmung des Zeitpunktes der Halbbeleuchtung des Mondes. Der Winkel α ist tatsächlich viel weniger von 90° verschieden als sich aus dem Verhältnis $d : D = 1 : 19$ ergibt, und je grösser α ist, umsomehr rückt S von E fort. Der Winkel α ist nämlich in Wahrheit $= 89° 51\,{}^1/_8'$, sodass der Abstand D der Sonne von der Erde $= d : \cos 89° 51\,{}^1/_8' = 387\,d$, oder 20mal grösser ist, als Aristarch annahm.

Während man nun die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde im Altertum schon annähernd richtig zum 59-fachen des Erdradius annahm, hat jenes Aristarchische Resultat die Ansichten über die Sonnendistanz bis ins 17. Jahrh. beherrscht. Die Sonne sollte

Fig. 38.



um ca. 1200 Erdradien vom Erdmittelpunkt entfernt sein[27]) oder eine Parallaxe (π) von ca. $3' = 180''$ besitzen. Aus Fig. 37 geht hervor, dass der Sinus des Parallaxenwinkels π, unter welchem der Erdradius von der Sonne aus gesehen erscheint (§ 45,4), stets gleich dem Erdradius geteilt durch die Zentrallinie (D) ist,

$$\sin \pi = \frac{EB}{ES} = \frac{R}{D}, \text{ folglich } D = \frac{R}{\sin \pi}.$$

[26]) Aristarch, Ueber die Grössen u. Entfern. d. Sonne u. d. Mondes, übers. v. A. Nokk, Progr., Freiburg 1854, Kap. 7; ed. Nizze, Stralsund 1856, 11. — [27]) Cl. Ptolemaeus, Almagest V, Kap. XV ed Halma I, 346 (sin 0° 3′ ist gleich $0{,}_{000873}$ oder $= 1 : 1146$, also rund $= 1 : 1200$). Hipparch nahm 13—1400 R. an.

Die Entfernung der Zentra beider Weltkörper ist gleich dem Erdradius geteilt durch den Sinus des Parallaxenwinkels. Dieser letztere Ausdruck ist stets ein sehr kleiner Bruch. Seit man die Abplattung der Gestirne kennt, bezieht man die Parallaxe immer auf den Aequatorialradius.

Erst Kepler ist von jenem viel zu grossen Wert $\pi = 180''$ abgegangen und hat mit $\pi = 60''$ die Sonne auf etwa 3440 Erdradien hinausgerückt. Doch erhoben sich schon zeitgenössische Stimmen gegen diesen Wert. Newton nahm 1687 schon $12''$, später $10'',_5$ an. Das Jahrhundert nahte, in welchem die Bedeutung des Vorübergangs der Venus vor der Sonnenscheibe für die uns beschäftigende Frage erkannt wurde. Diese Erscheinung wiederholt sich abwechselnd in einer kürzern Periode von 8 und einer längern von mehr als 100 Jahren. Sie erfolgte 1761 und 1769, um dann 1874 und 1882 Gegenstand zahlreicher astronomischer Expeditionen zu ihrer Beobachtung von verschiedenen Punkten der Erde aus zu werden. Denn das wichtige Ereignis wird sich erst nach drei Generationen, nämlich in den Jahren 2004 und 2012, wiederholen.

Am 6. Dezember 1882 stand Venus in sog. unterer Konjunktion, d. h. sie stand zwischen Sonne und Erde so nahe der Ekliptik, dass ihr dunkler Körper sich auf die leuchtende Sonnenscheibe projizierte. Da sie der Erde etwa dreimal näher steht als der Sonne (Atlas, Taf. III), so schneidet der Weg der vorüberwandernden Venus, von Orten südlicher Breite beobachtet, die Sonne mehr am obern Rande; von Punkten nördlicherer Breite gesehen, mehr in der Mitte (Fig. 39). Aus dem Abstand

Fig. 39. Seitenansicht.

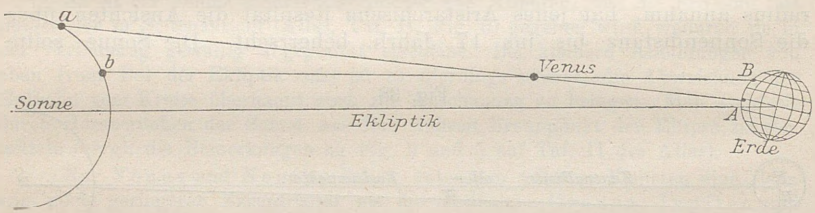
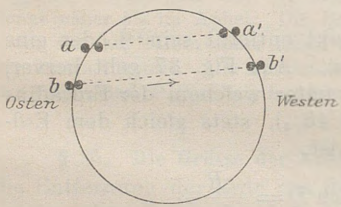


Fig. 40. Vorderansicht.



der Wege aa' und bb' (Fig. 40) und dem bekannten terrestrischen Abstand der Beobachtungspunkte AB lässt sich unter Berücksichtigung der genauern Zeitunterschiede der Beobachtungen alsdann die Sonnenparallaxe π berechnen.

Auf Grund der Beobachtungen von 1681 hatten Cassini und Picard π zu $10'',_7$ berechnet[28]), und seitdem hat dieser Wert nur zwischen $8''$ und $9''$ geschwankt. Im J. 1835 berechnete Encke aus den Vorübergängen des 18. Jahrhunderts

$\pi = 8'',_{571}$, also $D = R : \sin 0^0\,0'\,8'',_{571} = R : 0,_{000041554} = 24067$ R.

Dies Resultat, das lange Geltung gehabt hat in der geographischen Literatur, ist nach unserer jetzigen Kenntnis für π bereits zu klein, demnach für D zu gross; die Erde ist nicht so weit von der Sonne entfernt.

---

[28]) Houzeau, Vademecum (S. 152, Anm. 9), p. 405.

Längere Jahre erfreute sich ein von Newcomb 1867 berechneter Wert allgemeiner Anerkennung: $\pi = 8''{,}848$ ($8''{,}85$). Hiermit stimmt auffallend der von Harkness aus den amerikanischen Messungen der Jahre 1874 und 1882 berechnete Wert $\pi = 8''{,}842 \pm 0{,}019$, wogegen die deutschen Beobachtungen nach allen Ausgleichsrechnungen den nicht unbeträchtlich grössern Wert $\pi = 8''{,}880$ mit einem mittlern Fehler von $\pm 0{,}032$ ergaben [29]). Die Mehrzahl der Parallaxenbestimmungen auf andern Wegen haben in neuerer Zeit einen näher an $8''{,}8$ grenzenden Wert ergeben. Es ist also in Betreff dieser wichtigen Konstante leider noch kein übereinstimmendes Resultat gewonnen.

Man ist jedoch 1896 auf einer internationalen Konferenz von Astronomen übereingekommen, den Parallaxenwert $\pi = 8''{,}80$ bis auf weiteres beizubehalten [30]).

Dieser muss denn auch in den folgenden Betrachtungen neben dem Besselschen Aequatorialhalbmesser $R = 6377^{km}{,}4$ zu grunde gelegt werden. So unbedeutend die Differenzen erscheinen, so üben dieselben, sobald wir zu absoluten Zahlen übergehen, schon einen beträchtlichen Einfluss aus. Jedes Wachstum der Parallaxe um $^1/_{100}$ Sekunde rückt die Erde um ca. 170 000 km der Sonne näher.

Autorität	Parallaxe π	Mittlere Entfernung a in Aequ.-Radien	Mittlere Entfernung a in Kilometern
Auwers 1891	$8''{,}880 \pm 0{,}032$	23 229	148 137 500
Newcomb 1867	$8''{,}848$	23 312	148 672 000
Newcomb 1895	$8''{,}80$	23 439	149 481 000

Hiernach beträgt die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne nahezu 150 Millionen Kilometer.

Mehr entfernt sich von dieser Zahl die alte vielgebrauchte Abrundung auf 20 Millionen geographische Meilen (= 148.400000 km). Zieht man, wie es von astronomischer Seite jetzt oft geschieht, den Aequatorialradius nach Clarke (1880) mit 6378 km in die Berechnung hinein, so ergibt sich für die Parallaxe von $8''{,}80$ eine Entfernung von 149 509 000 km.

Wir bleiben bei der Abrundung auf $149{,}_5$ Mill. km stehen und erhalten in Kilometern:

	$a = 149\,500\,000$
die Apsidenlinie der Erdbahn $2a =$	299 000 000
die lineare Exzentrizität $e =$	2 504 000
die Entfernung im Aphel $\alpha = a + e$	152 000 000
die mittlere Entfernung $= a$	149 500 000
die Entfernung im Perihel $\beta = a - e$	147 000 000
der Unterschied $\alpha - \beta = 2e$	5 008 000
der Umfang der Erdbahn $2a\pi\left(1 - \frac{\varepsilon^2}{4}\right)$ [31])	939 200 000

während dieser Umfang nach dem Enckeschen Wert 964, nach Auwers $934{,}_1$ Mill. Kilometer beträgt. Das Licht, welches rund 300 000 km in 1 s durcheilt, braucht demnach zur Zeit des Perihels fast $507^s = 8^m\ 27^s$, um zur Erde zu gelangen, zur Zeit des Perihels fast 17 s weniger.

---

[29]) Astron. Nachrichten, 1891, Nr. 3066. — [30]) Die Grundlage für diesen Beschluss bildete die zusammenfassende Diskussion aller neuern Werte durch S. Newcomb, „The Elements of the four inner Planets and the fundamental constants of Astronomy" Suppl. to the Amer. Ephemeris and Nautical Almanac for 1897. Wash. 1895. — [31]) Diese Näherungsformel ist zweckmässiger als die dem 4-fachen Quadranten der Ellipse entsprechende $= (a + b)\pi$ (§ 59), weil wir die kleine Achse b oder die Abplattung der Bahnellipsen sonst erst berechnen müssten. ε ist selbstverständlich gleich der numerischen Exzentrizität (§ 84).

§ 86. Umlauf der Erde um die Sonne. Wiewohl die Alten sich die Planeten und besonders die Sonne viel zu nahe der Erde dachten, so ist doch zu verwundern, dass die gewaltige Schnelligkeit, mit der diese Weltkörper bei einer Zurücklegung des Umlaufs in 24^h, wie ihn die alte geozentrische Auffassung voraussetzte, hätten vorwärts eilen müssen, sie nicht stutzig machte und auf die Vermutung brachte, das tägliche Auf- und Untergehen werde umgekehrt durch die Drehung der Erde bewirkt. Denn selbst bei der Annahme des Ptolemaeus, dass die Entfernung zwischen Erde und Sonne nur 1200 Erdradien betrage, hätte die letztere bei ihrem (vermuteten) Umlauf um die Erde in einer Sekunde einen Weg von

$$2 \cdot \frac{(1200 \cdot 6370^{km})}{24 \cdot 60 \cdot 60} \cdot \pi = \frac{40024^{km}}{72} = 556^{km}$$

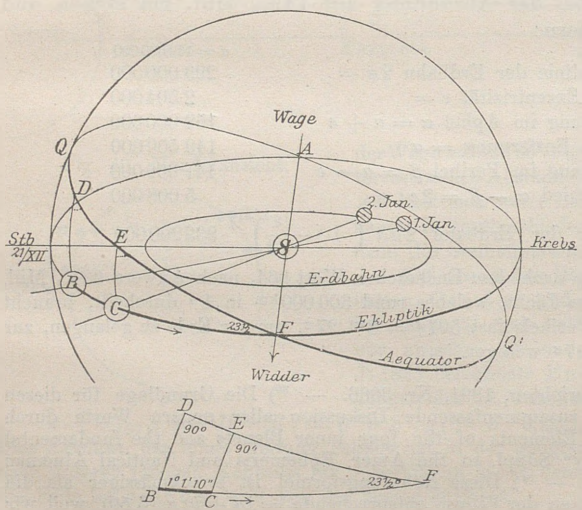
zurücklegen müssen. Statt dessen zeigt sich, dass die Erde nur eine mittlere Geschwindigkeit von $29,_8{}^{km}$ oder rund 30^{km} in einer Sekunde besitzt. Denn indem sie die ganze Bahn von 939 Millionen Kilometer in einem Jahr vollendet, ist die Geschwindigkeit

$$v = \frac{U}{t} = \frac{939150000^{km}}{365^d,_{242} \cdot 24^h \cdot 60^m \cdot 60^s} = 29,_{76}{}^{km}.$$

Es ist dies immerhin eine sehr beträchtliche Geschwindigkeit gegenüber allen auf der Erde selbst vor sich gehenden Bewegungen stofflicher Massen, wie der Winde, der Geschosse, ja der Erdoberflächenpunkte selbst während der Umdrehung des Erdkörpers, da wir diese sogar für den Aequator nur zu 465^m, also kaum $^1/_2{}^{km}$ (§ 57), fanden.

Die Erde vollzieht aber ihren Umlauf nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Unsere astronomischen Jahrbücher geben uns den Stand des Sonnenmittelpunkts nach Rektaszension und Deklination (§ 36) für jeden Mittag des Jahres an. Durch sehr einfache Berechnungen kann man aus diesen sphärischen Koordinaten das tägliche Fortrücken des Sonnenmittelpunkts in der Sonnenbahn oder der Ekliptik berechnen. Denn sind in Fig. 41 AQD und $AQDE$ die Rektaszensionen der Sonne, DB und EC die Deklinationen für zwei

Fig. 41.



auf einander folgende Tage, so lässt sich das Stück BC der Ekliptik leicht aus den Hypotenusen der rechtwinkelig-sphärischen Dreiecke FDB und FEC bestimmen.

Stellt man z. B. die im Berliner astronomischen Jahrbuch für 1. und 2. Januar und 1. und 2. Juli 1894 angegebenen Werte der

	1. Januar	2. Januar	1. Juli	2. Juli
Rektaszension	$18^h\ 47^m\ 9^s{,}_7$	$18^h\ 51^m\ 34^s{,}_5$	$6^h\ 41^m\ 32^s{,}_{99}$	$6^h\ 45^m\ 41^s{,}_{15}$
Deklination	$23^0\ 0'\ 44''{,}_9$	$22^0\ 55'\ 32''{,}_5$	$23^0\ 6'\ 41''{,}_9$	$23^0\ 2'\ 23''{,}_4$

ein und bedenkt man, dass DF das Komplement zu 24^h bezw. 12^h ist (also am 1. Januar $DF = 24^h - 18^h\ 47^m\ 9^s{,}_7 = 5^h\ 12^m\ 50^s{,}_3 = 78^0\ 12'\ 34''{,}_5$ etc.), so folgt nach dem Kosinussatz für Januar

$BF = 79^0\ 9'\ 35''{,}_0$ aus $\cos BF = \cos 78^0\ 12'\ 34''{,}_5 \cdot \cos 23^0\ 0'\ 44''{,}_9$
$CF = 78^0\ 8'\ 24''{,}_7$ „ $\cos CF = \cos 77^0\ 6'\ 22''{,}_5 \cdot \cos 22^0\ 55'\ 32''{,}_5$.

Hiernach ist der Fortschritt der Sonne in der Ekliptik vom 1. bis 2. Januar (bezw. der Erde zur Zeit der Sonnennähe) $BC = BF - CF = 1^0\ 1'\ 10''{,}_3$. In gleicher Weise ergeben die Juliwerte das Fortrücken des Sonnenmittelpunkts (bezw. der Erde zur Zeit der Sonnenferne) $= 0^0\ 57'\ 13''{,}_4$. (Vergl. § 88.)

Die Winkelgeschwindigkeiten v und v_1 verhalten sich an den genannten Tagen also wie

$$\frac{v}{v_1} = \frac{1^0\ 1'\ 10''{,}_3}{0^0\ 57'\ 13''{,}_4} = \frac{3670''{,}_3}{3433''{,}_4} = 1{,}_{069}. \qquad (1)$$

Für die gleichen Tage fanden wir bereits (§ 84) die scheinbaren Sonnendurchmesser zu $32'\ 32''$ (2. Jan.) und $31'\ 27''{,}_7$ (2. Juli), und hatten daraus geschlossen, dass die Sonne im Juli weiter entfernt sein müsse als im Januar. Diese Entfernungen verhalten sich also umgekehrt wie die Durchmesser der Sonne

$$\frac{r_1}{r} = \frac{32'\ 32''}{31'\ 28''{,}_7} = \frac{1952''}{1887''{,}_7}.$$

Bildet man hieraus Quadrate, so erhält man für das Verhältnis

$$\frac{r_1^2}{r^2} = \frac{(1952)^2}{(1887{,}_7)^2} = \frac{3\,810\,304}{3\,563\,411} = 1{,}_{069}, \qquad (2)$$

also denselben Wert wie oben aus den Winkelgeschwindigkeiten (1) und kann, da beide Quotienten $= 1{,}_{069}$ sind, nunmehr schliessen

$$\frac{v}{v_1} = \frac{r_1^2}{r^2}. \qquad (3)$$

Dies ist die Formel des zweiten Keplerschen Gesetzes: die Winkelgeschwindigkeiten der Planeten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer jeweiligen Entfernungen vom Sonnenzentrum.

Diese Winkelgeschwindigkeiten v und v_1 können wir uns als Zentriwinkel vorstellen, welche sich durch Wanderung des mit dem Planeten festverbundenen Leitstrahls ändern. Da nun die Bogen eines Kreises proportional den Zentriwinkeln wachsen und ebenso die Bogen zweier Kreise von gleichem Zentriwinkel proportional der Länge der Kreisradien sind, so lassen sich die Winkelgeschwindigkeiten für gleiche Zeiten n durch die Gleichungen

$$b = n \cdot v \cdot r \text{ und } b_1 = n \cdot v_1 \cdot r_1$$

auf die entsprechenden Bogen übertragen. Es ist daraus

$$v = \frac{b}{nr} \text{ und}$$

$$v_1 = \frac{b_1}{nr_1}.$$

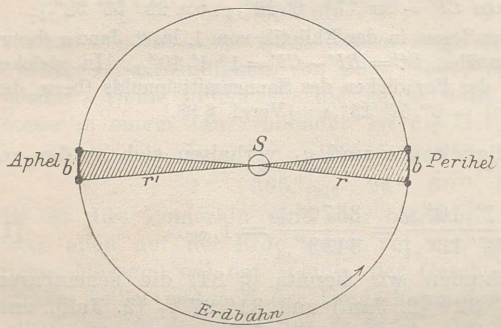
Nach dem ebengenannten zweiten Keplerschen Gesetze ist also

$$\frac{v}{v_1} = \frac{b/nr}{b_1/nr_1} = \frac{r_1^2}{r^2}, \text{ woraus folgt}$$

$$b : b_1 = r_1 : r \qquad (4)$$

d. h. die Bogen (oder die linearen Fortbewegungen), welche in gleichen Zeiten von den Planeten zurückgelegt werden, verhalten sich umgekehrt wie die (ersten Potenzen der) jeweiligen Entfernungen von der Sonne.

Fig. 42.



Es ist nur ein anderer Ausdruck desselben Gesetzes, wenn man aus (4) folgert, dass

$$b \,.\, r = b_1 \,.\, r_1 \qquad (5)$$

und folglich die Brennstrahlen der Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume durchlaufen. Denn der Flächenraum eines Kreisausschnittes ist stets gleich einem Dreieck, dessen Grundlinie dem Bogen und dessen Höhe dem Radius entspricht. Es ist also $(b \,.\, r)$, $(b_1 \,.\, r_1)$ etc. das Doppelte des zugehörigen Kreisausschnittes (Fig. 42).

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass auch die Schnelligkeit des Fortschritts der Erde auf ihrer Bahn in steter Veränderung begriffen ist und von ihrem Sonnenabstande abhängt. Er muss zur Zeit der Sonnennähe am schnellsten, zur Zeit der Sonnenferne am langsamsten erfolgen. Da wir die mittlere Geschwindigkeit, die derjenigen in der mittlern Entfernung $= 1$ entspricht, zu $29{,}_8$ km fanden, sobald man von der Sonnenparallaxe $\pi = 8''{,}_{80}$ ausgeht (S. 164), so ist nach dem Keplerschen Gesetz im Perihel oder in der Entfernung $0{,}_{98325}$ (abgekürzt $0{,}_{983}$) die schnellste Bewegung $= 29{,}_8$ km $\,.\, 1{,}_{017} = 30{,}_3$ km aus der Proportion:

$$29{,}_8 : x = 1 : \frac{1}{0{,}_{983}} \text{ oder } 29{,}_8 : x = 1 : 1{,}_{017},$$

und im Aphel oder in der Entfernung $1{,}_{01675}$ (abgekürzt $1{,}_{017}$) die langsamste $= 29{,}_8$ km $\,.\, 0{,}_{983} = 29{,}_3$ km aus der Proportion:

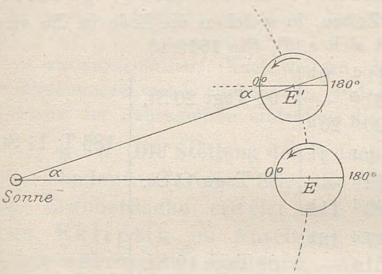
$$29{,}_8 : x_1 = 1 : \frac{1}{1{,}_{017}} \text{ oder } 29{,}_8 : x_1 = 1 : 0{,}_{983}.$$

Seit Newton wissen wir, dass es die mit der Sonnennähe wachsende Anziehungskraft der Sonne ist, welche die Erde alsdann in schnellere Bewegung setzt.

§ 87. Sterntag und Sonnentag. Es lässt sich nun auch die ungleiche Dauer der wahren Sonnentage erklären, welche diese, wie wir früher (§ 34) sahen, zur Zeiteinteilung untauglich macht. Unter einem Sterntag verstanden wir die

Zeit, welche zwischen zwei Kulminationen ein und desselben Fixsternes vergeht. Es ist klar, dass diese Zeit genau mit einer vollen Umdrehung der Erde zusammenfällt (§ 82). Ohne die fortschreitende Bewegung der Erde, und wenn zugleich Aequator und Ekliptik zusammenfielen, würden der Sterntag und der Sonnentag einander immer gleich sein. Da die Erde aber fortwandert, so wird noch eine kleine Zeit verstreichen, bis derselbe Erdmeridian wieder der Sonne zugekehrt ist; die Erde wird sich um denselben Winkel (α), um den sie in 24^h in ihrer Bahn fortgerückt ist, noch über die 360^0 einer vollen Umdrehung weiter drehen müssen, um die Sonne im gleichen Meridian kulminieren zu lassen. Dies der Grund, warum der Sterntag immer kürzer sein muss als ein Sonnentag, und zwar um die tägliche Winkelgeschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn. Das Mittel der letztern ergibt sich leicht aus der Erwägung, dass die Erde $365^1/_4$ mal die Sonne kulminieren sieht, ehe sie ihren Jahreslauf von 360^0 vollendet hat; also ist

Fig. 43.



$$\alpha = \frac{360^0}{365^d,_{25}} = 0^0,_{98563} = 0^0\ 59'\ 8''.$$

Die Erde rückt also täglich im Durchschnitt etwa um 1^0 (genauer $59'\ 8''$) in ihrer Bahn fort. Wir nannten das Mittel aus $365^1/_4$ Sonnentagen den mittlern Sonnentag und teilten diesen in 24^h ein, wonach sich das Verhältnis von 4 Zeitminuten für eine Winkelgeschwindigkeit von 1^0 ergab. Demnach ist der Sterntag um $0,_{98563} \cdot 4^m = 3^m\ 56^s,_6$ kürzer als ein mittlerer Sonnentag oder es ist (§ 34)

1 mittlerer Sonnentag = 1 Erdrotation + $3^m\ 56^s,_6$ Sternzeit.

Der Winkel α von ca. 1^0, um welchen die Sonnenkulmination am folgenden Tage später als die Vollendung der Erdumdrehung erfolgt, summiert sich nun im Laufe der Zeit und dadurch verschiebt sich das Zusammenfallen der Stern- und Sonnenzeiten immer mehr. Nach $^1/_4$ Jahr beträgt α schon 90^0, der Winkel wächst in einem ganzen Jahr zu vollen 360^0, d. h. also die Sternkulmination erfolgt im Jahr einmal mehr als die der Sonne. Das Jahr hat einen Sterntag mehr als Sonnentage, oder die Erde dreht sich einmal mehr, als wir Tage nach dem Sonnen-Auf- und Untergang rechnen. Auch hieraus ergibt sich dasselbe Verhältnis eines um ca. 4^m grössern mittleren Sonnentages

$$1 \text{ Sonnentag} = \frac{366,_{25}}{365,_{25}} = 1^d + 0,_{002738} \cdot 24^h = 1^d + 3^m\ 56^s,_6.$$

Würde sich die Erde auf einem Kreise mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegen, so würden alle Sonnentage einander gleich sein. Da dies jedoch nicht der Fall ist und Winkel α bei der elliptischen Bahn der Erde zwischen den oben bestimmten Grenzen von $57'\ 13''$ (= $3^m\ 49^s$ in Zeit) im Anfang Juli und $1^0\ 1'\ 10''$ (= $4^m\ 5^s$ in Zeit) im Anfang Januar schwankt, so sind die wahren Sonnentage von einer Kulmination der Sonne bis zur nächsten ungleich und eignen sich deshalb nicht zur Zeiteinteilung (§ 34).

§ 88. Die Lage der Erdbahn in der Ekliptik. (Atlas, Taf. II.) Als ausgezeichneten Punkt der Erdbahnellipse lernten wir den Frühlingspunkt oder Widderpunkt kennen, bezeichnet durch den Moment, in welchem von der Erde aus gesehen (und zwar vom Anfangsmeridian aus) die Sonne im Zeichen des Widders erscheint (§ 36).

Es geschieht dies am 21. März, d. h., wie sich ergeben wird, zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche. Eine durch Widderpunkt und Sonnenmittelpunkt gezogene Linie, jenseits des letztern im Zeichen der Wage endigend, ist uns danach die orientierende Hauptlinie in der Ekliptik, die sog. Aequinoktiallinie. Durch diese und die senkrecht zu ihr gezogene Verbindungslinie zwischen Krebs und Steinbock, die Solstitiallinie, wird die Erdbahn in vier Quadranten und damit das Jahr in vier Hauptjahreszeiten, den astronomischen Frühling, Sommer, Herbst und Winter, geteilt.

Entnehmen wir einem Kalender die Zeiten, in welchen die Erde in die vier Kardinalpunkte ihrer Ebene tritt, so ergibt sich z. B. für 1912/13

Von Frühlingsanfang 21. März 0^h a. m.	$= 11^d\ 0^h$		
April und Mai $= 30^d + 31^d$	$= 61^d\ —$	92 Tage 20 St.	
bis Sommersanfang 21. Juni 8^h p. m.	$= 20^d\ 20^h$		186 T. 11 St.
Von Sommersanfang 21. Juni 8^h p. m.	$= 9^d\ 4^h$		
Juli und August $= 31^d + 31^d$	$= 62^d\ —$	93 Tage 15 St.	
bis Herbstanfang 23. Sept. 11^h a. m.	$= 22^d\ 11^h$		
Von Herbstanfang 23. Sept. 11^h a.m.	$= 7^d\ 13^h$		
Oktober u. November $31^d + 30^d$	$= 61^d\ —$	89 Tage 19 St.	
bis Wintersanfang 22. Dez. 6^h a. m.	$= 21^d\ 6^h$		178 T. 19 St.
Von Wintersanfang 22. Dez. 6^h a. m.	$= 9^d\ 18^h$		
Januar und Februar $31^d + 28^d$	$= 59^d\ —$	89 Tage 0 St.	
bis Frühlingsanfang 1913 21. März 6 a. m.	$= 20^d\ 6^h$		
	Summa	365 Tage 6 St.	

Es folgt daraus, dass keine dieser vier Jahreszeiten genau der andern gleich ist, dass aber das Nord-Sommerhalbjahr (Frühling und Sommer) um fast 8 Tage länger ist als das Winterhalbjahr (Herbst und Winter). Das erstere kann nur seinen Grund darin haben, dass die Apsidenlinie der Erdbahn nicht mit einer der orientierenden Hauptlinien zusammenfällt. Man erkennt leicht durch Betrachtung der Fig. 5 auf Taf. II des Atlas, dass, wenn die Erde am 21. Juni im Aphel, am 21. Dez. im Perihel sich befände, und also Apsidenlinie und Solstitiallinie zusammenfielen, alsdann Frühling und Sommer unter einander genau gleich lang sein und je ca. $93^1/_4$ Tage zählen müssten, ebenso Winter und Herbst je $89^1/_2$. Der Unterschied des Sommer- und Winterhalbjahres würde dann nur wenig grösser sein als jetzt. Anders, wenn die Apsidenlinie in der Aequinoktiallinie läge und etwa die Erde sich am 21. März in der Sonnenferne befände. Dann wären Winter und Frühling je $93^1/_4$, Sommer und Herbst je $89^1/_2$ Tage, demnach das Sommerhalbjahr und Winterhalbjahr je ca. $182^5/_8$ Tage lang oder einander gleich. In Wahrheit bildet die Apsidenlinie jetzt einen Winkel von mehr als 11^0 mit der Solstitiallinie oder von fast $101^1/_2{}^0$ mit der Aequinoktiallinie, d. h. die Länge des Perihels im astronomischen Sinne, die in der Ekliptik vom Frühlingspunkt an gerechnet wird (§ 80, S. 151), beträgt $101^1/_2{}^0$. Daher erreicht die Erde diesen Punkt jetzt erst nach Wintersanfang, etwa am 2. Januar, und dementsprechend erscheint uns der Sonnendurchmesser an diesem Tage am grössten.

Säkulare Aenderung der Länge des Perihels. Auch die Lage der Apsidenlinie ist keine konstante. Die Planeten, welche die Sonne im gleichen Sinn wie die Erde umkreisen, bringen diese Verschiebung hervor. Man hat dieselbe zu $61'',_7$ für das Jahr berechnet [34]), sodass die Länge des Perihels, welche i. J. $1850 = 100^0\ 21'\ 21'',_5$ betrug, für d. J. 1912 zu

$$100^0\ 21'\ 21'',_5 + 62 \times 61'',_7 = 101^0\ 25'\ 6'',_9$$

angenommen werden kann. Den gesamten Umlauf um 360° wird das Perihel in $360^0 . 60' . 60'' : 61'',_7 =$ rund 21 000 Jahren vollenden. Demnach fiel die Apsidenlinie 666 Jahre ($=11^0\ 25'\ 6'',_9 : 61'',_7$) vor 1912, d. h. i. J. 1246 nach Chr., mit der Solstitiallinie zusammen und würde, unter Voraussetzung annähernd gleichbleibender jährlicher Zunahme der Länge des Perihels, in $(180^0 - 101^0\ 25'\ 6'',_9) : 61'',_7$ = ca. 4576 Jahren, d. h. i. J. 6488 nach Chr., mit der Aequinoktiallinie zusammenfallen. Nach weitern 5250 Jahren wird das Perihel in die Zeit der Sommersonnenwende rücken etc., und es werden dann jene Verschiebungen in der Dauer der Jahreszeiten eintreten, die oben angedeutet sind.

§ 89. Die Stellung der Erdachse zur Ekliptik. (Vergl. Atlas, Taf. II.) Viel bedeutungsvoller für die Verteilung von Licht und Wärme auf der Erdoberfläche erweist sich die Neigung der Aequatorebene zur Ekliptik im Anschluss an den steten Parallelismus der Erdachse während des Umlaufs. Auf diesen Tatsachen beruht der wichtige Wechsel der Jahreszeiten und der Dauer des Tages, hier das Wort in seinem besonderen Sinn, d. h. im Gegensatz zur Nacht, genommen.

Zunächst muss vorausgeschickt werden, dass trotz der Grösse der Sonne wegen ihrer grossen Entfernung von der Erde die Richtung aller Sonnenstrahlen ohne merklichen Fehler als untereinander parallel betrachtet werden kann. Die Sonne bescheint daher nur unbedeutend mehr als die Hälfte der Erde, und man kann einen grössten Kreis der Erdkugel als Grenze zwischen dem jedesmal erleuchteten und dunklen Teil der Erde ansehen.

In Wahrheit hat der übergreifende Ring, um welchen mehr als die Hälfte der Erde erleuchtet und erwärmt wird, eine Breite von ca. 90 km. Dieselbe müsste eigentlich nur 29 km betragen, entsprechend dem sphärischen Winkel des scheinbaren Sonnenradius von 16', in welchem auch Zentrallinie und die an Sonne und Erde gelegte Tangente sich schneiden; aber die beleuchtete Zone wird durch die Refraktion um das Dreifache erweitert [35]).

Stände die Erdachse senkrecht zur Ekliptik, so würde Tag und Nacht (Atlas, Taf. II, Fig. 9) für alle Punkte der Erde jahraus jahrein gleich lang sein; ein Wechsel der Jahreszeiten könnte ebensowenig eintreten. Die senkrechten Sonnenstrahlen träfen das ganze Jahr hindurch gleichmässig die Aequatorialgegenden, während die Pole stets nur die unter flachem Winkel vorbeischiessenden Wärmestrahlen empfingen. Umgekehrt würde bei einer liegenden Stellung der Erdachse oder einer Ekliptikschiefe von 90° die Verschiedenheit von Tageslängen und Jahreszeiten für alle Punkte der Erde sich zu extremen Werten ausgestalten. Man mag sich durch Betrachtung der Fig. 10, Taf. II im Atlas, in diese Verhältnisse hinein versetzen.

[34]) Leverrier, Annales de l'Observ. de Paris IV, 1858, p. 102. — [35]) Vergl. die Berechnungen von Meech, 1856, in E. E. Schmid, Lehrb. d. Meteorologie, 1860, 116.

Sehen wir von der Beleuchtung ab, so würde im letztern Falle der Einfall der Sonnenstrahlen nicht nur am Aequator, sondern auch an den Polen zwischen 0^0 und 90^0 wechseln und einem heissen Sommer an letztern die halbjährige Nacht folgen.

Man darf daher in der Schiefe der Ekliptik von $23^1/_2{}^0$ ein besonders günstiges Verhältnis erblicken, um den Wechsel der Zufuhr von Licht und Wärme auf der Erdoberfläche zu einem die Extreme fernhaltenden zu gestalten. Verfolgen wir die Erde auf ihrem Laufe, so zeigt sich, dass, weil die Erdachse sich parallel bleibt, die kreisförmige Beleuchtungsgrenze den Aequator jederzeit halbiert, und folglich auf diesem stets Tag- und Nachtgleiche herrschen muss. Alle andern Breitenkreise werden von jener Linie dagegen im allgemeinen in ungleiche Teile zerlegt. Nur zweimal im Jahre, am 21. März und 23. September, bildet die Erdachse mit dem Leitstrahl der Sonne einen rechten Winkel, d. h. dann liegen Erdachse und Aequinoktiallinie in einer Ebene (Atlas, Taf. II, Fig. 5). An diesen Tagen werden daher alle Breitenparallelen von der Beleuchtungsgrenze halbiert (Atlas, Taf. II, Fig. 8). Alle Punkte der Erde haben 12^h Tag, 12^h Nacht. — Im Laufe des Sommers rückt nun die Beleuchtungsgrenze über den Nordpol hinweg. Die Kugelkappe, für welche bei der Umdrehung der Erde die Sonnenstrahlen nicht verschwinden, vergrössert sich mehr und mehr, während andererseits von den nördlichen Breitenparallelen ein immer grösserer Teil zum erleuchteten Tagesbogen wird. — Der längste Tag, der 21. Juni, zeigt uns die Beleuchtungsgrenze vom Pol bis zum Polarkreis herabgerückt. Jetzt ist die Erdachse gegen die Zentrallinie zur Sonne unter einem Winkel von $66^1/_2{}^0$ geneigt, es müssen demnach Punkte des nördlichen Wendekreises senkrechte Sonnenstrahlen empfangen. Der Sonnenstillstand, das Solstitium, ist erreicht; denn je weiter die Erde gelangt, umsomehr rücken wieder niedrigere Breiten in die Ekliptik und damit in den Bereich senkrechter Bestrahlung. — Mit dem 23. September beginnt für den Nordpol die lange Winternacht eines halben Jahres, in die allmählich immer weitere Teile polarer Breiten gezogen werden, bis am 21. Dezember der Polarkreis selbst eine 24-stündige Nacht hat. Gleichzeitig ist der Nordast der Erdachse von der Sonne abgeneigt und bildet mit der Zentrallinie einen Winkel von $90^0 + 23^1/_2{}^0 = 113^1/_2{}^0$; dagegen fallen nunmehr Gegenden des südlichen Wendekreises in die Ekliptik und werden senkrecht bestrahlt.

Es ist hiernach klar, dass die Lage der Wende- und Polarkreise auf der Erde in unmittelbarstem Zusammenhang mit der Schiefe der Ekliptik steht, und dass die Breite der durch sie begrenzten Zonen mit allen ihren eben geschilderten Eigentümlichkeiten sich mit dem Winkel von $23^1/_2{}^0$ ändern würde (s. S. 153).

Um an der Hand der Erdkarten die Dauer des längsten Tages oder der kürzesten Nacht für irgend einen Punkt zu berechnen, braucht man demnach nur zu bestimmen, welcher Teil des dem fraglichen Punkt entsprechenden Parallelkreises am 21. Juni (auf der südlichen Halbkugel am 21. Dezember) in die beleuchtete,

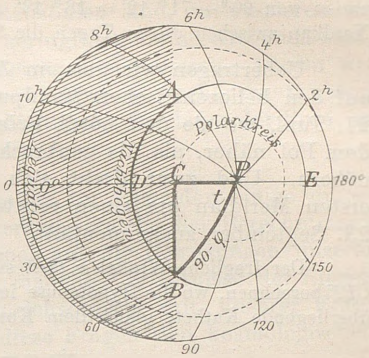
welcher in die Schattenhälfte der Erde fällt (Atlas, Taf. II, Fig. 7).

In Fig. 44 wird die Länge des halben Nachtbogens (DB) durch den Winkel $CPB = t$ gemessen. In dem rechtwinkeligen sphärischen Dreieck CPB ist $CP = 23^1/_2{}^0$, BP gleich dem Komplemente der geograph. Breite $(90 - \varphi)$, also

$$\cos t = \text{tang } 23^1/_2{}^0 \,.\, \text{cotang } (90 - \varphi).$$

Hat man daraus t gefunden, so berechnet sich der ganze Bogen $2\,t$ leicht in Zeit nach dem Verhältnis $15^0 = 1^h$ und $1^0 = 4^m$ (§ 34). Andererseits findet man die Breite, die zu einer gewissen Dauer des längsten Tages gehört, aus

Fig. 44.



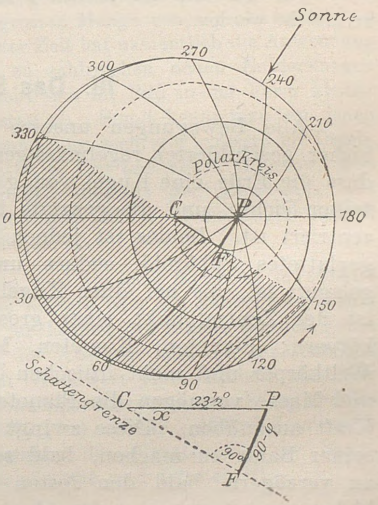
$$\text{tang } (90 - \varphi) = \frac{\text{tang } 23^1/_2{}^0}{\cos t}.$$

Tageslänge[36])	Breite	Tageslänge	Breite	Tageslänge	Breite
$12^h\ 0^m$	0^0	$15^h\ 30^m$	$45^0\ 33'$	19^h	$61^0\ 20'$
$12^h\ 30^m$	$8^0\ 34'$	16^h	$49^0\ 3'$	$19^h\ 30^m$	$62^0\ 27'$
13^h	$16^0\ 45'$	$16^h\ 30^m$	$52^0\ 0'$	20^h	$63^0\ 24'$
$13^h\ 30^m$	$24^0\ 13'$	17^h	$54^0\ 32'$	21^h	$64^0\ 51'$
14^h	$30^0\ 49'$	$17^h\ 30^m$	$56^0\ 39'$	22^h	$65^0\ 49'$
$14^h\ 30^m$	$36^0\ 32'$	18^h	$58^0\ 28'$	23^h	$66^0\ 22'$
15^h	$41^0\ 25'$	$18^0\ 80^m$	$60^0\ 1'$	24^h	$66^0\ 33'$

Diese Angaben erleiden unter Berücksichtigung der Abplattung der Erde kleine Abänderungen. Auch verlängert die astronomische Refraktion den Tag um einige Minuten, ganz abgesehen von den Erscheinungen der Dämmerung.

Jenseits der Polarkreise hängt die Dauer des Zeitraums, während welcher die Sonne nicht unter dem Horizont verschwindet oder sich nicht über denselben erhebt, allein von der Deklination der Sonne ab. Dieselbe entspricht stets dem sphärischen Radius der beleuchteten (oder in Schatten befindlichen) Kugelkappe. Man hat also in einer Tafel der Deklinationen nur die Tage vor und nach den Solstitien aufzusuchen, an denen die Deklination das Komplement derjenigen Breite ist, für welche wir die Zeitdauer bestimmen wollen.

Fig. 45. Ansicht von oben.



[36]) Bei Berechnung dieser Tabelle ist die Schiefe der Ekliptik zu $23^0\ 27'\ 8''$ (§ 80) (log. tang $23^0\ 27'\ 8'' = 9{,}63731 - 10$) angenommen.

Das Nordkap ist auf 71° 12′ N. Br. gelegen. Die Sonne hat eine Deklination von $90° - 71° 12' = 18° 48'$ am 15. Mai und 28. Juli, folglich geht am Nordkap zwischen diesen Tagen die Sonne $16 + 30 + 28 = 74$ Tage nicht unter.

Uebertragen wir dies im Anschluss an Fig. 5 des Atlas (Taf. II) auf den heliozentrischen Standpunkt, so rückt die Schattengrenze vom 21. Juni, wo sie den nördl. Polarkreis berührt, in gleichem Verhältnis dem Pol näher, als die senkrechten Sonnenstrahlen sich dem Aequator nähern. Und zwar dreht sich dabei die Schattengrenze gegen den ersten Meridian um einen rechten Winkel, bis sie mit demselben am 23. September zusammenfällt.

Der fragliche Winkel x lässt sich (Fig. 45) jederzeit leicht aus dem Dreieck CPF berechnen, wo die Hypotenuse immer $= 23^1/_2{}^0$ und die jenem Winkel gegenüberliegende Kathete gleich dem Komplement der Breite ist

$$\sin x = \frac{\sin (90° - \varphi)}{\sin 23^1/_2{}^0}.$$

Da die Drehung der Schattengrenze um 180° im Sommerhalbjahr bei dem langsamen Lauf der Erde annähernd in $186^1/_2$ Tagen vollzogen wird, so entspricht eine Drehung um 1° einer Zeitdauer von etwa $1{,}_{036}$ Tagen. Mit diesem Faktor hat man den doppelten Komplement-Winkel von x zu multiplizieren, um die Zeitdauer des längsten Tages annähernd zu erhalten. Es genüge, darauf hinzuweisen, dass in

nördlicher Breite	die Sonne nicht untergeht,	die Sonne nicht aufgeht,
70°	65 Tage	60 Tage
75°	103 „	97 „
80°	134 „	127 „
85°	161 „	153 „
90°	186 „	179 „

Für die Orte der südlichen kalten Zone müssen die Kolumnen 2 und 3 vertauscht werden.

III. Das Sonnensystem.

Alle Bewegungen unseres Erdkörpers vollziehen sich in ihrem bisher geschilderten regelmässigen Verlauf nur unter der Voraussetzung, dass die Erde eine Kugel von gleichmässig um ihren Mittelpunkt verteilter Dichte, und die gesamte bewegende Kraft im Sonnenkörper konzentriert ist. Beides ist jedoch nicht der Fall. Die Erde ist ein abgeplattetes Sphäroid, sodass um den Aequator herum mehr Masse gelagert ist, als bei einer Kugel der Fall sein würde, und die Sonne ist der Zentralpunkt einer grossen Anzahl von himmlischen Einzelkörpern: Planeten, Kometen, Meteoriten — denn auch diese sind Weltkörper und nicht irdischen Ursprungs. Je nach Lage, Entfernung und Masse vermögen die Planeten auf den Erdkörper eine anziehende Kraft auszuüben. Diese zwingt ihn, bald geringe Abweichungen von seiner Bahn zu machen, bald seine Bewegung zu beschleunigen oder zu verzögern, bald den festen Parallelismus der Erdachse, den wir bisher voraussetzten, aufzugeben. Man fasst alle diese Einflüsse unter dem Namen der „Störungen“ zusammen. Sie erschweren die Aufgabe des Astronomen, den genauen Verlauf der Bahnen der einzelnen Weltkörper und also auch der Erde zu berechnen, ungemein. So lange es

sich dabei um kleine periodische Schwankungen handelt, wie sie nur durch die genauesten Instrumente festzustellen sind, interessieren sie uns nicht. Wo sich die Einflüsse, so geringfügig sie im einzelnen sind, aber im Laufe der Zeit zu grössern Beträgen summieren, müssen wir uns auch vom geographischen Standpunkt über sie Rechenschaft geben und uns die dadurch bewirkten Verschiebungen der Lage der Erde im Weltenraum vergegenwärtigen.

§ 90. Die Planeten. Nur kurz sollen im folgenden einige numerische Tatsachen zusammengestellt werden, welche bei Berechnungen über die Kräftewirkungen der Weltkörper auf die Bewegungen unserer Erde von Bedeutung sind. Es bieten manche Verhältnisse der Einzelplaneten ja gewiss interessante Vergleichspunkte mit unserer Erde; doch muss das nähere Eingehen auf diese Fragen den kosmologischen Werken überlassen werden.

Die Alten kannten nur die dem unbewaffneten Auge sichtbaren Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, denen sie zur Erfüllung der Siebenzahl Mond und Sonne zugesellten. Erst 1781 ward vom ältern Herschel der Uranus entdeckt; 1846 ist zuerst durch Leverrier und Adams aus Störungen auf einen weitern Planeten jenseits des Uranus geschlossen worden, und diesen fand alsdann Galle in der vorausgesehenen Himmelsgegend. Der Planet erhielt den Namen Neptun. Zur Zeit gilt dieser als der äusserste der zum Anziehungsbereich der Sonne gehörigen Planeten. Indem wir die Erde als achten Planeten einreihen, erhält man die Reihe der vier innern und der vier äussern Planeten (Atlas, Taf. III). Zwischen beiden Gruppen oder zwischen Mars und Jupiter ist dann von Piazzi in der Neujahrsnacht von 1801 die Ceres als ein wesentlich kleinerer Wandelstern entdeckt, zu dem bis 1807 drei weitere hinzutraten. Seit 1845 hat mit der Vervollkommnung der Instrumente und Vermehrung der Zahl der Warten die Entdeckung einer grossen Menge von sog. Asteroiden oder Planetoiden nicht geruht. In neuester Zeit hat namentlich die Anwendung der Photographie auf den Sternenhimmel zu zahlreichen neuen Entdeckungen solcher geführt. Infolge ihrer Bewegung hebt sich ihr Bild in der Form kleiner Striche von den runden Punkten der Fixsterne ab. Somit kennt man von jenen kleinen Wandelsternen, die wohl der Zertrümmerung mehrerer grössern ihr Dasein verdanken, jetzt bereits gegen 700. Dabei ist es von besonderm Interesse, dass man 1898 zum ersten Male einen Asteroiden diesseits der Marsbahn, seit 1906 auch einige jenseits der Jupiterbahn gefunden hat[37]), während alle übrigen dem Ring zwischen Mars und Jupiter angehören.

1. Die Stellung der Planeten zur Sonne wird zunächst durch die mittlere Entfernung von ihr charakterisiert. Diese letztere oder die halbe grosse Achse der Erdbahn (§ 85) wird vom Astronomen zur Einheit des Masses für den Raum des Sonnensystems genommen. Will man die Abstände also im menschlichen Wegemass ausdrücken, so hängt alles vom Grundwert jener Einheit ab. Wir nehmen sie entsprechend der vereinbarten Sonnenparallaxe von $\pi = 8''{,}_{80}$ und des Aequatorialradius der Erde nach Bessel ($6377{,}_4$ km) zu $149{,}_5$ Mill. Kilom. an[38]) (S. 163). Dann beträgt die mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne (unter den Planetoiden nennen wir nur den nächsten und fernsten)[39]):

[37]) S. Näheres in Kleins Jahrb. f. Astr. X, 1900, 17. XIX, 1908, 21. — [38]) Astronomische Werke halten sich bei den gelegentlichen Umrechnungen ihrer Relativwerte in absolute vielfach an den Clarkeschen Aequatorialhalbmesser von $6378{,}_2$ km. — [39]) Die Ephemeriden geben diese Grösse stets im Logarithmus von a an.

	Erdweite = 1		Millionen Kilom.
Merkur	$0,_{3871}$	(Leverrier)	$57,_{9}$
Venus	$0,_{7233}$	(Leverrier)	$108,_{1}$
Erde	1,		$149,_{5}$
Mars	$1,_{5237}$	(Leverrier)	$227,_{8}$
Planetoiden { Eros [40])	$1,_{458}$		218
Planetoiden { Achilles	$5,_{253}$		785
Jupiter	$5,_{2028}$	(Hill)	778
Saturn	$9,_{539}$	(Hill)	1426
Uranus	$19,_{191}$	(Newcomb)	2869
Neptun	$30,_{071}$	(Newcomb)	4495

Diese Verhältnisse bedingen, dass Merkur uns immer nur in geringer Entfernung von der Sonne sichtbar ist und daher sich überhaupt an vielen Tagen und Orten dem Auge fast ganz entzieht. Venus vermag sich für unsere Beobachtung bis auf etwa 45° von der Sonne zu entfernen und wird bald als Abendstern noch 4 Stunden bis nach Sonnenuntergang, bald als Morgenstern bis auf 4 Stunden vor Sonnenaufgang gesehen.

Hinsichtlich der Beleuchtung und Erwärmung von seiten der Sonne hat hiernach, wie es scheint, die Erde eine bevorzugte Stellung, indem sie nicht den Extremen ausgesetzt ist, welche sich notwendig bei andern Planeten zeigen müssen. So strahlt die Sonne gegen den Merkur eine Wärme aus, welche, da diese im umgekehrten Quadrat der Entfernung, also im Verhältnis $(0,_{3871})^2 : 1$, wächst (§ 227), $6^2/_3$ mal diejenige übertrifft, welche die Erde empfängt. Beim Mars beträgt die Bestrahlung nur noch etwa $^2/_5$, beim Jupiter nicht mehr als $^1/_{25}$ derjenigen auf der Erde.

Ueber die Form der Planetenbahnen oder deren Abweichung vom Kreise ist schon oben kurz berichtet (S. 160). Manche der kleinen Planeten haben eine noch weit grössere Exzentrizität als die Merkurbahn, sodass z. B. Aethra ($\varepsilon = 0,_{383}$) im Perihel der Sonne $2^1/_4$ mal näher ist als im Aphel.

Die fortschreitende Geschwindigkeit der Planeten nimmt begreiflicherweise mit der Entfernung von der Sonne ab, aber die Unterschiede sind nicht entfernt so gross wie die der Winkelgeschwindigkeiten. Während Merkur täglich im Mittel $4^1/_{11}°$ am Himmel fortrückt und also den ganzen Umlauf um die Sonne in 88 Erdentagen vollendet, beträgt diese Winkelgeschwindigkeit bei der Erde fast 1° (§ 87), bei Jupiter nur 5′, bei Neptun sogar ca. $^1/_3$′. Es braucht daher Jupiter fast 12 Erdenjahre ($59^1/_7$′:5′), Neptun fast 165 Jahre zur siderischen Umlaufszeit.

	Lineare Fortbewegung in 1 Sek.	Winkelgeschwindigkeit in 1 Tag	Siderische Umlaufszeit
Merkur	$47,_{3}$ km	4° 5′ 32″	88 Tage
Venus	$35,_{0}$ „	1° 36′ 8″	$224,_{7}$ „
Erde	$29,_{8}$ „	59′ 8″	$365,_{25}$ „
Mars	$23,_{7}$ „	31′ 27″	1 Jahr $321,_{7}$ „
Jupiter	$13,_{1}$ „	4′ 59″	11 „ 315 „
Saturn	$9,_{6}$ „	2′ 0″,$_4$	29 „ 167 „
Uranus	$6,_{8}$ „	42″,$_2$	84 „ $5,_{6}$ „
Neptun	$5,_{4}$ „	21″,$_5$	164 „ 288 „

Was die eigene Umdrehungsgeschwindigkeit betrifft, so ist man über diese namentlich hinsichtlich der beiden obern Planeten Mars und Venus

---

[40]) Berl. Astr. Jahrb. f. 1909, 496; der nächste Planetoid nach dem (intermartialen) Eros ist Hungaria mit $1,_{944}$ oder 291 Mill. Kilom. mittlerer Entfernung von der Sonne.

noch im Ungewissen. Während man früher allgemein annahm, dass sie ähnlich wie die Erde und der Mars ($24^h\ 37^1/_2{}^m$) einen Tag von nahe 24^h hätten, glaubt man neuerdings aus den Beobachtungen die Schlussfolgerung ziehen zu müssen, dass Merkur sich während eines Umlaufs um die Sonne nur einmal um sich selbst drehe; und die gleiche Vermutung ist auch für die Venus ausgesprochen[41]). Damit würden beide Planeten Beleuchtungs- und Erwärmungsgegensätze ähnlich dem Monde (S. 000) zeigen. Nur eine Seite dieser Weltkörper würde der Sonne zugekehrt werden. Von den äussern Planeten haben Jupiter ($9^h\ 50^m$) und Saturn ($10^h\ 14^1/_2{}^m$) eine wesentlich schnellere Umdrehung als die Erde; diejenige des Uranus und Neptun kennt man noch nicht.

Die Neigung der Bahnen aller grossen Planeten gegen die Ekliptik ist gering. Sie bleibt bei den meisten unter $2^1/_2{}^0$ (Atlas, Taf. III), erreicht bei Venus fast $3^1/_2{}^0$ und steigt nur bei Merkur bis auf 7^0. Hierdurch kommt es, dass die beiden letztern keineswegs bei jeder untern Konjunktion, wo sie zwischen Sonne und Erde stehen, auch an der Sonnenscheibe vorübergehen. Bei den Planetoidenbahnen ist die Neigung meist eine beträchtlich grössere. Sie erreicht, allerdings ausnahmsweise, bei der Pallas $34^0\,41'$. Bei der Mehrzahl der übrigen bleibt der Neigungswinkel der Bahnen zur Ekliptik unter 20^0. Im grossen und ganzen kann man sich hiernach die Hauptmassen des Sonnensystems in einen verhältnismässig flachen ellipsoidischen Raum zusammengedrängt denken, der sich symmetrisch um die Ekliptik gruppiert.

2. Gehen wir zur Grösse der Planeten im Verhältnis zur Erde über, so lässt sich dieselbe durch die Länge ihrer Durchmesser und die daraus berechnete Oberfläche, sowie das Volumen ziffermässig erfassen. Zur Veranschaulichung im Bild dienen Durchschnitte, sobald sie nach gleichem Masse entworfen sind. Das hat für die grossen Planeten unter sich keine Schwierigkeit; wohl aber, sobald man ihre Grösse mit derjenigen der Sonne in Vergleich setzen will[42]).

Die Durchmesser der Planeten müssen durch Messung ausserordentlich kleiner Sehwinkel bestimmt werden, unter denen wir sie im Fernrohr sehen. Man reduziert sie, um sie von der Willkür des zufälligen Standes der Erde zu befreien, auf die Winkel, unter denen sie uns in der mittlern Entfernung des Planeten oder auch — wie in der folgenden Tabelle geschehen — in der der Erde von der Sonne erscheinen würden. Es ist begreiflich, dass unsere Kenntnis dieser geometrischen Grössenverhältnisse der Planeten noch sehr unsicher ist; Daher kann eine strenge Reduktion aller scheinbaren Durchmesser auf unser Wegemass falsche Vorstellungen erwecken. Durchschnittlich erscheint uns Erdenbewohnern Jupiter am grössten; der Sehwinkel, im Mittel etwa 40″ gross, wächst bei der grössten Annäherung bis auf 51″. Jupiter bleibt dann aber noch fast 600 Mill. Km. von der Erde entfernt. Venus nähert sich ihr gelegentlich bis auf 40 Mill. Km. Daher erscheint uns in solcher Erdnähe Venus grösser als Jupiter (scheinbarer Durchmesser 65″).

	Durchmesser[43])			Oberfläche	
	Scheinbar	Erde = 1	Kilom.	Mill. Q.-Kil.,	Erde = 1 rund
Ceres (Argelander)	—	—	364	$0,_{14}$	$^1/_{1200}$
Merkur (Kaiser)	$6″,_{68}$	$0,_{380}$	4840	74	$^1/_7$
Mars (Hartwig)	$9″,_{36}$	$0,_{532}$	6780	145	$^2/_7$

[41]) Kritisch bespricht W. Wislicenus die hierauf bezüglichen Schriften bes. v. Schiaparelli in Vierteljahrsschr. d. astronom. Ges. XXVII, 1892, 271 — 302. Die Frage ist jedenfalls noch nicht entschieden. — [42]) Dies ist im Massstab 1 : 5000 Mill. auf Taf. III des Atlas geschehen, wo allerdings die Sonnenscheibe nur durch vier gelb gezeichnete Kreissegmente rings um die übrigen Figuren angedeutet ist. — [43]) Die scheinbaren Durchmesser sind bis auf den für Neptun dem Berliner Astron. Jahrb. für 1909 entnommen.

	Scheinbar	Durchmesser Erde = 1	Kil.	Oberfläche Mill. Q.-Kil.	Oberfläche Erde = 1 rund
Venus[44])	17″,59	0,998	12726	509	1
Erde (s. o. S. 119).	17″,60 17″,54	1 0,997	12755 12712	510	1
Uranus	69″,1	3,943	50300	795	16
Neptun (Newcomb)[45])	86″,3	4,904	62500	1229	24
Saturn[46])	162″,8 146″,8	9,250 8,341	117800 106400	41000	80
Jupiter	199″,6 185″,2	11,341 10,523	144700 134200	62700	123
Sonne (S. 179)	31′ 59″,26	109,05	1 391000	6080000	11900

Die meisten der Asteroiden sind ausserordentlich klein. Kann man den heutigen Messungen trauen, so gibt es deren von 40, ja 30 und noch weniger Kilometer Durchmesser, sodass ihre Oberflächen oft 1000 qkm, also das Areal unserer kleinsten deutschen Fürstentümer, wenig übertreffen. Sie sind also sämtlich beträchtlich kleiner als der Mond. Ceres hat eine Oberfläche, die wenig grösser ist als die Norddeutschlands; Merkurs Oberfläche entspricht etwa der von Afrika und Amerika zusammen, während diejenige des Mars mit der gesamten Landfläche der Erde verglichen werden kann. Venus steht der Erde sehr wenig nach. Eine Abplattung hat man mit Sicherheit bis jetzt bei der Erde, beim Jupiter ($^1/_{14}$) und Saturn ($^1/_{10}$) festgestellt, doch scheinen auch Uranus und Neptun eine solche zu besitzen.

Hinsichtlich des Volumens[47]) treten die Gegensätze noch deutlicher in den Zahlen hervor. Erst 43000 Planeten von der Grösse der Ceres kommen der Erde an Grösse gleich; es entsprechen ihr etwa $18,_2$ Merkur-, $6,_6$ Marskörper. Das Volumen der Venus ist bei obiger Annahme demjenigen der Erde fast gleich. Von den grossen Planeten kommt Uranus $61,_5$ Erden, Neptun $118,_3$ Erden, Saturn 715 Erden, Jupiter 1358 Erden gleich, wogegen der Sonnenkörper die Erde 1300000 Mal an Rauminhalt übertrifft.

3. Viel wichtiger für den gesamten Mechanismus des Planetensystems sind jedoch die in jedem Körper vereinigten Massen. Nach dem Newtonschen Attraktionsgesetz ist die Anziehung der Weltkörper proportional ihren Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung ihrer Schwerpunkte. Aus den Störungen, welche ein Planet während seines Umlaufs um die Sonne erfährt, falls er sich einem andern nähert, oder aus den Abständen der Monde schliesst der Astronom auf die Grösse dieser anziehenden Massen, nachdem er durch Winkelbeobachtungen die jeweiligen Entfernungen festgestellt hat. Es kann auch hierbei nicht verwundern, dass diese Kenntnis der Masse der einzelnen Planeten noch eine verhältnismässig unsichere ist. Die folgende Tabelle enthält gewisse Werte solcher Bestimmungen, welche zur Zeit als die wahrscheinlichsten

---

[44]) Andere neue Messungsergebnisse sind 17″,36 (Peter), 17″,71 (Ambronn), wonach die Venus etwas grösser als die Erde sein würde. S. Kleins Jahrb. XI, 1900, 25. Wie es scheint, haben die neuen Messungen mit dem Heliometer durchweg etwas grössere Werte ergeben als mit dem Fadenmikrometer. Dagegen fand Barnard nur 17″,1, woraus ein Durchmesser von 0,97 im Verhältnis zur Erde = 1 oder 12420 km, und eine Oberfläche von ca. 485 Mill. qkm folgen würde. — [45]) Das Berl. astron. Jahrb. nahm für den Neptun seit Jahren 90″ an (?), woraus ein Durchmesser von 65200 km folgen würde, neuerdings jedoch nur 78″ (= 56000 km). Viel kleiner sind die Ergebnisse der Beobachtungen von J. J. See 1900: Uranus-Durchmesser 43800 km, Neptun-Durchmesser 45900 km; s. Kleins Jahrb. XI, 1900, 31. — [46]) Hall fand 122147 km für den Aequatordurchmesser, 278400 für den äussern Durchmesser des Ringes. S. Kleins Jahrb. II, 1891, 40. — [47]) Die obigen Werte sind aus den Angaben der Durchmesser mittelst der Formel $^4/_3\, a^3\, \pi$ bezw. $^4/_3\, a^2 . b . \pi$ berechnet.

gelten, aber allerdings nicht allgemein angenommen sind. Hinsichtlich der gesamten kleinen Planeten kann man annehmen, dass ihre Massen, falls nicht ungezählte Scharen kleinerer Bruchteile noch in jenem Asteroidenring kreisen, die sich ihrer Kleinheit wegen dem Beobachter entziehen, insgesamt nicht entfernt einen der grossen Planeten erreichen. Die Masse der jetzt bekannten Asteroiden dürfte etwa $^1/_{900}$ der Erdmasse sein[48]). Meist pflegt man die Masse der Planeten in Verhältnis zur Sonnenmasse zu setzen. Wir fügen hinzu, wie sich die Zahlen im Verhältnis zur Erde stellen, doch bedarf es des ausdrücklichen Hinweises, dass die Masse der Planetenmonde in den Zahlen für jeden einzelnen Wandelstern mit enthalten zu sein pflegt, weshalb wir die Verhältniszahlen getrennt geben.

	Verhältnis zur Sonnenmasse[49]) (abgerundet)	Verhältnis zur Erdmasse (= 1) mit Mond	ohne Mond
Merkur (Newcomb)[50])	ca. 1 : 6.000 000	$0,_{0547}$	$0,_{0554}$
Mars (A. Hall)	„ 1 : 3.093 500	$0,_{1061}$	$0,_{1073}$
Venus (Newcomb)[51])	„ 1 : 408 000	$0,_{8046}$	$0,_{8146}$
Erde[52]) mit Mond	„ 1 : 328 266	1	$1,_{0124}$
Erde[52]) ohne „	„ 1 : 332 346	$0,_{9878}$	1
Uranus (Hill)	„ 1 : 22 869	$14,_{355}$	$14,_{533}$
Neptun (Newcomb)	„ 1 : 19 314	$16,_{973}$	$17,_{184}$
Saturn (Bessel)	„ 1 : 3 501,$_6$	$93,_{78}$	$94,_{94}$
Jupiter (Newcomb)	„ 1 : 1 047,$_{35}$	$313,_{43}$	$317,_{32}$
Sonne (Newcomb)	„ 1 : 1	328 266	332 346

Jupiter überragt demnach die übrigen Planeten beträchtlich; seine Masse ist $2^1/_2$-fach grösser als die Masse aller übrigen Planeten zusammen.

Setzt man die eben mitgeteilten Zahlen mit denjenigen des Volumens in Verbindung, so ergibt sich, weil $D = M / V$ ist (S. 129), durch einfache Division die mittlere Dichte der Planeten[53]). Hiernach ist die letztere bei den innern Planeten nicht wesentlich verschieden von der der Erde:

Erde = 1	Venus = $0,_{817}$
Merkur = $1,_{033}$ (?)	Mars = $0,_{712}$

Die äussern Planeten haben ebenso wie die Sonne eine viel geringere mittlere Dichte:

Sonne = $0,_{25}$	Neptun = $0,_{145}$
Uranus = $0,_{237}$	Saturn = $0,_{133}$
Jupiter = $0,_{234}$	

Da die Erde eine $5^1/_2$-fach grössere Dichte als das Wasser hat (§ 67), so folgt, dass Saturn und Neptun eine geringere mittlere Dichte als die des Wassers besitzen müssen.

---

[48]) Newcomb-Engelmann, 4. Aufl. v. Kempf, 1911, 391. — [49]) S. Newcomb, Fund. constants of Astronomy, Wash. 1895. — [50]) Daselbst p. 175. Die Unsicherheit der Merkurmasse beträgt noch immer mehr als 25%. — [51]) Nach Cowell wie 1 : 399 000 (Newcomb-Kempf 1911, 344). — [52]) Bedeutet M die Masse der Sonne im Verhältnis zum Planeten, π die betreffende Sonnenparallaxe, so ist $M \cdot \pi^3$ eine Konstante. Newcomb berechnet (Fund. const. p. 194) den log von $M\pi^3$ für die Erde mit Mond zu 8,349 674. Daraus folgt für die von uns angenommene Parallaxe $\pi = 8'',_{80}$ eine Sonnenmasse von 328 266 Erden, den Mond mit eingeschlossen. (Der im Berl. astron. Jahrb. beibehaltene Wert von 329 390 gehört zur Parallaxe $8'',_{790}$.) Nimmt man die Masse des Mondes im Verhältnis zur Erde 1 : $81,_{45}$ (Newcomb S. 177), so werden 332 346 Erden ohne Mond der Sonnenmasse entsprechen. — [53]) Wenn die Merkurmasse = $0,_{0554}$ der Erdmasse und $18,_2$ Merkurkörper dem Erdvolumen gleich sind, oder das Volumen des Merkur zu dem der Erde sich verhält wie 1 : $0,_{0545}$, so ist die Dichte des Merkur = $0,_{0554} : 0,_{0545} = 1,_{033}$. Die kleinern Werte der Merkurmasse ergeben natürlich auch eine entsprechend geringere mittlere Dichte.

Ueber die Konstitution dieser Körper erhalten wir freilich durch diese Kenntnis noch wenig. Eine feste Rinde ist selbst bei den äussern Planeten nicht ausgeschlossen. Die Schwerkraft stellt sich auf den meisten wesentlich anders, als auf der Erde. Eine einfache Berechnung ergibt, dass, wenn die Schwerkraft auf dem Aequator der Erde = 1 gesetzt wird, diejenige auf dem Aequator anderer Weltkörper gleich ihrer Masse dividiert durch das Quadrat des Aequatorialradius sein wird, wobei diese beiden Werte in Teilen der Erdmasse bezw. des Erdaequatorialradius auszudrücken sind[54]). Danach beträgt die Schwerkraft auf dem Merkur nur $0,_{38} = 0,_{0554} : (0,_{380})^2$, auf dem Mars ebenfalls $0,_{38}$, auf der Venus $0,_{82}$ derjenigen der Erde. Auf dem Jupiter ist die Schwerkraft dagegen $2,_{467}$ mal, auf der Sonne $27,_{95}$ mal grösser als auf der Erde, wenn man die in den Tabellen S. 176 angegebenen Werte zu grunde legt. Die Wirkungen der Fliehkraft vermindern bei einigen Weltkörpern, wie Saturn und Jupiter, vermöge ihres raschen Umschwungs die Schwerkraft allerdings beträchtlich (um 9 % beim Jupiter!). Während der Fallraum in der ersten Sekunde auf der Erdoberfläche $4,_9$ m beträgt, ist er auf dem Aequator des Jupiter (unter Rücksichtnahme auf die Fliehkraft) 11 m, auf der Sonne 137 m. Immerhin liegt in dieser vergrösserten Schwere ein Hauptfaktor andersartiger Gestaltung des Gleichgewichts zwischen den Kräften, welche auf jenen Gestirnen walten.

Was endlich die Monde oder Satelliten der Planeten betrifft, so ist die Erde durch einen, Mars durch zwei Monde ausgezeichnet, welche letztere sehr klein sind und den Mars mit enormer Geschwindigkeit umkreisen. Jupiters vier Monde, deren Grösse die unseres Mondes zumeist übertrifft, hatte bereits Galilei i. J. 1610 entdeckt; 1892 ist in Amerika ein 5. (innerster) Mond von freilich minimaler Grösse (Durchmesser 170 km) entdeckt, dazu traten neuerdings drei weitere, jedenfalls auch sehr kleine Monde, welche im Gegensatz zu den fünf übrigen den Jupiter in weiter Entfernung umkreisen. Saturn besitzt ausser zehn Monden drei Ringe. Vom Uranus kennt man vier Monde, vom Neptun nur einen Mond.

Die Kometen, welche, aus dem Weltenraum gelegentlich in das Sonnensystem gelangend und dann zu periodischen Umläufen um die Sonne gezwungen, diese meist in äusserst langgestreckten Ellipsen umkreisen, bieten wegen der geringen Dichte ihrer Massen — man erkennt die hinter dem Kometen stehenden Sterne selbst durch den Schleier des Kerns — zunächst keine Analogien mit der Erde. Wir haben sie hier nur zu erwähnen, weil ihre aus Meteoritenschwärmen bestehenden Schweife hie und da in das Anziehungsgebiet der Erde gelangen und dann Sternschnuppen, Leuchtkugeln und Steinfälle bilden. In August und November schneidet die Erdbahn solche Gürtel loser kosmischer Massen, welche, indem sie die Atmosphäre in Höhen bis zu 100—150 Kilometer durcheilen, aufleuchtend und meist völlig verdampfend, die Sternschnuppenschwärme dieser Monate hervorrufen. Nur wenn sie der Verdampfung widerstehen, können sie als Trümmer platzender Leuchtkugeln auf die Erdoberfläche herabstürzen und damit die Masse der Erde wirklich vermehren. Man hat in diesen Bruchstücken stets die gleichen Stoffe wie auf der Erde gefunden. Eisen bildet einen Hauptbestandteil.

§ 91. Die Sonne[55]). Ueber die Eigenwärme der Planeten und Kometen wissen wir wenig. Das glänzende Licht, welches von den Planeten zu uns herüberstrahlt, ist unzweifelhaft nur das wieder-

[54]) Vergl. u. a. Littrow, Elemente d. phys. Astronomie, Wien 1827, 206 ff. — [55]) R. Wolf, Handb. d. Astron. II, 1892, 405—441; J. Scheiner, Populäre Astrophysik, Leipzig 1908, 329—471, 2. Aufl. 1912; Newcomb-Kempf 1911, 272—338.

gespiegelte Sonnenlicht. Da die Lichterscheinungen der Kometen, die uns nur bei ihrer Annäherung an die Sonne (bei ihrem Perihel) sichtbar werden, hauptsächlich Folge von elektrischen Entladungen und Verdampfungen zu sein scheinen, so darf man ihnen einen hohen Wärmegrad zuschreiben. Aber sie sind an sich so wenig selbstleuchtend als die Planeten und werden wiederum nur durch die Einwirkung der Sonne in jenen Zustand elektrischen Leuchtens gebracht. Je näher die Weltkörper der Sonne rücken, um so wirksamer greifen die Einflüsse der von der Sonne ausgehenden Strahlen der Wärme, des Lichts und der Elektrizität auf die erstern ein. Insbesondere muss die ganze Fülle klimatischer Erscheinungen auf der Erdoberfläche in letzter Linie auf die wärmespendende Quelle im Sonnenkörper zurückgeführt werden. Diesen letzteren gilt es daher noch mit einigen Worten zu skizzieren.

Gewisse numerische Verhältnisse sind im Frühern schon gegeben. Die Sonne erscheint uns als eine leuchtende Scheibe, deren scheinbaren Durchmesser man durch die neueren heliometrischen Messungen zu fast 32′ (genauer 31′ 59′,$_{26}$) festgestellt hat[56]), d. h. zu einem um ca. 2″ kleinern Wert als man früher annahm. Bei einer mittlern Entfernung der Erde von der Sonne von 149,$_5$ Mill. Km. (S. 163) ergibt dies einen Durchmesser von 1 391 000 km (S. 176) und eine Gesamtoberfläche von rund 6 Bill. qkm. Es ist uns also jederzeit eine Fläche von 3 Bill. qkm zugekehrt. (Ueber Volumen und Masse vergl. S. 176 u. 177.)

Ueber den Kern des Sonnenkörpers wissen wir nichts. Nur die leuchtende Oberfläche, die sog. Photosphäre, ist unsern Instrumenten zugänglich. Die tägliche Beobachtung hat seit Erfindung des Fernrohrs eigentümliche Sonnenflecken auf der leuchtenden Scheibe entdecken lassen mit einem dunkeln, d. h. nur wenig leuchtenden Kern und einer in steter Bewegung und Veränderung befindlichen Umrandung; sie treten meist nur in niedrigen Breiten der Sonne auf und sind von sehr verschiedener Dauer. Aus den Beobachtungen der nämlichen Sonnenflecken, die, wie es scheint, auch eine gewisse Eigenbewegung besitzen und sich von Osten nach Westen bewegen, hat man auf eine 25—27tägige Rotationsdauer des Sonnenkörpers im gleichen Sinn geschlossen, ohne einen bestimmten Wert feststellen zu können. Die Zahl der Sonnenflecken und die Grösse des mit Flecken bedeckten Raumes der Sonnenoberfläche ist in den einzelnen Jahren sehr verschieden. Es zeigten sich Minima in den Jahren 1867, 1878, 1889, 1901, Maxima 1870, 1884, 1894, 1905. Man hat eine Periode von 11$^1/_9$ Jahren gefunden, welche freilich mit starken Abweichungen im Mittel zwischen einem Minimum und dem nächsten verlaufen[57]). Nordlichter und magnetische Störungen scheinen einen bestimmten Zusammenhang mit diesen Erscheinungen zu besitzen. Man hat für sie gleiche Perioden gefunden (S. 145).

Im Moment totaler Sonnenfinsternisse nimmt man wahr, dass die Sonnenscheibe von einem hellen, schnell nach aussen an Lichtstärke abnehmenden Ring von wechselnder Breite umgeben ist, der sog. Korona. Unter diesem tritt ein weit schmalerer, rötlich strahlender Ring hervor, die sog. Chromosphäre, aus dem rosenfarbene Wolken und Flammen in vielgestalteten Formen, den sog. Protuberanzen, herausschiessen. Erst seit man das Spektroskop auf die Erscheinung der Sonnenfinsternis vom 18. August 1868 richtete, weiss man, dass

[56]) Auwers in Astron. Nachrichten, 1891, Nr. 3068. — [57]) Vergl. R. Wolf, Handbuch II, 413.

diese Chromosphäre nebst den Protuberanzen aus glühendem Wasserstoffgas besteht. Unter der Chromosphäre liegt die Photosphäre, die für uns als Licht und Wärme spendend hauptsächlich in Betracht kommt. Die Dicke dieser Schicht ist nicht bekannt. Auch sie besteht wohl aus leichtesten Gasen, vor allem Wasserstoffgas; doch enthält sie Beimischungen, wenn auch nur in sehr geringen Mengen, von solchen verdampften Stoffen, welche, wie Eisen, Magnesium und gewisse Metalloide auch auf der Erde vorkommen. Erst die moderne Spektralanalyse hat uns mit diesen Tatsachen bekannt gemacht. Nach innen muss die Photosphäre sich naturgemäss stark verdichten, denn bei der hohen Schwerkraft auf der Sonne (S. 178) lasten die äussern Schichten mit mächtigem Druck auf den untern. Im übrigen gehen die Ansichten der Forscher über die physische Natur der Photosphäre und des gesamten Sonnenkörpers noch sehr auseinander, wenn auch die Vorstellung, dass letzterer ein in höchster Gluthitze befindlicher Gasball sei, jetzt ziemlich allgemeine Geltung hat. Welchen Hitzegrad wir diesen zuschreiben müssen, wissen wir nicht, denjenigen der Photosphäre nimmt man heute nicht mehr so hoch wie früher an. Vielleicht übersteigt seine mittlere Temperatur 7000° C. kaum. Diejenige der äusseren Schichten, welche für die Ausstrahlung in den Weltenraum besonders in Betracht kommt (effektive Temperatur der Sonne), würde demnach zu rund 6200° C. anzunehmen sein[58]). Ueber die Ursache der Sonnenwärme hat man auch nur Vermutungen. Manche glauben, dass die Masse des durch Verdichtung kosmischen Stoffes einst zu einem Glutball geformten Sonnenkörpers gross genug sei, um an ihrer Oberfläche die gewaltigsten Wärmeverluste durch Ausstrahlung zu ertragen, ohne dass die Folgen weiterer Abkühlung im Laufe historischer Zeit bemerkt sein müssten. Von einer solchen, die man mit einem periodischen Wechsel der Wärmezufuhr nicht verwechseln darf, weiss man allerdings nichts. Wahrscheinlich ist, dass eine stete Erneuerung von Wärme den Wärmeverlusten gegenübersteht. Teils hat man sie in chemischen Zersetzungs-Prozessen gesucht, vor allem in der bei Emanation radioaktiver Stoffe freiwerdenden Wärme, teils hat man an das unausgesetzte Aufstürzen ungezählter Massen von Meteoriten gedacht.

Die Sonnenkonstante. Die Sonne ist also auch für die Erdoberfläche die einzige wirklich in Betracht kommende Quelle der Wärme. Die Berechnungen über die gesamte Wärmezufuhr schwanken freilich noch immer beträchtlich, doch vermögen sie uns ein Bild der gewaltigen Wirkung der Bestrahlung zu geben. Als Sonnenkonstante bezeichnet man die Zahl von (mittlern) Wärmeeinheiten, welche an der Grenze der Erdatmosphäre, oder besser ohne Rücksicht auf die Verzehrung der Wärme durch die Atmosphäre und bei senkrechtem Einfall der Strahlen ein Quadratcentimeter Fläche in einer Minute erhält. Hierbei versteht man unter Wärmeeinheit (mittlerer Kalorie) die Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Gramm Wasser um 1° C. zu erhöhen[59]). Die Sonnenkonstante, früher zu $1,_6$—$1,_8$ [60]) Wärmeeinheiten berechnet, ist später immer grösser gefunden; selbst bis zu 4 Kalorien; die neueren Bestimmungen ergeben jedoch ziemlich übereinstimmend $2,_1$ als wahrscheinlichen mittleren Wert[61]).

[58]) Vergl. Scheiner, a. a. O. 447 ff., s. auch Metereol. Zeitschr. XXVI 1909, 186. — [59]) Genauer der 100. Teil der Wärmemenge, welche 1 gr Wasser von 0° auf 100° erwärmt. Vergl. Kohlrausch, Lehrbuch d. prakt. Physik, 1911, 188. — [60]) Zuerst von Pouillet ($1,_{76}$); Compt. Rend., Vol. VII, 1838, 24. — [61]) Lange Zeit genoss der i. J. 1884 von Langley bestimmte Wert = 3, aus $2,_{63}$ u. $3,_{51}$ gemittelt, das grösste Vertrauen unter den bisherigen Bestimmungen.

Verständlich wird die Sache erst, wenn wir dies auf die gesamte Bestrahlung der Erdoberfläche in einem gewissen Zeitraum, z. B. dem eines Tages oder eines Jahres, bestimmen. Der Strahlenkegel, welcher die Erde trifft, hat annähernd eine Durchschnittsfläche von der Grösse eines grössten Kreises der Erde ($R^2\,\pi$), die Zahl der Minuten eines Jahres beträgt $365{,}_{25} \cdot 1440^{m} = 525\,960^{m}$; also, da die gesamte Erdoberfläche $= 4\,R^2\,\pi$, so bezeichnet

$$\text{Konst. } 525\,960 \cdot \frac{R^2\,\pi}{4\,R^2\,\pi} = \text{Konst. } 131\,490$$

die Zahl der Wärmeeinheiten, welche durchschnittlich ein Quadratcentimeter der festen Erdoberfläche (ohne Rücksicht auf die Absorption) durch die Bestrahlung erhält. Da nun $80{,}_0$ mittlere Wärmeeinheiten [62]) nötig sind, um 1 gr reines Eis zu schmelzen, so entspricht K. $131\,490 : 80{,}_0 =$ K. 1644^{cm} der Zahl von Gramm Eis, welche die Sonne über einem Q.-Cent. wegschmelzen kann. Da ferner ein Kub.-Cent. Wasser 1 gr, ein Kub.-Cent. Eis nur $0{,}_{917}$ gr wiegt, so muss die gesamte weggeschmolzene Eisschicht K. $1644^{cm} : 0{,}_{917} =$ K. 18^{m} hoch sein. Je nachdem man hier den von verschiedenen Forschern berechneten Wert der Sonnenkonstante einstellt, berechnet sich die von der Sonnenwärme im Laufe eines Jahres von der Erdoberfläche weggeschmolzene Eisschicht zu

$1{,}_{76} \cdot 18^{m} = 30^{m}$ (Pouillet 1838) | $2{,}_{1} \cdot 18^{m} = 38^{m}$ (Abbot u. a. 1907)
$2 \cdot 18^{m} = 36^{m}$ (Crova 1878)

Unsere Atmosphäre mildert die Intensität des Lichts und der Erwärmung beträchtlich. Nach neuern Berechnungen wird fast die Hälfte derselben durch die Lufthülle absorbiert; indessen liegen die Schwierigkeiten derartiger Berechnungen gerade in der Abschätzung des Werts der Absorption.

§ 92. Der Mond. Die Erde wird in ihrem Laufe um die Sonne von dem Monde begleitet. Dieser Himmelskörper von kugelförmiger Gestalt ohne Lufthülle und Wasser ist mit merkwürdigen Gebirgsbildungen (Ringgebirgen) bedeckt, die offenbar einer mächtigen vulkanischen Tätigkeit des Mondinnern ihren Ursprung verdanken. Wenn uns der Mond fast ebenso gross erscheint wie die Sonne — im Mittel beträgt der scheinbare Durchmesser $31'\ 5''$ [63]) —, so ist dies nur eine Folge seiner grossen Nähe an der Erde. Ueber seine Entfernung hatte das Altertum schon ziemlich richtige Vorstellungen, indem man sie auf 59 Erdradien bestimmte (§ 85). Man nimmt z. Z. die sog. Mondparallaxe oder genauer die Aequatorial-Horizontalparallaxe des Mondes in mittlerer Entfernung von der Erde zu $57'\ 2''{,}_{27}$ an [64]). Wie früher dargelegt (§ $45{,}_4$), versteht man darunter den Winkel, unter dem vom Mittelpunkt des im Horizont stehenden Mondes aus der Aequatorial-

Aber es wurden ihm durch C. G. Abbot und F. E. Fowle 1908 Fehler der Berechnung nachgewiesen. (s. F. Exner in Meteorol. Zeitschr. XXVI. 1909, 120 ff.); sie fanden $2{,}_1$, wie die meisten neueren Beobachter (s. Metereol. Zeitschr. 1909, 422). Im übrigen zeigt sich immer mehr die Schwierigkeit, bei den grossen Schwankungen, denen die Strahlung ausgesetzt ist, überhaupt einen festen mittlern Wert zu erhalten. — [62]) Kohlrausch a. a. O. 199. — [63]) Die Sekunde des Monddurchmessers steht noch nicht fest (s. R. Wolf, Handb. I, 1890, 451), jedenfalls haben aber fast alle Bestimmungen des 19. Jahrhunderts $15'\ 32''$ — $15'\ 34''$ für den Halbmesser ergeben (Houzeau, Vademecum, 547); J. Peters erhielt $15'\ 32''{,}_{59}$ (Astron. Nachr. Nr. 3297), welchen Wert auch das Berliner astron. Jahrbuch zu grunde legt. — [64]) S. Berliner astron. Jahrb. für 1904, Berlin 1902. Log. des Sinus der Aeq. Hor. Parallaxe = 8.21987.

halbmesser erscheint (Fig. 14, S. 80, vergl. Dreieck *EMB*). Demnach ist diese mittlere Entfernung (Q) des Mondes

$$= \frac{R}{\sin 57' 2'',_{27}} = 60,_{274}\, R = 60,_{274} \cdot 6377,_4 \text{ km} = 384\,400 \text{ km}$$

Der Durchmesser des Mondes ergibt sich dann in ähnlicher Weise aus dem Sinus des scheinbaren Halbmessers desselben vom Erdmittelpunkt aus gesehen (sin 15′ 32″,$_6$ = $r : d$)

$$= 2 \cdot 384\,400 \text{ km} \cdot \sin 15' 32'',_6 = 2 \cdot 384\,400 \cdot 0,_{004521} = 3476 \text{ km}$$

oder rund 3480 km; er ist also viermal kleiner als der Erddurchmesser. Die Masse des Mondes hat man zu rund $^1/_{81}$ (genauer $1 : 81,_{45}$)[65] von derjenigen der Erde gefunden.

Die Oberfläche des Mondes ist hiernach 38 Mill. qkm gross, sodass die uns zur Zeit des Vollmondes sichtbare Hälfte, als gewölbte Fläche gedacht, der Grösse von Süd- oder von Nordamerika entspricht (17,$_7$ bezw. 19,$_8$ Mill. qkm). Die Fläche der Scheibe umfasst als vierter Teil der Gesamtoberfläche nur 9,$_5$ Mill. qkm und lässt sich mit der Ausdehnung Europas vergleichen. Das Volumen des Mondes beträgt mit 22000 Mill. Kbkm. nur $^1/_{49}$ der Erde, und da die Masse = $^1/_{81}$, so muss seine mittlere Dichte zu $^1/_{81} : {}^1/_{49} = 0,_6$ von derjenigen der Erde angenommen werden (S. 132) oder gleich dem 3,$_4$-fachen des Wassers, das ist etwas mehr als die Dichte der die Erdrinde zusammensetzenden Gesteine, und entspricht vielleicht dem des Gesteinmantels der Erde (S. 141).

Die Mondbahn. Da der Mond uns während seines Umlaufes um die Erde ein und dieselbe Seite zukehrt, so fällt seine Umdrehungsgeschwindigkeit mit der Umlaufszeit um die Erde zusammen. Die Drehungsachse steht fast senkrecht auf der Ekliptik, denn der Mondaequator ist nur $1^1/_2{}^0$ gegen letztere geneigt. Seine siderische Umlaufszeit um 360^0 oder die Zeit des siderischen Monats beträgt $27^1/_3$ Tage (genauer 27,$_{32166}$), sodass die mittlere tägliche Fortbewegung des Mondes in seiner Bahn von W nach O = $360^0 : 27,_{32166}$ = $13^0\,10'\,35''$ erreicht. In einer Stunde rückt er also durchschnittlich nur etwas mehr als $^1/_2{}^0$ fort. (Vergl. S. 86, Anm. 65.) Eben wegen seiner Eigenbewegung in einer Richtung, welche der scheinbaren Bewegung der Himmelskörper entgegengesetzt ist, verzögert sich seine Wiedererscheinung am nächsten Tage; er verspätet sich durchschnittlich um etwa $50^1/_2{}^m$ täglich. Doch ist seine Bewegung eine ungleichförmige. Zunächst rührt dies daher, dass die Mondbahn theoretisch eine Ellipse mit der beträchtlichen Exzentrizität 0,$_{0549}$ oder fast $^1/_{18}$ ist. Die Erde steht im Brennpunkt dieser Ellipse. Der Mond ist also z. Z. der Erdnähe (Perigaeum) nur 384 400 km . 0,$_{9451}$ = 363 300 km, z. Z. der Erdferne (Apogaeum) um 384 400 . 1,$_{0549}$ = 405 500 km[66] vom Erdmittelpunkte entfernt. Und während er eine durch-

[65]) Newcomb, Fundamental constants of Astronomy 1895, 193. Neuere Bestimmungen von A. R. Hinks führen auf etwas kleinere Werte: $1 : 81,_{55}$ bezw. $1 : 81,_{76}$, s. Kleins Jahrb. d. Astronomie XX, 1910, 75. — [66]) Dies sind nicht die äussersten Extreme der Mondentfernung, welche auch durch die Anziehung der Sonne beeinflusst wird. Im J. 1909 war z. B. (nach dem Berliner astron. Jahrbuch, welches für jede 12 Stunden den Logarithmus des Sinus der Aequatorial-Horizontalparallaxe angibt) die grösste Entfernung beim Apogaeum des 13. Okt. = 406 600 km, die kleinste beim Perigaeum des 29. Sept. = 356 800 km.

schnittliche Geschwindigkeit von $1,_{02}{}^{km}$ in einer Sekunde hat, schwankt diese zwischen $0,_{97}{}^{km}$ und $1,_{09}{}^{km}$. — Da indessen der Mond bei seiner Fortbewegung im Raume gleichzeitig als Trabant dem Erdkörper folgen muss, so kann seine Bahn niemals die Gestalt einer geschlossenen Ellipse annehmen. Dies würde nur bei ruhender Erde möglich sein. Die Bahn wickelt sich gleichsam zu einer die Erdbahn in äusserst flachen Schlangenwindungen begleitenden Kurve auf, von der festzuhalten ist, dass sie der Sonne niemals eine konvexe Biegung zukehrt.

Es ist ein Fehler unserer Lehrbücher und Karten, die Mondbahn mittelst einer starkgewundenen Schlangenlinie schematisch darzustellen, als ob sie bei jedem Neumond gegen die Sonne konvex gebogen sei. Entwirft man ein Stück der Mondbahn, etwa während eines Monats, in grösserm Massstabe, so lässt sich leicht ein weit richtigeres Bild der fraglichen Schlangenlinie geben, die an allen Punkten nach innen konkav ist. (Vergl. Atlas, Taf. III, Mondbahn bei bewegter Erde.)

Eine Tatsache wird aus solcher graphischen Darstellung sofort klar, dass in der ersten Hälfte des Monats die Sonne eine verzögernde Wirkung auf den Mond ausüben wird (am stärksten z. Z. des ersten Viertels), weil hier der Mond von der Sonne wegstrebt. Nach der Zeit des Vollmonds eilt er auf die Sonne zu, wird also dabei durch die Sonnenanziehung beschleunigt, am meisten z. Z. des letzten Viertels. Darin liegt der Hauptgrund der ungleichmässigen Bewegung des Mondes. Seine Kulmination verspätet sich am meisten z. Z. des letzten Viertels, weil er dann weiter in seiner Bahn voraus geeilt ist.

Nur kurz sei weiterer Faktoren gedacht, welche den wahren Mondlauf zu einem äusserst verwickelten und daher schwer zu berechnenden machen. Dazu gehört die schnelle Aenderung in der Lage der Apsidenlinie der Mondbahn. Das Perigaeum rückt jährlich um $40^2/_3{}^0$ von W nach O, also im Sinne der Zeichen des Tierkreises, fort. Die Mondbahn liegt ferner nicht in der Ekliptikebene, sondern bildet mit ihr einen (etwas schwankenden) Winkel von ca. $5^0 8',_4$. Die Knotenlinie zwischen beiden Kurven liegt auch nicht fest, sondern dreht sich gegen die Tierkreiszeichen jährlich um $19^1/_3{}^0$ (genauer $19^0\ 21'\ 20''$), wird also in $360^0 : 19^1/_3 = 18,_6$ Jahren erst wieder in die gleiche Lage kommen. (Atlas, Taf. III.)

Die Mondphasen. Man orientiert sich über die Stellung des Mondes während seiner Fortbewegung durch die wechselnden Erscheinungsformen oder Phasen. Es ist uns zwar immer die gleiche Hälfte des Mondes zugekehrt, aber wir können von dieser stets nur das Stück sehen, welches von der Sonne beleuchtet ist. Steht der Mond zwischen Sonne und Erde in sog. Konjunktion, so dringt kein Sonnenstrahl auf die uns zugewandte Seite: wir haben Neumond. Dann geht der Mond gleichzeitig mit der Sonne durch unsern Meridian. Bei zunehmendem Licht steht der Mond stets links von der Erde, wenn man das Gesicht der Sonne zuwendet. Die Mondsichel tritt also auf der rechten (westlichen) Seite des Mondes auf, vergrössert sich nach $7^3/_8$ Tagen zum „Ersten Viertel“ (so benannt weil jetzt 90^0 seiner Bahn zurückgelegt sind). Nach $14^3/_4$ Tagen, wo der Mond in Opposition hinter die Erde tritt, haben wir Vollmond (180^0) und nun rückt der Mond auf die rechte Seite der Sonne, indem die erleuchtete Fläche von der rechten (westlichen) Seite aus sich wieder zu verdunkeln oder zu verschwinden beginnt. Beim Letzten Viertel (270^0) erstreckt sich die Beleuchtung noch über die linke Hälfte der Scheibe, um allmählich wieder zu verschwinden. Neumond und Vollmond fasst man als Syzygien, Erstes und Letztes Viertel als Quadraturen zusammen. Die Zeit,

welche von einer Phase des Mondes bis zum Wiedereintritt eben derselben verstreicht, heisst ein synodischer Monat. Befände sich die Erde in Ruhe, so würde dieser dem siderischen Monat von $27^1/_3$ Tag gleich sein. Da sich die Erde aber mit einer mittlern täglichen Geschwindigkeit von 59′ 8″ (S. 167) in ihrer Bahn fortbewegt, und die Phasen durchaus von der gegenseitigen Stellung aller drei Weltkörper Sonne, Erde, Mond abhängen, so muss der Mond von Neumond bis Vollmond mehr als 180° zurücklegen und bis wieder zum Neumond um ebenso viel über den vollen Kreis von 360° hinauslaufen, als die Erde sich in ihrer Bahn währenddem fortbewegt hat, nämlich um ca. 29°. Dazu braucht der Mond $2{,}_{21}$ Tage; der synodische Monat ist also $29^1/_2$ (genauer $29{,}_{5306}$) Tage lang. Zwölf solcher Monate bilden kein volles Jahr. Daher fallen die Monate der arabischen Zeitrechnung, der ein Mondjahr von 12 synodischen Monaten ($= 354{,}_3$ Tage) zu grunde liegt, allmählich in andere Jahreszeiten.

Finsternis-Erscheinungen. Läge die Mondbahn in der Ebene der Ekliptik, so müsste jeder Neumond uns die Sonne zeitweise verdecken, jeder Vollmond durch den Erdschatten wandernd sich zeitweise verfinstern. Da aber beide Bahnen, wie angedeutet, etwa unter einem Winkel von 5° 8′ geneigt sind, so wandert der Mond meist zwischen Sonne und Erde hin, ohne dass sein Schattenkegel die Erde trifft. Ebenso gleitet der Vollmond hinter der Erde bald über, bald unter dem Schattenkegel der Erde hinweg, ohne in den Bereich des letztern zu gelangen. (Atlas, Taf. III, Fig. 13.) Sonnen- und Mondfinsternisse treten also viel seltener als die Mondwechsel ein und können nur entstehen, wenn sich der Mond bei Neu- und Vollmond nahe einem der Knoten zwischen Erd- und Mondbahn befindet.

Sonnenfinsternis. Aus den bekannten Grössen- und Entfernungsverhältnissen der drei Gestirne lässt sich leicht berechnen, dass ein Stück der Sonne vom Mond nur dann bedeckt werden wird, wenn der Mond nicht mehr als $1^1/_2{}^\circ$ von der Ekliptikebene absteht oder, wie man dies ausdrückt, (S. 151) seine „Breite“ $\pm 1^1/_2{}^\circ$ nicht übersteigt. Dies ist nur dann der Fall, wenn er in seiner Bahn nicht weiter als 17° vom nächsten Knoten entfernt ist (Atlas, Taf. III, Fig. 4 die Mondbahn, Seitenansicht). Der Mond bewegt sich von W nach O, folglich beginnt eine Sonnenbedeckung stets am Westrande der Sonnenscheibe. Da der Mondschatten ebenfalls von W nach O über die Erde hinwandert, so erblicken die westlichern Gegenden die Erscheinung früher als die östlichen. Uebrigens wird eine Sonnenfinsternis gleichzeitig immer nur von einem Teil der Erdoberfläche gesehen werden können, weil der Schatten des Mondes dort, wo er die Erde trifft, einen Durchmesser besitzt, der weit kleiner als der Erddurchmesser ist. Man hat zwischen dem Halbschatten und dem Kernschatten zu unterscheiden; im Gebiet des erstern wird stets nur ein Teil der Sonnenscheibe bedeckt erscheinen (partielle Sonnenfinsternis). Totale Sonnenfinsternis tritt nur für die Punkte der Erde ein, welche die Spitze des Kernschattens des Mondes trifft. Dieser letztere ist bei der mittlern Entfernung der Erde von der Sonne ca. 373 000 km lang, wächst aber z. Z. des Aphels bis auf 382 000 km und verkürzt sich im Perihel auf 367 000 km; die jeweilige Entfernung des Mondes von der Erde ändert diese Zahlen nur um ca. $\pm$ 100 km. Da nun die mittlere Entfernung der Erdoberfläche vom Mondmittelpunkte 384 400 — 6370 km = ca. 378 000 km beträgt, und die Extreme zwischen 407 000 km und 357 000 km schwanken (S. 182 Anm. 66), so trifft die Spitze des Kernschattens bei Sonnenfinsternis durchaus nicht immer die Erde, und wenn es der Fall ist, selten mit einem Querschnitt von mehr als 300—400 km Durchmesser. Eine solche totale Sonnenfinsternis wird daher nur in einem schmalen Streifen der Erde sichtbar und eilt an den einzelnen Orten in wenigen Minuten vorüber. Erreicht der Kernschatten die Erde nicht (was im allgemeinen der Fall sein wird, wenn bei der Sonnenbedeckung der scheinbare Sonnendurchmesser grösser als der des Mondes erscheint), so entsteht eine ringförmige

Finsternis. Der nicht bedeckte Sonnenrand müsste natürlich am grössten sein, wenn Apogaeum (kleinster Mond) mit Perihel (grösste Sonne) zusammenfiele.

Mondfinsternis. Der Durchmesser des Erdschattens ist in der mittlern Entfernung des Mondes immerhin noch etwa $2^1/_2$ mal so gross als der Monddurchmesser. Dennoch wird der Mond in seinen Bereich nur dann kommen, wenn er keinen grössern Abstand von der Ekliptikebene als 57′ hat. Das ist nur dann der Fall, wenn der Mond nicht weiter als $10^1/_2{}^0$ von einem Knoten entfernt ist. Enger sind die Grenzen noch für eine totale Mondfinsternis, bei der die ganze Mondscheibe durch den Kernschatten der Erde geht. Jedenfalls ist der Eintritt einer Mondfinsternis ein Ereignis, das im Gegensatz zur Sonnenfinsternis von allen Punkten der Erdhälfte, welche dem Monde zugekehrt ist, im gleichen absoluten Zeitpunkt sichtbar wird. Nach Ortszeit berechnet erblickt man das Phänomen in östlichen Orten selbstverständlich in einer spätern Stunde als in westlichen. Aus diesem Grunde hat man dasselbe seit den Zeiten des Altertums zur Bestimmung des Längenunterschieds benutzt (§ 47). Da der Mond stets von W her in den Schatten rückt, wird die linke (östliche Seite) des Mondes zuerst verfinstert werden.

Alle diese Erscheinungen lassen sich an Apparaten, wie den sog. Tellurien und Lunarien, trefflich erläutern. Für die Darstellungen in schematischen Figuren ist es nützlich, neben den üblichen Ansichten von oben auch perspektivische Bilder oder Seitenansichten im reinen Profil zu geben. (Taf. III des Atlas enthält deren mehrere, die kaum einer Erläuterung bedürfen.)

IV. Schwerewirkungen der Himmelskörper auf die Erde.

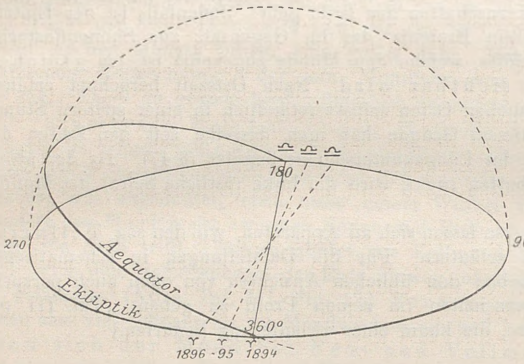
Wir haben bisher angenommen, dass die sich drehende Erde in bestimmter Bahn die Sonne umkreist und die Erdachse hierbei sich stets parallel bleibt. Indem wir indessen gelegentlich darauf hinwiesen, dass für die Ekliptikschiefe (S. 152), die Exzentrizität der Erdbahn (S. 160), sowie für die Lage der Apsidenlinie (S. 169) ein bestimmter Wert immer auch nur für eine gewisse Zeit Geltung hat, haben wir damit stillschweigend anerkannt, dass die Erdbewegung keine so einfache und gleichmässige ist, wie es auf den ersten Blick erscheint. Bringt einerseits das Vorhandensein anziehender Weltkörper, wie der Planeten und des Mondes, neben der Sonne Störungen des Erdlaufs hervor, so bietet andererseits die Abweichung der Erdgestalt von der reinen Kugel oder die Anschwellung der Aequatorialgegenden für diese Kräfte noch besondere Anziehungspunkte. Unter den hier in Betracht kommenden Wirkungen sind es vornehmlich zwei, welche einer Erläuterung in diesem Werke bedürfen, da sie wirksam in die Erscheinung treten.

§ 93. Praezession und Nutation. Bekanntlich gilt uns der Schnittpunkt des Himmelsaequators und der Sonnenbahn im Frühjahr als ausgezeichneter Punkt beider Kreise (§ 36). Von diesem rechnen wir die Länge der Sterne und mit ihm beginnt das astronomische Jahr. Nun hatte schon Hipparch, indem er die Positionen der Sterne mit den Angaben seiner Vorgänger verglich, die Beobachtung gemacht[67]), dass die Länge der Sterne zugenommen habe. Er erklärte sich dies aus

[67]) Ptolemaeus, Almagest. Lib. III, Kap. 2 ed. Halma I, p. 150.

einer langsamen drehenden Vorwärtsbewegung der gesamten Fixsternsphäre; und seitdem hat sich der Name der Praezession für diese Erscheinung eingebürgert. Da diese nun in der Tat bei allen Sternen gleichmässig beobachtet ist, während unsere heutigen Anschauungen einer gemeinsamen Bewegung aller Sterne widersprechen, so kann dieselbe nur auf eine entgegengesezte Bewegung des Nullpunkts zurückgeführt werden. Wir sprechen daher jetzt von einem Rückwärtsgehen der Aequinoktialpunkte, ohne den Namen der Praezession aufzugeben. Es besteht dieses in einer Drehbewegung der Knotenlinie zwischen Aequator und Ekliptik von Ost nach West oder im entgegengesetzten Sinn der Tierkreiszeichen (Fig. 46 und Atlas, Taf. I, Seitenansicht der Ekliptik).

Fig. 46.



Tropisches Jahr. Die Praezession bewirkt, dass ein tropisches Jahr oder die Zeit von einem Durchgang der Sonne durch den Frühlingspunkt bis zum nächsten von dem siderischen Jahr oder dem Umlauf um 360° abweichen muss. Ersteres muss um einen geringen Betrag kürzer sein als das siderische, denn der Frühlingspunkt rückt der die Sonne umkreisenden Erde gewissermassen ein Stück entgegen (Atlas, Taf. I). Man hat den jährlichen Betrag der Praezession im Mittel zu $50^1/_4$ Bogensekunden gefunden, und, da sich die Erde durchschnittlich in 24^h um $59'\ 8''$ oder in 1 Minute um $3548'' : 1440^m = 2'',_{463}$ in ihrer Bahn fortbewegt, so wird sie nach einem Jahr den Frühlingspunkt um $50'',_{26} \cdot 2'',_{463} = 20,_{46}$ Zeitminuten früher erreichen, als sie den Vollkreis von 360° vollendet hat. Um diese Zahl von Minuten ist das tropische Jahr also kürzer als das siderische. Es beträgt $365,_{2422}$ Tage oder $365^d\ 5^h\ 48^m\ 45,_9{}^s$. Dieses tropische Jahr wird der Zeitrechnung zu grunde gelegt (§ 34), nicht das siderische von $365^d,_{25636}$ oder $365^d\ 6^h\ 9^m\ 9,_3{}^s$.

Dieser an sich geringe Betrag der Praezession von $50'',_{26}$ [68]) summiert sich im Laufe der Zeit. Er beträgt

in 100 Jahren $100 \cdot 50'',_{26} = 5026'' = 1^0\ 23'\ 46''$

„ 2000 „ $2000 \cdot 50'',_{26} = 100520'' = 27^0\ 55'$, rund 28^0.

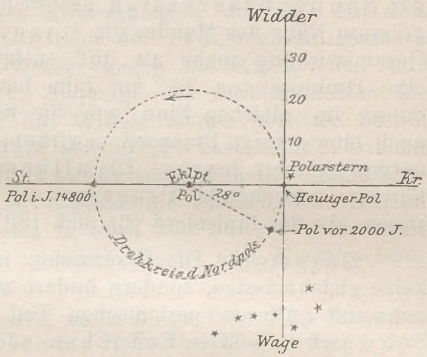
Dadurch erklärt sich die beträchtliche Verschiebung zwischen den Zeichen und den Bildern des Tierkreises seit den Zeiten des Altertums. Der Frühlingspunkt, der im Zeitalter Hipparchs (150 v. Chr.) am westlichen Ende des Sternbildes des Widders

[68]) S. Harkness, The Solar Parallax, Wash. 1901, 141. Auch dieser Betrag ist nur eine Annäherung an die Mittelzahl der verschiedenen Berechnungen für das 19. Jahrhundert. Als Konstante nimmt man nach Newcomb jetzt meist den Wert $= 50'',_{2453} + 0'',_{0002225}\ t$ an, wo t die Zahl der Jahre seit 1850 bedeutet.

ag und daher seinen Namen Widderpunkt empfing, steht jetzt am westlichen Ende des Sternbildes der Fische. Krebs und Steinbock liegen jetzt mehr als 30° östlich von den Solstitialpunkten, denen sie einst den Namen gegeben (Atlas, Taf. I).

Die Wirkung dieses Rückgangs der Aequinoktien ist besonders an der Lage des Nordpols zu erkennen. Ueberträgt man diese Praezession des Frühlingspunktes auf die Bewegung der Weltachse, so muss dieselbe eine langsame Kreiselbewegung machen und damit die Mantelfläche eines Kegels beschreiben, dessen Grundfläche der Drehkreis des Pols rings um den Pol der Ekliptik bildet (Atlas, Taf. I). Die Periode, in welcher die gesamte Kreiselbewegung erfolgt, ergibt sich aus der Tatsache, dass der Pol entsprechend dem Rückgang der Aequinoktien jährlich $50^1/_4''$ fortwandert, also in $\frac{360^\circ}{50'',26} = \frac{1296000''}{50'',26} = 25800$ Jahren den Umkreis vollendet. Der Pol steht jetzt (Fig. 47) kaum noch $1^1/_6{}^\circ$ vom Polarstern entfernt, und wird sich ihm im J. 2095 bis auf 26′ nähern. Vor 2000 Jahren hatte der Polarstern *(α Ursae minoris)* jedoch noch einen Abstand von 12° vom Pol (vergl. S. 56).

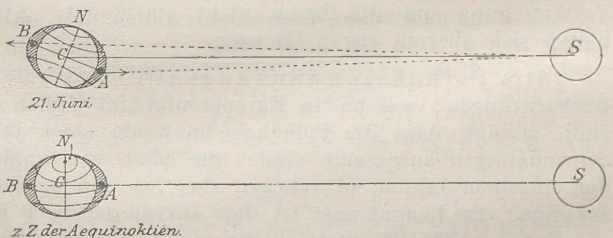
Fig. 47.
Drehkreis des Pols von unten gesehen.



Der Grund der Praezessions-Erscheinungen ist in der Abplattung der Erde zu suchen und in der ungleichen Stärke der Anziehung, welche Sonne und Mond und schliesslich auch die Planeten auf den jenen Weltkörpern zugekehrten oder von ihnen abgewendeten Aequatorwulst ausüben.

Denkt man sich diese Massen längs des Aequators in A und B (Fig. 48) vereinigt, so wird A, weil der Sonne näher als C, etwas mehr von derselben als C angezogen werden und folglich zu ihr hinstreben. Umgekehrt wird, weil C mehr als B angezogen wird, in B die Zentrifugalkraft stärker wirken und mit B fortstreben. Die Gesamtwirkung sucht den Aequator so lange zu drehen, bis seine Ebene durch die Zentrallinie (den Radiusvektor) hindurchgeht, und könnte bei nicht rotierender Erde nicht eher zur Ruhe kommen, als bis der Aequator in der Ekliptik läge (Sphaera recta). Dieses Bestreben wird aber durch den Umschwung der Erde, welche die Lage der Achse nach den Gesetzen der Mechanik zu erhalten strebt, verhindert. Dadurch wird die Gesamtwirkung in eine langsame Drehung der Aequatorialebene verwandelt, wie wir sie oben an der Drehung der Knotenlinie mit der Ekliptik erläutert haben. Wie eine Praezession bei

Fig. 48.



einer Kugel von überall gleicher Dichte nicht bestehen würde, so auch nicht, wenn die Erdachse nicht zur Ekliptik geneigt wäre. Denn stände die Erdachse senkrecht auf ihr, so würden die Kräfte in A und B direkt entgegengesetzt sein, und also eine Drehung der Aequator-Ebene bezw. der Achse nicht mehr hervorrufen können.

Der Fall, dass die Zentrallinie in die Aequatorebene fällt, tritt nun in der Tat zur Zeit der Aequinoktien ein (Fig. 48). Dann wird also die Praezession = 0 sein, während sie zur Zeit der Solstitien ihr Maximum erreicht. Sie ist also im Laufe des Jahres keineswegs gleich. Wir haben hier der Deutlichkeit wegen allerdings zunächst nur von der Sonnenpraezession gesprochen. Beträchtlicher ist bei der viel grössern Nähe des Mondes die Lunarpraezession, auf die von der Gesamtwirkung mehr als 36″ entfallen, während die der Sonne nur eine Drehung von 14″ im Jahr bewirkt. Die Planeten, welche die Sonne im gleichen Sinn wie die Erde umkreisen, bringen übrigens auch eine geringe Praezessionswirkung, der des Mondes und der Sonne entgegengesetzt, hervor. Die allgemeine, von allen genannten Weltkörpern ausgehende Praezession ($50'',_{26}$) ist also ein wenig geringer als die lunisolare für sich ($50'',_{36}$).

Nutation. Die Praezession ist auch in den einzelnen Jahren keine gleichmässige, sondern ändert sich periodisch, bald ab-, bald zunehmend. Diesen periodischen Teil der Praezession nennt man die Schwankung der Erdachse oder die Nutation. Es ist klar, dass die verschiedene Entfernung der Erde von der Sonne eine solche jährliche Periode hervorrufen muss. Viel mehr macht sich aber die Lunarnutation geltend, die 14mal grösser als die der Sonne. Sie vollzieht sich in einer Periode von $18,_6$ Jahren, entsprechend dem Zeitraum, in welchem sich die Knotenlinie von Erd- und Mondbahn um 360^0 dreht (S. 183). Die Nutation bewirkt, dass die Erdachse keine regelmässige Kreisbewegung vollzieht, sondern um den oben beschriebenen Kegelmantel schwankt. Der Pol beschreibt um den Drehkreis eine ähnliche Kurve, wie die Mondbahn um die Erdbahn (S. 183). Der Radius dieses Nutationskreises beträgt nur $9'',_2$. Wir sehen also nach allem, dass ein genauer Parallelismus der Erdachse bei ihrer Fortbewegung um die Sonne nicht stattfindet. Alle Schwankungen halten sich aber in engen Grenzen.

Die Polhöheschwankungen[69]). Seit kurzem haben genaue Beobachtungen, welche in Europa und im Stillen Ozean angestellt sind, gezeigt, dass die Polhöhen im Laufe eines Jahres periodischen Schwankungen ausgesetzt sind. Sie sind von ungleichem Betrag in den einzelnen Jahren, übersteigen aber hie und da den von $^1/_4$ Bogensekunde. Im Längenmass ist dies allerdings, da 1 Bogensekunde auf der Erde = 31^m (S. 121), nicht mehr als etwa 8^m. Wird hier das Maximum erreicht, so findet auf der andern Halbkugel das Minimum statt. Es handelt sich also wahrscheinlich um eine wirkliche „Umlegung“

[69]) Vergl. Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 138; XXXV, 1912; Th. Albrecht, Stand der Erforschung der Breitenvariation am Ende von 1900, Berlin 1900. Th. Albrecht u. B. Wanach, Resultate des internationalen Breitendienstes, Bd. I—IV, Berlin 1903—11.

der Rotationsachse im Laufe des Jahres, als deren Ursache möglicher Weise eine halbjährige Versetzung grosser Wassermassen in den ozeanischen Becken von einer Halbkugel zur andern, vielleicht auch solche von Luftmassen anzusehen ist. Doch scheinen noch andere Ursachen mitzuspielen, die den Kreis ihrer Wirkungen nicht innerhalb eines Jahres vollenden.

§ 94. Die theoretische Ebbe und Flut[70]. An allen ozeanischen Küsten beobachtet man ein im Laufe eines Tages zweimal wechselndes langsames Steigen und Fallen des Meeresspiegels, das man mit dem gemeinsamen Namen der Gezeiten oder der Tiden zusammenfasst. Die Zeit, während welcher das Wasser gegen die Küste mehr und mehr vordringt, heisst die Flut, diejenige des Zurückweichens die Ebbe. Letztere beginnt, sobald das Wasser seinen höchsten Stand, das sog. Hochwasser (fälschlich oft als „Flut" bezeichnet), erreicht und endigt mit dem sog. Niedrigwasser (fälschlich oft „Ebbe" genannt). Von diesem Zeitpunkt an beginnt die Flutzeit von neuem. Dieser Gezeitenwechsel vollzieht sich in etwa $24^h\ 50^1/_2{}^m$, d. h. in 24 „Mondstunden" zweimal, sodass zwischen Hoch- und Niedrigwasser durchschnittlich $6^1/_5{}^h$ verstreichen.

An den Küsten vieler Binnenmeere, wie z. B. der Ostsee, des Schwarzen Meeres etc., ist der Höhenunterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser freilich so gering, dass er dem Auge des Laien unbemerkbar ist. Aber obwohl er auch im Mittelmeer selten $^1/_2{}^m$ übersteigt und längst nicht die Höhe wie an den atlantischen Küsten Europas erreicht, war die Erscheinung doch schon Gegenstand mehrfacher Forschung bei den Alten. Sie brachten Ebbe und Flut, die sie mit dem Ein- und Ausatmen der menschlichen Lunge verglichen, bereits mit dem Mondwechsel und dem Sternenlauf in Verbindung; sie erkannten vor allem, dass die Fluthöhe am grössten zur Zeit von Neu- und Vollmond, am kleinsten zur Zeit der Quadraturen sei[71]. Doch erst zu Keplers Zeiten ward die Ursache dieses periodischen Wechsels des Meeresniveaus in der Anziehung des Mondes und der Sonne auf die gesamte flüssige Umhüllung der Erde erkannt, und Newton lehrte 1687 die fluterzeugende Kraft dieser Gestirne auf grund seines Attraktionsgesetzes theoretisch berechnen.

Indem Newton eine ununterbrochene Wasserschicht von gleicher Höhe rings um die Erde voraussetzte, fand er, dass sowohl Sonne als Mond, jeder für sich betrachtet, gleichzeitig im Zenit wie im Nadir Anschwellungen des Meeres erzeugen, die beide fast von gleicher Grösse seien; dass ferner dadurch an allen um 90^0 von diesen Punkten entfernten Gegenden eine Senkung des

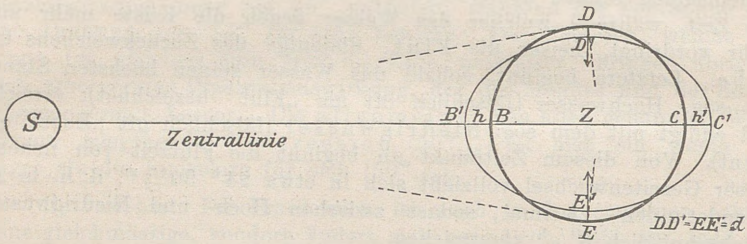
---

[70]) Vergl. die klare Entwicklung in H. Lentz, Flut und Ebbe und die Wirkung des Windes auf den Meeresspiegel, Hamburg 1879, 186—196; O. Krümmel im Handb. d. Ozeanographie, Bd. II, Stuttg. 1911, 208—228; J. Hann in Allg. Erdk., 5. Aufl. 1896, 310—330; sodann die originelle elementare Behandlung von G. H. Darwin, The Tides and kindred Phenomena in the Solar System, deutsch von A. Pockels u. d. T.: „Ebbe u. Flut, sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem", Leipzig 1902, 2. Aufl. 1911, bes. Kap. V, die fluterzeugende Kraft; Sir G. H. Darwin u. S. S. Hugh, Bewegung der Hydrosphaere, in Encyklopädie d. math. Wiss., Bd. VI, 1. Heft 1, Leipzig 1908. — [71]) Strabo Lib. III, Abschn. 5, § 10. Cas. p. 174, wo er die Ansichten des Posidonius mitteilt.

Niveaus bedingt sei, die man zur halben Höhe der Zenitfluten annehme könne. Auch berechnete Newton, dass, trotzdem die Masse des Mondes gegen die der Sonne fast verschwinde, die fluterzeugende Kraft des Mondes wesentlich grösser als die der Sonne sei. Man kann dies Verhältnis nach unsern heutigen Kenntnissen wie $2^1/_6 : 1$ oder $13 : 6$ annehmen. Diese Gesetze sind es, welche im folgenden kurz erläutert werden sollen.

1. In Fig. 49 stelle $BDCE$ den Durchschnitt der Aequatorebene der kugelförmigen Erde dar, S das anziehende Gestirn, das demnach im Zenit des Punktes B

Fig. 49.



steht. Ein Massenteil μ wird im Punkte B von jenem Gestirn stärker als der Erdmittelpunkt Z angezogen und demnach das Bestreben haben, sich von Z gegen S fortzubewegen, wodurch es in den Punkt B' oder in den Abstand $ZB' = R + h$ von Z rückt. Ebenso wird μ im Zentrum Z stärker angezogen werden als am Nadirpunkt C, folglich wird sich ideell zwischen Z und C ähnlich ein Zwischenraum bilden wie zwischen B und Z. Indem also C von Z sich entfernt, wird sich auch hier eine Anschwellung des Meeresspiegels bilden, dessen Kulminationspunkt C um $R + h'$ von Z entfernt sein mag. Die Punkte D und E werden hinsichtlich der Stärke der Anziehung von seiten jener Gestirne auf einer Linie mit dem Erdmittelpunkt Z stehen, aber die Richtung dieser Attraktion ist mit der Zentrallinie nicht parallel, und folglich werden beide Punkte nach dem Mittelpunkt der Erde hinstreben; sie werden Niedrigwasser haben, wenn in B und C Hochwasser ist. Denn da die Wassermasse an sich durch diese rhythmischen Bewegungserscheinungen nicht geändert wird, so muss einer Erhebung des Spiegels an einer Stelle zum Ersatz eine Senkung an anderer Stelle folgen. Das Mass der Anziehung ergibt sich für jeden Punkt aus dem Unterschied der Attraktionskräfte, welche jeweilig der anziehende Himmelskörper auf einen an der Erdoberfläche dem Gestirn gegenüber und auf einen im Erdmittelpunkt befindlichen Massenteil ausübt. Die Differenz dieser Kräfte (A_s—A) heisst die fluterzeugende Kraft des Gestirns.

Nach dem Gravitationsgesetz wird eine Masse μ im Erdmittelpunkt mit einer Kraft $A = k M \mu : r^2$ angezogen, wenn M die Masse des Gestirns, r die Zentrallinie ist (§ 67); dagegen ein an der Oberfläche in B befindlicher Massenteil μ, da er dem Gestirn um den Erdradius näher ist, mit einer Kraft $A_s = k M \mu : (r - R)^2$. Es ist also die fluterzeugende Kraft des Gestirns (P)

$$P = A_s - A = \frac{k M \mu}{(r-R)^2} - \frac{k M \mu}{r^2} = k M \mu \left(\frac{1}{(r-R)^2} - \frac{1}{r^2} \right)$$

$$= k M \mu \left(\frac{2R}{r^3} + \frac{3R^2}{r^4} + \frac{4R^3}{r^5} \cdots \right). \qquad (1)$$

Da beim Monde bekanntlich $R : r = 1 : 60{,}_{274}$ (S. 182), bei der Sonne sogar $R : r = 1 : 23439$ (S. 163) ist, so können die späteren Glieder ihrer Kleinheit wegen vernachlässigt werden, und wir erhalten das Gesetz[72])

$$P = k \,.\, M \,.\, \mu \frac{2R}{r^3}, \tag{2}$$

d. h. die fluterzeugende Kraft eines Gestirns ist seiner Masse direkt und umgekehrt der 3. Potenz seiner Entfernung vom Erdmittelpunkt proportional. Vergleichen wir diese Kraft (P) mit der Schwerkraft (A), welche der Erdkörper (M_ε) auf ein Massenteilchen μ seiner Oberfläche ausübt, so ist

$$P : A = \frac{k \,.\, M\mu \,.\, 2R}{r^3} : \frac{k \,.\, M_\varepsilon \,.\, \mu}{R^2} \text{ oder } \frac{P}{A} = 2\frac{M}{M_\varepsilon} \cdot \frac{R^3}{r^3}. \tag{3}$$

Die Masse des Mondes ist $M = 1 : 81{,}_{45}$ der Erdmasse (S. 182), seine mittlere Entfernung von der Erde $= 60{,}_{274}\, R$, folglich, wenn man die Schwerkraft der Erde $A = 1$ setzt, die fluterzeugende Kraft des Mondes

$$L = 2 \cdot \frac{1}{81{,}_{45}} \cdot \frac{R^3}{(60{,}_{274})^3 \,.\, R^3} = \frac{1}{8918000}\,^{73}).$$

Bei der Sonne, deren Masse die der Erde 332346 mal übertrifft (S. 177), während ihre mittlere Entfernung 23439 Erdradien beträgt, wird dagegen die fluterzeugende Kraft

$$L = \frac{2 \times 332346}{(23439)^3} \cdot \frac{R^3}{R^3} = \frac{1}{19373000}\,^{74}).$$

Die fluterzeugende Kraft des Mondes ist also trotz seiner gegen die Sonne verschwindenden Masse doch mehr als 2mal so gross als die der Sonne[75]):

$$L : S = \frac{1}{8918000} : \frac{1}{19373000} = 87 : 40 \text{ oder } 2{,}_{172} : 1$$

oder wie 13 : 6, stärker abgerundet wie 9 : 4.

2. Um uns eine anschaulichere Vorstellung von diesen Kräften zu bilden, berechnen wir, welche Anschwellung dieselben im Zenit und Nadir (eines Aequatordurchmessers) hervorzubringen vermöchten. Das Meeresniveau wird erst in einer solchen Entfernung (h) vom ursprünglichen Stand zur Ruhe kommen, in der die dort (in B') wirkende Schwerkraft der Erde der Anziehung des Gestirns die Wage hält. Die Verminderung der Schwerkraft in diesem Punkte B' (Fig. 49) ist

$$= \frac{1}{R^2} - \frac{1}{(R+h)^2} \text{ oder genähert } = \frac{1}{R^2} \cdot \frac{2h}{R},$$

---

[72]) Newton, Prinzipien der Naturlehre (s. S. 149, Anm. 5) Buch I, § 107, Zus. 14, Deutsch v. Wolfers, S. 183. — [73]) Newton erhielt (a. a. O., Buch III, § 14, ed. Wolfers S. 451) das Verhältnis 1 : 2871400, weil er die Masse des Mondes noch zu $^1/_{40}$ der Erdmasse annahm (a. a. O. 452), Krümmel (a. a. O. 216) dagegen 1 : 8945000, mit dem Mondabstand $1 : 60{,}_{34}$. — [74]) Newton erhielt 1687 den weit grössern Wert 1 : 12868200, da er der Sonne zwar eine viel geringere Masse, aber der Entfernung gleichfalls einen viel zu geringen Wert beilegte. Newtons Wert lässt sich freilich mit keiner seiner eigenen Annahmen über die Sonnenmasse (1. Ausg. = 287000 Erden, 2. Ausg. 169282 E.) vereinigen, sondern nur mit dem von Wolfers (a. a. O. 621) aus den Textausgaben der 3. Ausg. berechneten Massenwert 193594, aber auch nur in Verbindung mit der in der 1. Ausg. 1687, p. 413, festgehaltenen Parallaxe von 12″ (nicht mit der später zu $10'',_5$ angenommenen). Krümmel erhielt mit $M = 333400$ und $D = 23484\, R$ das Verhältnis 1 : 19420000. — [75]) Aus den eben angeführten Gründen überschätzte Newton die Kraft des Mondes bedeutend. Er erhielt $L : S = 4{,}_{4815} : 1$; H. Lentz fand $2{,}_{2136} : 1$, wobei er die Sonnenmasse zu 319500 Erden und die Entfernung zu 23134 Erdhalbmessern annahm; Krümmel (a. a. O. 217) fast das gleiche wie oben: $2{,}_{171} : 1$.

wenn man bei der Kleinheit von h gegen R die weitern Glieder vernachlässigt. Die vom Mond theoretisch im Zenit erzeugte Erhöhung des Meeresniveaus (h) ist also

$$\text{aus } \frac{2h}{R} = \frac{1}{8918000} \text{ nunmehr } h = \frac{6370000^{\text{m}}}{2 \times 8918000} = 0{,}_{364}{}^{\text{m}},$$

die von der Sonne erzeugte $= 0{,}_{364} : 2{,}_{172} = 0^{\text{m}}{,}_{168}$; beide Gestirne würden also bei der Neumondstellung in der Aequatorebene eine Niveauerhöhung von $0^{\text{m}}{,}_{364} + 0^{\text{m}}{,}_{168} = 0^{\text{m}}{,}_{532}$ hervorrufen.

3. Im Nadir ist die Entfernung eines Oberflächenpunktes um R grösser als die Zentrallinie r, also die fluterzeugende Kraft des Gestirns jetzt

$$P_1 = \frac{k \,.\, M\mu}{r^2} - \frac{k M \mu}{(r+R)^2} = k \,.\, M\mu \left(\frac{2R}{r^3} - \frac{3R^2}{r^4} + \frac{4R^3}{r^5} \cdots \right). \qquad (5)$$

Folglich ist aus (1) und (5) der Unterschied der Kräfte (bei Vernachlässigung des dritten Gliedes etc.)

$$P - P_1 = kM\mu \left(\frac{2R}{r^3} + \frac{3R^2}{r^4} \right) - kM\mu \left(\frac{2R}{r^3} - \frac{3R^2}{r^4} \right) = kM\mu \, \frac{6R^2}{r^4}, \quad (6)$$

oder im Verhältnis zur schon berechneten Kraft im Zenit:

$$\frac{P - P_1}{P} = \frac{6R^2/r^4}{2R/r^3} = \frac{6R^2}{r^4} \cdot \frac{r^3}{2R} = \frac{3R}{r}. \qquad (7)$$

Es beträgt also nach dieser genäherten Rechnung der Unterschied beim Monde $= 3R : 60{,}_{27} R$ oder etwa $1 : 20{,}_1{}^{76})$, bei der Sonne $= 3R : 23439 R$ oder $1 : 7813$. Die fluterzeugende Kraft des Mondes ist im Nadir $^{19}/_{20}$ derjenigen im Zenit, bei der Sonne $^{7812}/_{7813}$, also in der Tat in beiden Punkten annähernd einander gleich.

4. Wie tief senkt sich nun der Meeresspiegel an den um 90^0 von B und C entfernten Punkten? Gesetzt, die Depression betrage dort $DD' = d$ (Fig. 49), so wird man die Form, in welche der kugelförmige Meeresspiegel durch die geschilderten Kräfte übergeht, als ein Ellipsoid auffassen können, dessen grosse Halbachse $a = R + h$ ist (wenn man die kleinern Unterschiede zwischen BB' und CC' vernachlässigt). Die beiden andern Halbachsen (b) des Ellipsoids werden dagegen $= R - d$ sein, wenn Fig. 49 den Querschnitt durch das Ellipsoid vergegenwärtigt. Der Inhalt des Ellipsoids $^4/_3 \, a \,.\, b^2 \,.\, \pi$ muss dem der Erdkugel gleich sein, also

$$\frac{4}{3}(R+h) \,.\, (R-d)^2 \pi = \frac{4}{3} R^3 \pi \text{ oder } (R+h) \,.\, (R-d)^2 = R^3,$$

also

$$R + h = \frac{R^3}{(R-d)^2} = R + 2d - \frac{3d^2}{R} + \ldots,$$

und, da hierin das letzte Glied verschwindend klein ist,

$$R + h = R + 2d \text{ oder } h = 2d. \qquad (8)$$

Die Senkung des Wassers (d) an den Punkten D und E ist halb so gross als die Erhebung (h) im Zenit und Nadir; sie wird in Rücksicht auf die Mondanziehung $= 0{,}_{364} : 2 = 0{,}_{182}{}^{\text{m}}$, in betreff der Sonnenanziehung $= 0{,}_{168} : 2 = 0{,}_{084}{}^{\text{m}}$, zusammen im höchsten Fall also $0{,}_{266}{}^{\text{m}}$ betragen. Die grossen Halbachsen des Wasserellipsoids werden also $0{,}_{532}{}^{\text{m}}$ länger, die kleinen Halbachsen $0{,}_{266}{}^{\text{m}}$ kürzer als der Aequatorialradius sein.

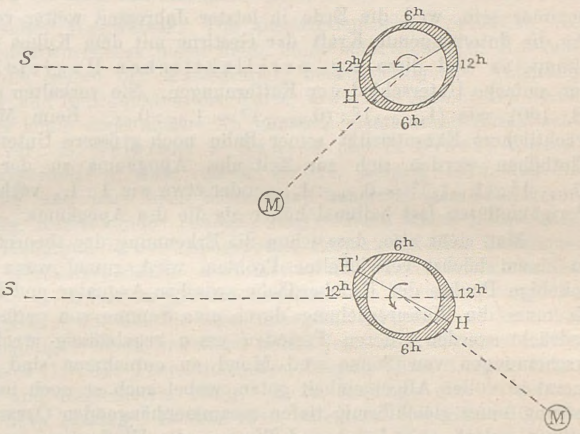
5. Die Ungleichheiten. Wir haben bisher den einfachsten Fall betrachtet, bei dem sich Sonne und Mond in der Aequatorebene und zugleich in Konjunktion befinden. In diesem Falle, aber ebenso, wenn beide Gestirne in Opposition treten, also zur Zeit der Syzygien, d. h. bei Voll- und Neumond,

---

[76]) Nach der genaueren Berechnung der Potentialtheorie nur $^1/_{43}$.

vereinigen sich die anziehenden Kräfte zur Hebung des Meeresniveaus. Wir haben Springflut. Das theoretische Hochwasser erhebt sich dann $0{,}_{532}{}^{m} + 0{,}_{266}{}^{m} = 0{,}_{80}{}^{m}$ über dem Niedrigwasser. Der Mond bleibt aber bekanntlich täglich ca. $50\,^1/_2{}^{m}$ hinter der Sonne zurück (§ 92). Daher beginnen sich beide Kräfte mehr und mehr entgegen zu wirken. Die Achse des Flutellipsoids wird sich verkürzen, bis sie zur Zeit der Quadraturen, wo das Mondhochwasser direkt mit Sonnenniedrigwasser zusammenfällt, ihren kleinsten Wert erreicht. Dann findet taube Flut oder Nippflut statt, deren Höhe sich theoretisch zu $0{,}_{364} - 0{,}_{084} = 0{,}_{280}{}^{m}$ berechnet. Diesen Wechsel nennt man die halbmonatliche Ungleichheit der Höhe[71]). Es findet aber ebenso eine halbmonatliche Ungleichheit der Eintrittszeit von Hoch- und Niedrigwasser statt. Obwohl der Mond die Hauptursache der Gezeitenerscheinungen ist, so tritt doch nicht immer Hochwasser ein, wenn der Mond durch den Meridian geht. Dies ist nur viermal im Monat, zur Zeit der Syzygien und Quadraturen, der Fall. Denn dann fällt die Achse des Flutellipsoids mit der Zentrallinie zwischen Erd- und Mondschwerpunkt zusammen. In allen übrigen Zeiten liegt jene Achse in dem spitzen Winkel beider Zentrallinien. Durch eine schematische Figur (Fig. 50) kann man sich nun leicht überzeugen, warum in der Zeit bis zum Ersten Viertel der Wellenberg, der sich ja immer an den Interferenzpunkten der Kräftewirkungen befinden muss, früher als der Mond kulminieren, d. h. warum das Hochwasser vor dem Durchgang durch den Meridian eintreten muss. Nach dem Ersten Viertel befindet sich, wie die zweite Figur anzeigt, der fragliche Wellenberg hinter dem Monde im Sinne der scheinbaren Drehung des Himmelsgewölbes; also wird das Hochwasser erst nach der Mondkulmination eintreten, bis beide Erscheinungen bei Vollmond zeitlich wieder zusammenfallen.

Fig. 50.



Tägliche Ungleichheiten müssen dadurch entstehen, dass die Sonne nicht im Aequator stehen bleibt, sondern sich im Laufe des Jahres von ihm entfernt. Die Parallelkreise fallen daher nur zweimal im Jahr, zur Zeit der Aequinoktien, mit den Kreisen des wandernden Hoch- und Niedrigwassers zusammen. Die grösste Annäherung des Gezeitenellipsoids an den Erdmittelpunkt, die dann in den Polen stattfindet, rückt nun allmählich in niedrigere Breiten und erreicht zur Zeit der Solstitien den Polarkreis. Es werden dadurch nicht nur die aufeinanderfolgenden Hochwasser an Höhe verschieden sein, sondern auch die Zeit des Eintritts wird das Intervall zwischen zwei Hochwassern nicht mehr halbieren. Da die Deklination der Sonne regelmässig im Jahr zwischen $\pm\, 23\,^1/_2{}^{0}$ schwankt, so hat die Sonnenflut eine halbjährige Periode, deren Wirkung sich am stärksten am Pol zeigt. Dort ist zur Zeit der Aequinoktien der Meeresspiegel

[71]) Vergl. die anschauliche Darstellung bei Hann (s. Anm. 70).

dauernd auf dem tiefsten Stand; erst allmählich zeigt sich die Erscheinung von Ebbe und Flut, die am bemerkenswertesten sein wird, wenn die Sonne in den Wendekreisen steht. — Die geschilderten Verhältnisse kehren beim Monde im verstärkten Masse wieder. Seine Deklination schwankt zwischen $28^2/_3{}^0$ und $18^1/_8{}^0$ (im Mittel jedoch weit weniger), da seine Bahn mit der Ekliptik einen Winkel von etwa 5^0 8′ macht. Die Maxima und Minima der Deklination sind aber vermöge der raschen Drehung der Knotenlinie (S. 163) nicht für alle Monate gleich, sondern kehren erst im Laufe von $18{,}_6$ Jahren in gleicher Folge wieder.

Auch die wechselnde Entfernung von Sonne und Mond spielt eine Rolle. Die Sonnenflut muss im Winter, besonders zur Zeit des Perihels, grösser als im Sommer sein, weil die Erde in letzter Jahreszeit weiter von der Sonne absteht. Da die fluterzeugende Kraft der Gestirne mit dem Kubus der Entfernungen abnimmt, so sind diese sog. parallaktischen Ungleichheiten grösser als der einfache Unterschied der Entfernungen. Sie verhalten sich in den Extremen (S. 160), wie $(1{,}_{01675})^3 : (0{,}_{98325})^3 = 1{,}_{05} : 0{,}_{95}$. Beim Monde bringt die beträchtlichere Exzentrizität seiner Bahn noch grössere Unterschiede mit sich; die Fluthöhen werden sich zur Zeit des Apogäums zu der des Perigäums wie $(0{,}_{9451})^3 : (1{,}_{0549})^3 = 0{,}_{844} : 1{,}_{174}$ oder etwa wie $1 : 1{,}_4$ verhalten. Daher sind die Perigäumfluten fast halbmal höher als die des Apogäums.

Man sieht also, dass schon die Erkennung der theoretischen Ebbe und Flut zu einem höchst verwickelten Problem wird, zumal wenn man die Werte für beliebige Punkte der Erdoberfläche zwischen Aequator und Pol berechnen will[78]). Es muss die Wassererhebung durch eine Summe von periodischen Gliedern ausgedrückt werden, deren Perioden jenen regelmässig wechselnden Bewegungserscheinungen von Sonne und Mond zu entnehmen sind. Das hat Laplace zuerst in voller Allgemeinheit getan, wobei auch er noch immer von der Voraussetzung eines gleichförmig tiefen zusammenhängenden Ozeans ausging. Die Verteilung jedoch von Land und Wasser, die Hindernisse, welche sich durch die ungleiche Tiefe wie durch die Schranken vor allem der meridional verlaufenden Kontinentalküsten der gleichmässigen Fortsetzung der theoretischen Flutwellen um die Erde entgegenstellen, bedingen in Wahrheit so viele Abweichungen der Einzelerscheinungen, dass diese nur an wenigen Stellen der Erde den obigen theoretischen Betrachtungen entsprechen. Wir kommen auf die tatsächlichen Verhältnisse später zurück (§ 219).

---

[78]) Derartige Berechnungen sind durchgeführt in H. Lentz, Ebbe und Flut (s. o. Anm. 70), 196 ff.

Kapitel IV. Die geographische Karte.

Der Kartenentwurf.

§ 95. Literarischer Wegweiser. Die ausserordentliche Produktion auf dem Gebiete der Kartenentwurfslehre bietet heute einer befürwortenden Auswahl Schwierigkeit. Eine alle Seiten der Kartographie berücksichtigende Anleitung für Entwurf, Zeichnung und Reproduktion der Karte, sowie ihre Ausnutzung durch die Ausmessung gibt es heute noch nicht. An kürzeren elementaren Zusammenfassungen liegen u. a. vor: E. Gelcich, F. Sauter und P. Dinse, Kartenkunde, geschichtlich dargestellt; 4. Aufl. von M. Groll, Leipzig 1912, und die ausführlichere, aber den Stoff noch nicht ausreichend beherrschende Schrift von H. Zondervan, „Allg. Kartenkunde" (Leipzig 1901). Nach einem historischen Rückblick werden die Hauptpunkte der Topographie, Projektionslehre, Situations- und Terrainzeichnung, Kartenprojektion, Kartometrie und Kartenkritik berührt und Literatur angeführt. A. Bludau hat den Leitfaden der Kartenentwurfslehre von K. Zöppritz (1884, s. u.), der die eigentliche Kartographie nur kurz berührte, zu einem zweibändigen Werk erweitert, indem jetzt auch die Kartometrie eingehend behandelt wird (1. Teil: Projektionslehre, Leipzig 1899, 3. Aufl. 1912; 2. Teil: Kartographie und Kartometrie 1908). E. A. Reeves gibt in seinem Werkchen „Maps and Map Making", London 1910, eine kurze Uebersicht über die für Ortsbestimmungen aller Art notwendigen Instrumente, die Methoden der Aufnahmen, Konstruktion und Zeichnung von Karten. „Die Kartographie nach Einführung der Terraindarstellung in Karten und Plänen" von V. Wessely (3 Teile, Bremerhaven 1907—9) enthält manches Brauchbare unter einer Fülle von Exkursen in die reine mathematische Geographie. Wertlos sind die meisten Bemerkungen aus der Geschichte der Kartographie und die Beispiele aus längst überwundenen Masssystemen. Der 2. und 3. Teil beschäftigt sich ausschliesslich mit der Bergzeichnung in Karten und Plänen. Eine Reihe praktischer Winke finden sich in M. Eckert's und O. Krümmel's für kartographische Uebungen bestimmtem Werk „Das geographische Praktikum", Leipzig 1908. Von grossem Werte für die Kartographie sind seit lange die Mitteilungen d. k. k. Militärgeogr. Instituts in Wien (seit 1881), nicht minder die Jahresberichte über die Fortschritte der Kartographie von E. Hammer und H. Haack im Geogr. Jahrbuch (Gotha), die letzthin auch die Technik der Kartenproduktion berücksichtigen, endlich die leider rasch wieder aufgegebenen Kartographischen Monatsberichte in Petermanns Mitteilungen (1908—11).

Weitaus die Mehrzahl der übrigen Werke beschränkt sich auf die Kartenprojektionslehre, d. h. Theorie und Praxis des für die Herstellung einer Abbildung von Erdoberflächenteilen notwendigen Systems von Hülfslinien. Man kann auf diesem für den Geographen so wichtigen Felde vier Stufen der Erkenntnis unterscheiden, und für alle diese liegen jetzt zahlreiche brauchbare Werke vor.

1. Der Mehrzahl der Geographen genügt es, die wesentlichen Eigenschaften der gebräuchlichern Projektionen kennen zu lernen. Dies kann ohne grossen mathematischen Apparat in der Form der Beschreibung und der vergleichenden Zusammenstellung der Haupttypen von Netzentwürfen geschehen.

Solche lieferten u. a. Coordes (Kl. Lehrb. d. Landkartenproj. mit guten Abbildungen. Kassel, 2. Aufl. 1891), und Umlauft (Kl. Schlüssel z. Verständnis der Landkarten, Wien 1889). Auch Wesselys Behandlung der Projektionen in seiner Kartographie Bd. 2 (s. o.) geht über diesen ganz elementaren Standpunkt nicht hinaus. Hierher gehört auch Taf. IV von Sydow-Wagners Atlas, welche in diesem Kapitel erst einen Kommentar erhält. — Wer sich nach einer elementaren Anleitung zur Konstruktion der Netze umsieht, wird in A. Steinhausers Grundzügen d. math. Geogr. und Landkartenprojektion, Wien 1857, 3. Aufl. 1887, treffliche Winke für rein geometrische Konstruktion (ohne alle mathematischen Formeln) finden. K. Kretschmer's „Anleitung zum Kartenzeichnen" (Berlin 1911, 72 S.) beschränkt sich auf die in Schulatlanten meist verwendeten Entwürfe. Auch Gelcich-Sauters kleine „Kartenkunde" (s. o.) geht bei einigen Entwürfen auf die Konstruktion ein.

2. In die mathematischen Grundlagen der Kartenprojektionslehre einzuführen bemühen sich einige Werke, die im übrigen in der Behandlung des Stoffes abweichende Wege gehen und etwas höhere Ansprüche an die mathematische Vorbildung ihrer Leser stellen. Am elementarsten und äusserst originell, aber nicht von Einseitigkeiten frei, geht A. Breusing (Das Verebnen der Kugeloberfläche, Leipzig 1892) vor, dessen Schrift von pädagogischem Takt zeugt und Anfängern wie Fachmännern manche Anregung bieten kann. Als Nautiker beschränkt sich Breusing allerdings fast ganz auf Abbildungen der ganzen Kugeloberfläche oder von Halbkugeln und verweilt besonders bei der Mercatorprojektion; gute Abbildungen. K. Zöppritz hatte in seinem trefflichen Leitfaden der Kartenentwurfslehre (Leipzig 1884) Studierende der Geographie im Auge. Er ist klar und exakt im Ausdruck und gibt Anleitung zur Konstruktion der meisten Netze auf rechnerischem Wege. Das Buch ist 1899 und 1912 von A. Bludau in stark erweiterten Auflagen herausgegeben (s. o.). Auf gleichem Standpunkt etwa steht A. Vitals Kartenentwurfslehre (Wien 1903), im ganzen noch eine etwas elementarere Form wählend. Vom rein mathematischen Standpunkt behandelt Joh. Frischauf die Fragen in seiner knapp und klar gefassten „Abbildungslehre und deren Anwendung auf Kartographie und Geodäsie", Leipz. 1906 (32 S.). Eine gute Uebersicht aller wichtigen (44) bisher angewandten Projektionen mit einigen Winken ihrer Anwendung geben R. Bourgeois und Ph. Furtwängler in ihrem Beitrag: „Kartographie" in der Encyklopädie d. mathem. Wissenschaften, Bd. VI, 1, A, Heft 3, Leipz. 1909.

3. Grössere Handbücher, meist auf die höhere Analysis gegründet und mehr die Theorie ins Auge fassend, lieferten u. a. A. Germain (Traité des projections des cartes géographiques, Paris 1866), auf dessen Werk sich wesentlich H. Gretschel, Lehrbuch d. Kartenprojektion (Weimar 1873), stützt, dabei manches einfacher entwickelnd. Sehr umfassend ist M. Fiorini, Le projezioni delle carte geografiche, Bologna 1881, mit Atlas, ein ausgezeichnetes Werk, sowie Norb. Herz, Die Landkartenprojektionen, Wien 1884. Die drei ersten Werke sind mit grössern Abbildungen der entwickelten Gradnetze versehen. Anschaulicher wirkt auf die Beurteilung der entstehenden Flächen- und Winkelverzerrungen, wenn Landumrisse in die Netze gezeichnet werden, wie dies bei Breusing (s. o.) durch E. Debes geschehen; ungleich zahlreicher sind die Abbildungen in G. Wenz, Atlas zur Kartenprojektionslehre (München 1885), dessen beigegebene Tabellen und Formeln aber nicht frei von Irrtümern sind.

4. Durch A. Tissots Mémoire sur la représentation des surfaces et les projections des cartes géographiques, Paris 1881, in deutscher Umarbeitung v. E. Hammer herausgegeben: „Die Netzentwürfe geogr. Karten nebst Aufgaben über Abbildung beliebiger Flächen aufeinander", Stuttgart 1887, ist die Kartenprojektionslehre in ein neues Stadium getreten (s. S. 201). Tissot hat Methoden

angegeben, um die Entwürfe auf ihre eigentümlichen Verzerrungsfehler zu prüfen. Schon Zöppritz (s. o.) führt in diese Verhältnisse ein; mehr noch berücksichtigen Herz und Frischauf (s. o.) dieselben. Ganz besonders ist E. Hammers Schrift, Die geographisch wichtigsten Kartenprojektionen, insb. die zenitalen, Stuttg. 1888, hierfür belehrend. Es ist mehr ein kritischer Gang durch das Gebiet der Projektionslehre und setzt daher die Bekanntschaft mit dem Inhalt derselben schon voraus. Die Schrift sucht daneben durch viele Hülfstabellen den Entwurf azimutaler Projektionen zu befördern, entbehrt aber erläuternder Figuren fast ganz. Auf diesem Wege die einzelnen Projektionsarten nach ihren Verzerrungsverhältnissen zu beurteilen, folgte ihm A. Bludau in seiner Bearbeitung des Zöppritzschen Leitfadens (s. o.).

Es konnte nicht ausbleiben, dass alle diese Studien sich der Geschichte der Kartographie und besonders der Netzentwürfe wieder mehr zuwandten. Nachdem d'Avezac (Coup d'oeil historique sur la projection des cartes de géographie, (Bull. de la Soc. de géogr., Paris 1863, V.) den Anfang gemacht[1]), auf dem die historischen Notizen bei Germain und Gretschel fussen, haben Fiorini, Breusing, Nordenskiöld (Facsimile-Atlas 1889, Periplus 1897, vergl. S. 3) u. a. wichtige Beiträge geliefert[2]); aber doch sind grosse Hauptfragen auf diesem Gebiet noch streitig. Eine Zusammenfassung der Haupterrungenschaften versuchte M. Eckert: „Die Kartenprojektion", Geogr. Zeitschr. XVI, 1910. Ueber diese Arbeiten und die gesamten Fortschritte der Kartenentwurfslehre haben S. Günther (1882—90), E. Hammer (1894—1901), H. Haack (seit 1903) im Geogr. Jahrbuch berichtet. Die letztern haben ihre erschöpfenden Berichte in kritischer Form auf Kartographie und Kartometrie ausgedehnt.

In der Herstellung eines möglichst getreuen Abbildes der Erdoberfläche und ihrer Teile gipfelt die gesamte mathematische Geographie. Was in der Natur erkundet, beobachtet und vermessen ist, soll leicht überschaulich in verkleinertem Massstabe verzeichnet werden. Das Resultat der Arbeit ist die geographische Karte, eine aus Punkten, Linien, Zeichen eigener Art deshalb so mühsam herzustellende Zeichnung, weil nichts auf einen willkürlich gewählten Platz gestellt, nichts nach schematischem Vorbild gezeichnet werden darf, sondern jeder Punkt und Strich nach Lage, Richtung und Entfernung zu allen andern in feste Beziehung gebracht werden muss. Um dies zu ermöglichen, bedarf es auf jeder Stufe der Kartographie gewisser Hülfslinien. Die Kartenentwurfslehre hat es ausschliesslich mit der Verzeichnung dieser Hülfslinien zu tun, die dem Laien bei der fertigen Karte ein unnützer Ballast zu sein scheinen. Und doch bilden sie den eigentlichen Schlüssel zur verständnisvollen Betrachtung der Karte, deren gesamter Lagenplan je nach dem Verlauf der Hülfslinien in ganz andere Formen rücken kann. Diese Hülfslinien dürfen also nicht beliebigen geometrischen Figuren entnommen werden,

---

[1]) Die Introduction zum „Essai de l'histoire de l'école cartographique Belge et Anversoise au XVI^e siècle" von H. E. Wauwermanns (Bull. Soc. R. de géogr. d'Anvers XVII, 1893, auch separat 2 Vols, Bruxelles 1895) ist wesentlich nur Ausführung der Arbeit d'Avezacs und kann, auch besonders der Figuren wegen, als trefflicher Kommentar derselben gelten, bewegt sich aber fast ganz in den alten Irrtümern d'Avezacs. — [2]) Eine erste Orientierung bietet auch der „Leitfaden z. Gesch. d. Kartographie" in tabellarischer Form v. W. Wolkenhauer, Breslau 1895, mit Nachträgen in den D. Geogr. Blättern 1909, 1910—12, sowie der „Historische Ueberblick" in Zondervans Allg. Kartenkunde (s. o.).

wie eine moderne Verirrung des Kartenzeichnens in der Schule verlangte[3]), sondern sie müssen auf allen Stufen von vornherein geographische Bedeutung haben.

Solcher Systeme geographischer Hülfslinien haben wir zwei Arten kennen gelernt, die geraden Richtungslinien der Kompassrose und die krummen Gradnetzlinien der Erdkugel. Mit der Abbildung dieser Linien allein beschäftigt sich die Kartenprojektionslehre, nachdem man den Begriff der „Projektion" allmählich erweitert hat und sie auch auf Konstruktionen ausdehnt, die nicht von optischen Grundsätzen ausgehen[4]). Als Zweig der praktischen Geometrie ist die Kartenentwurfslehre besonders von Mathematikern und Astronomen in Pflege genommen. Um dem Anfänger das Verständnis zu erleichtern, wollen wir auch hier den Weg der historischen Entwickelung beschreiten und die Hauptkategorien der Kartenprojektionen in grossen Zügen an der Hand der allmählichen Ausbildung verfolgen.

§ 96. Die Geschichte des Kartenentwurfs zerfällt in vier Zeiträume, in deren jüngsten wir erst seit kurzem getreten sind. Es ist den andern eigentümlich, dass einer kürzeren Periode emsigen Schaffens von neuen Entwürfen eine längere Zeit ihrer Ausnutzung und Anwendung in der Kartographie folgt. Altertum und gesamtes Mittelalter müssen zu einer Periode zusammengefasst werden. Die zweite reicht vom Ende des 15. bis ins 18. Jahrhundert. Es ist eine zu wenig beachtete Tatsache, dass die Entwickelung der Kartenprojektionen während beider Epochen in erster Linie durch die Erweiterung des geographischen Horizonts bedingt ist. Die Fortschritte der Vermessungen und der mathematischen Wissenschaft sind erst für die dritte Periode, welche etwa die letzten 150 Jahre umfasst, und für die neueste Zeit massgebend.

1. Das Mittelmeerbecken, in dem sich die praktische Geographie, wie vor allem die Nautik, im Altertum und Mittelalter bewegte, ist klein im Verhältnis zur Erdoberfläche. Die Karte, die allen Ansprüchen der Praxis genügte, ist in dieser Periode nur das Bild der erweiterten Horizontebene, eine Horizontalprojektion im engsten Sinn, in der Form einer Plankarte mit gleichmässig verteilten Richtungslinien vom Kartenmittelpunkt aus. Die Unsicherheit der geodätischen Abschätzungen der Richtungen und Entfernungen ist trotz Einführung des Kompasses noch im Mittelalter zu gross, als dass es sich verlohnt hätte, auf jenen Karten der Erdrundung innerhalb eines so kleinen Gebiets schon Rechnung zu tragen. Die wissenschaftliche Geographie hat freilich im Altertum schon die Grundlagen zur Gradnetzkarte gelegt, da für sie theoretisch die astronomische Ortsbestimmung die Grundlage bildete und diese, wenn auch nur mit wenigen sichern Werten, schon weiter über die

[3]) Vergl. H. Wagner, Ueber die zeichnende Methode beim geogr. Unterricht. Verh. d. I. D. Geogr.-Tages, Berlin 1881, bes. S. 118; R. Lehmann, Das Kartenzeichnen, Halle 1891, 113 ff. — [4]) Besonders die Franzosen haben oft den Begriff der „projections" auf die aus der Perspektive abgeleiteten Entwürfe beschränken wollen.

Mittelmeerzone hinausgriff. Aber an den Gürtel mittlerer Breite, von dem jene ein Stück ist, blieb auch der Gesichtskreis eines Marinus und Ptolemaeus, welche im 2. Jahrh. n. Chr. die ersten Gradnetzentwürfe ersannen, gebunden. Auch für sie war die Mittelmeerachse (36° Br.) feste Orientierungslinie.

Eine schmale Kugelzone lässt sich ohne beträchtlichen Fehler als eine abwickelbare Fläche betrachten, die man zu einem ebenen Streifen aufrollen kann. Walzen- und Kegel-Mantel bieten sich dabei als vermittelnde Flächen dar. In der Tat gehen denn auch die wichtigen Klassen der Zylinder- und Kegelprojektionen in ihren Grundlagen auf die oben genannten Geographen zurück, wenn auch Ptolemaeus mehr von optischen Gesichtspunkten bei seinen Entwürfen geleitet ward. Und schon hier spricht sich das Gesetz aus, das sich durch die gesamte Entwickelung hinzieht: die neuen Vorschläge knüpfen immer an den Bedenken an, welche die räumliche Ausdehnung der jeweilig üblichen Entwürfe auf grössere Erdflächen erregt. Die Kegelprojektionen des Ptolemaeus, welche auf die Konvergenz der Meridiane nach den Polen zu Rücksicht nehmen und sich der Kugel daher mehr anschmiegen, sind nicht bestimmt, die rechteckigen Plattkarten des Marinus überhaupt zu ersetzen, sondern finden nur bei der Weltkarte des Altertums Anwendung. Die Plattkarten behalten ihre Bedeutung für die Spezialkarten der einzelnen Länder bei Ptolemaeus unverändert bei.

2. Was in der zweiten Periode der Entwickelung von Kartenentwürfen ersonnen ist, stammt fast alles aus dem 16. Jahrh. und ist zum grössten Teil deutschen Ursprungs. Eingeleitet am Anfang desselben durch die mathematische Schule zu Wien und Nürnberg (Joh. Stab und Joh. Werner 1514), findet jenes Zeitalter seinen Höhepunkt in Gerhard Mercator († 1594). Nach vier Richtungen lassen sich wichtige Fortschritte verzeichnen. Kaum hatten die grossen Entdeckungen den geographischen Gesichtskreis über mehr als die Hälfte der Erde erweitert, als sich die Kartographie gezwungen sah, die Schranken der überlieferten Kartenentwürfe zu erweitern. Einerseits gewinnen immer niedrigere Breiten Bedeutung. Schliesslich wird der Aequator für die Weltkarten orientierende Hauptlinie. Man ersinnt Entwürfe, auf denen die Landmassen sich symmetrisch zum Aequator gruppieren, und entwirft zum ersten Male Aequatorialprojektionen. Die Zylinderprojektionen und ihre Abarten erhalten ihre für Jahrhunderte massgebende Gestalt (Quadratische Plattkarte, Apians Entwurf 1522), ja die wichtige Erfindung einer winkeltreuen Zylinderprojektion durch Mercator (1569) ist eine solche für alle Zeiten geworden. — Auf der andern Seite macht sich geltend, dass der Sitz wissenschaftlicher Geographie seit den Zeiten des Ptolemaeus nach Mitteleuropa, also um fast 15° nördlicher gerückt ist, wo die Maschen des Gradnetzes ungleich schmaler sind als in der Zone des Mittelmeeres. Das Wiederaufleben des Ptolemaeus regt zwar zur Weiterbildung seiner Projektionen an, auf denen er die Parallelkreise durch konzentrische Kreisbogen dargestellt hatte, aber

es fehlte jetzt an der festen Hauptlinie des Systems, welche Altertum und Mittelalter in der Längsachse des Mittelmeeres (36° Br.) erkannt hatten. Daher verlegte das 16. Jahrh. den Projektionspol für Karten grösserer Gebiete und höherer Breiten, wie Asien und Europa, direkt in den Nordpol der Erde. Man erkannte also noch nicht die Kegelprojektionen als solche, die sich jeder Breitenzone anschmiegen lassen (§ 103), sondern stellte das Land als Stück der polaren Kugelkappe dar. Den Aequatorialprojektionen mit geradlinigen Breitenparallelen treten also die polständigen Projektionen mit stark gekrümmten Kreisbogen als Breitenparallelen an die Seite. — Als dritte Errungenschaft des 16. Jahrh. müssen die Versuche gelten, die Meridiane durch Kurven darzustellen, welche die Breitenparallelen im richtigen Verhältnis der abnehmenden Parallelgrade schneiden, also die Parallelen längentreu zu zeichnen (§ 97 Stab-Werner 1514 und Mercator 1554) und damit die ersten flächentreuen Karten zu entwerfen. — Endlich gelangten die perspektivischen Projektionen, vor allem die stereographische, zur Ausbildung. Die Prinzipien derselben stammen zwar auch bereits aus dem Altertum (Hipparch), aber sie fanden damals auf geographische Karten deshalb keine Anwendung, weil zur Darstellung einer vollen Erdhalbkugel keine Veranlassung vorlag. Seit 1540 Gemma Frisius die Hemisphären in stereographischer Aequatorialprojektion (S. 235) dargestellt hat, ist dieser Entwurf bis vor einigen Jahrzehnten fast ausschliesslich in den Atlanten für die Planiglobenkarten zur Anwendung gekommen.

3. Für zwei Jahrhunderte genügten die Erfindungen des 16. Jahrhunderts. Von neuem regte sich das Bedürfnis, die Kartenentwurfslehre zu erweitern, erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts; es ward veranlasst durch die Fortschritte der Ortsbestimmungen und Vermessungen, kurz der gesamten Geodäsie. Der Schwerpunkt des Interesses liegt in dieser Zeit wieder in den Mittelbreiten mit wechselndem Kartenmittelpunkt (Horizont). Neben der Ausbildung der stereographischen Horizontalprojektion durch die Deutschen (Hase, Tobias Mayer d. ältern, Kästner) gelangen die Kegelprojektionen und ihre Abarten in ihrer Fähigkeit, sich beliebigen Breiten anzuschmiegen, besonders durch die Franzosen (Delisle, Bonne) zur Ausbildung und Einführung in die Atlanten. Auch dringen feinere Methoden der Abbildung in die Kartographie grössten Massstabes. Ja man beginnt bereits, der sphäroidischen Gestalt der Erde beim Kartenentwurf Rechnung zu tragen (bes. Bonne). Aber das Zeitalter zeichnet sich überhaupt dadurch aus, dass man die einzelnen Projektionen nach ihren charakteristischen Eigenschaften durchprüft und die allgemeinen Grundbedingungen einer richtigen Karte, eine zweckmässige Namengebung festzustellen sucht (Joh. Heinr. Lambert 1772)[6]. Die Be-

[6]) „Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten" in J. H Lamberts Beyträgen z. Gebrauche der Mathematik. III. Berlin 1772, 105—199. Neu herausgegeben von A. Wangerin (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 54, Leipzig 1894).

deutung der Flächentreue einer Landkarte (s. u.) tritt gegenüber der Wiedergabe der Aehnlichkeit geographischer Figuren mehr in den Vordergrund. Denn jetzt erst fangen die Karten an, für Ausmessungen von Flächen einen bessern Anhalt zu bieten. Damit war denn der Grundstock von Kartenentwürfen, welche unsere Atlanten bis in unsere Tage beherrschten, so ziemlich abgeschlossen. Die theoretischen Arbeiten der grossen Geodäten am Anfang des 19. Jahrhunderts (Puissant, Gauss etc.) schliessen sich der gleichen Periode an, sie sind aber der Kartographie im allgemeinen so wenig wie die Entdeckungen Lamberts sofort zu gute gekommen.

4. Erst seit kurzem sind wir in eine neue Periode getreten, indem man wieder auf Ersatz mancher bisher allgemein benutzter Projektionen dringt, weil sie, auf einen zu grossen Erdraum ausgedehnt, das Kartenbild mehr als andere, zum Teil schon ältere (Lambert Mollweide), aber noch nicht zur allgemeinen Einführung gelangte, verzerren. Die theoretische Untersuchung der Fehlergrenzen einer Kartenprojektion in bezug auf Winkel-, Längen- und Flächenverzerrungen hat diese Periode eingeleitet (Tissot 1878—81, § 97). Wenngleich aus diesen Errungenschaften manches in die Praxis der Kartographie aufgenommen werden kann und muss, so sind die Theoretiker mit einzelnen Anforderungen an einer Grenze angelangt, welche einerseits mit den mangelhaften topographischen Kenntnissen fremder Gebiete vielfach in grellem Widerspruch steht, andererseits von der heutigen Technik des Kartenzeichnens nicht überschritten werden kann, so lange sie mit den unvermeidlichen und unberechenbaren Fehlern, die das je nach seinem Feuchtigkeitsgehalt mehr oder weniger einschrumpfende Papier hervorruft, zu rechnen hat.

§ 97. Die Grundbedingungen des Kartenentwurfs. Da die Erde eine Kugel ist, so ist die einzige Art, in der man ein richtiges Bild ihrer Oberfläche wiederzugeben vermag, die Aufzeichnung auf eine Kugel, den Globus. Die Treue des Abbildes lässt sich in einige Hauptbedingungen zusammenfassen, die oben schon mehrfach erwähnt sind: die Längen-, Winkel- und Flächentreue[7]). Sie werden sämtlich bei dem Globus, falls man das Netz der Hülfslinien unmittelbar auf ihn aufträgt, gewahrt. Denn erstens behalten die Meridiane und Breitenparallelen selbst nebst ihren Abschnitten, den Breiten- und Längengraden, ihre nach einheitlichem Mass verkleinerten Längen wie auf der Erde bei. Sodann liegen alle Punkte, welche auf der Erde gleichweit von einem beliebigen Zentrum A gelegen sind, auch auf dem Globus rings um den abgebildeten Punkt auf einem Kreis, dessen sphärischer Radius der reduzierten Entfernung auf der Erde entspricht. Und nicht nur diese kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten oder die Stücke von grössten Kugelkreisen, sondern jede beliebige Kurve wird auf dem Globus längentreu abgebildet werden. Auf einem solchen schneiden sich auch alle Parallelkreise und Meridiane recht-

[7]) Die Mehrzahl der deutschen Ausdrücke innerhalb der Kartenentwurfslehre rührt von A. Breusing († 1892) her.

winkelig; und unter welchem Winkel sonst sich zwei Grosskreise auf der Erde schneiden mögen, sie werden auf dem Globus denselben Winkel bilden. Jede Figur auf dem letztern, ob gross oder klein, wird demnach der entsprechenden auf der Erde vollkommen ähnlich sein. Die Abbildung ist winkeltreu oder konform[8]). Da aber zugleich die Seiten eines jeden solchen begrenzten Erdstücks, wie oben gezeigt, im gleichen Masse wie der Gesamtglobus verkleinert werden, so muss die Abbildung auf der Kugel dem Original auch flächentreu oder aequivalent sein.

Hiernach würde ein Globus für das Studium der Lagenverhältnisse das denkbar beste Hülfsmittel sein, wenn nicht das auf ihm darzustellende Bild aus einzelnen Globusstreifen zusammengesetzt werden müsste, deren Entwurf allen Schwierigkeiten der Kartenprojektion in der Ebene unterworfen ist. Dennoch ist nichts so lehrreich für die Auffassung eines Kartenentwurfs, als ihn mit dem Abbild auf dem Globus zu vergleichen.

Jene drei Grundbedingungen eines richtigen Abbildes lassen sich nun selbstverständlich bei einem Entwurf auf eine Ebene niemals vereinigen, ja die Längentreue absolut und allgemein überhaupt niemals erreichen. Aber es lassen sich Konstruktionen angeben, welche die eine der beiden andern Grundbedingungen, die Winkeltreue oder die Flächentreue, streng erfüllen, eine andere aber wenigstens in beschränkter Weise oder nach gewissen Richtungen hin. Hierbei spielt die Bedingung, dass alle Grosskreise, die sich auf der Kugel im Kartenmittelpunkt schneiden, auf der Karte durch ein Büschel geradliniger Strahlen unter gleichem Schnittwinkel abgebildet werden, eine besondere Rolle. Man nennt die Entwürfe, welche diese Bedingung erfüllen, azimutale[9]) oder strahlige, weil jeder Punkt der Karte gegen den Mittelmeridian dasselbe Azimut (§ 28) wie auf der Kugel hat. Alle Polarkarten mit den geradlinigen Meridianen können den Begriff des azimutalen Entwurfs veranschaulichen.

Das Verzerrungsgesetz. Der Weg der folgenden Betrachtungen führt uns durch rohe Annäherungen mit starken Winkel-, Längen- und Flächenverzerrungen allmählich zu Abbildungen, bei denen dieselben geringer werden. Man hat Methoden ersonnen, die Maximalwerte, welche Winkel-, Längen- und Flächenveränderung in bestimmten Abständen vom Kartenmittelpunkt annehmen, für jede einzelne Projektion zu berechnen[10]).

Das Wesen dieser Methoden besteht darin, dass man sich um die zu untersuchenden Punkte der Erdkugel einen Kreis von minimaler Ausdehnung gelegt denkt. Der Radius sei = 1. Im allgemeinen wird sich dieser kleine Kugelkreis

---

[8]) Der Ausdruck „konform" ist zuerst 1834 von C. Fr. Gauss gebraucht. — [9]) Der Name „azimutal", v. d. Franzosen Coatpont zuerst vorgeschlagen (Bull. Soc. de géogr. de Paris 1877, Févr., p. 159), ist dann in Deutschland wesentlich durch E. Hammer (1889) eingebürgert worden. — [10]) Dies ist für zahlreiche Projektionen von Tissot (§ 95) geschehen. Es ist die Frage, ob obige Entwickelung ohne breitere Ausführung für den Anfänger verständlich ist. Eine klare Darlegung der Prinzipien nach Tissot gibt Zöppritz im Leitfaden d. Kartenentwurfslehre 1884, 102—111; 2. Aufl. v. Bludau 1899, 17—23; 3. Aufl. 1912, 22—27; ferner J. Frischauf in seiner Abbildungslehre (s. o.) 1906.

auf der Projektion als kleine Ellipse abbilden, deren Achsen a und b heissen mögen. Sie wird die Indicatrix[11]) oder Verzerrungsellipse genannt. Man untersucht nun für einen beliebigen Punkt M des Kreises seine Lage M' auf der kleinen Bildellipse, die von dem Verhältnis der beiden Halbachsen $b : a$ abhängen muss. Ist $a = b = 1$, so tritt überhaupt keine Verschiebung ein; der Kreis wird als Kreis abgebildet. Das Maximum der Verschiebung wird dagegen erreicht, wenn a oder $b = 0$ wird, also die Bildellipse sich in eine gerade Linie verwandelt. Legt man Kreis und Indicatrix mit den Hauptrichtungsachsen auf einander, und seien u und u' die Winkel, welchen die Strahlen, die in beiden vom Mittelpunkt nach den Punkten M und M' gezogen werden, mit der der Achse a entsprechenden Hauptrichtung einschliessen, so tritt keine Winkelverzerrung ein, wenn $u = u'$ ist, denn dann ist $u - u' = 0$. Das Maximum derselben aber wird erfolgen, wenn $u + u' = 90^0$ ist. Man pflegt dies Maximum 2ω zu nennen und findet

$$\sin \omega = \frac{a - b}{a + b}.$$

Für flächentreue Projektionen muss der Kreis $S = r^2 \pi$ gleich dem Flächeninhalt der Bildellipse $= a \,.\, b \,.\, \pi$ sein, d. h. wenn $S = a\, b = 1$, tritt keine Flächenverzerrung ein. Für diesen Fall ist, da $b = 1 : a$,

$$\sin \omega = \frac{a^2 - 1}{a^2 + 1} \text{ und}$$

$$a = tg \left(45^0 + \frac{\omega}{2}\right)$$

$$b = ctg \left(45^0 + \frac{\omega}{2}\right)$$

d. h. die Längenverzerrung lässt sich aus der Winkelverzerrung unmittelbar berechnen, die erstere wechselt und nimmt ab mit der letztern[11a]).

Es ist leicht verständlich, dass diese Verzerrungen um so geringer sein werden, je kleiner das Gebiet ist, das auf der Karte zur Darstellung kommt. Dies ist eben der Grund, warum, wie oben geschildert (S. 199), sich die einfachen Entwürfe, nachdem sie längst für grössere Erdräume ausser Gebrauch gesetzt sind, in den nächst niedrigern Grösseklassen der Karten noch lange erhalten haben. Dagegen machen sich die absoluten Werte der Längen- und Flächenfehler um so mehr geltend, in je grösserm Massstab ein und dasselbe Gebiet auf der Karte abgebildet ist. Und umgekehrt, die theoretische Verunstaltung von Längen und Flächen verschwindet mehr und mehr bei Verkleinerung des Massstabes oder tritt hier, gegenüber andern Fehlerquellen der Karten stärker zurück. Bei der Mehrzahl der Projektionen sind die Fehler rings um den Mittelpunkt der Karte im allgemeinen gering.

§ 98. Der Kartenmassstab[12]). Jede Karte stellt einen Teil der Erdoberfläche in verkleinertem Massstab dar, und wer eine solche entwerfen will, muss sich von vornherein für die Wahl eines bestimmten Massstabes entscheiden. Es ist ein seltsamer Widerspruch, dass, während diese Frage als erste an jeden Urheber einer Karte

---

[11]) Häntzschel, Das Erdsphäroid, 1903, 80 wendet sich gegen diesen von Hammer eingeführten Ausdruck (Tissot habe nur von *„une sorte d'indicatrice"* gesprochen) und will ihn durch „Verzerrungsellipse" ersetzt sehen. — [11a]) Vergl. Tissot-Hammer, 1887, 9—12. — [12]) Vergl. H. Wagner, Der Kartenmassstab, Historisch-kritische Betrachtungen; Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin 1912.

herantritt, der Massstab der Karte als eins der wichtigsten und unentbehrlichsten Kennzeichen noch immer bei Beschreibungen von Karten, in Kartenkatalogen etc. so wenig Beachtung findet, zumal eine einfache Bezeichnung desselben heute selten auf den Karten fehlt.

Der Meilenmassstab. Auch der Kartenmassstab hat seine Geschichte. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts sprach man überhaupt nicht von einem „Kartenmassstab", wiewohl seit alten Zeiten die meisten Karten ein Element in sich bargen, aus dem man denselben leicht hätte ableiten können, nämlich den sog. Meilenmassstab. Dieser gibt an, in welchem Masse das heimische Wegemass — bei sehr grossen Karten in der Einheit, bei kleinern in der Vielheit — auf der Karte verkleinert ist, d. h. durch Teile des bürgerlichen Längenmasses (Zoll, Centimeter, Millimeter) ausgedrückt ist. Ein solcher graphischer Meilenmassstab findet sich daher seit alten Zeiten auf allen Karten, welche zur Abmessung von Entfernungen besonders bestimmt waren, wie z. B. auf den Portulankarten des Mittelalters (vergl. § 100) oder den Länderkarten des 16. Jahrhunderts, wie ihn diese auch heute noch durchweg tragen. Dagegen fehlte der Meilenmassstab früher auf Erdteilkarten und erst recht auf Karten der Halbkugeln oder der ganzen Erde. Der Grund hierfür ist leicht ersichtlich (S. 206). Im Meilenmassstab wird eine Strecke von Einheiten des Wegemasses (Meilen, Werst, Kilometer) längentreu abgebildet. Man kann also auf einer Karte mit ihm strenggenommen nur diejenigen Linien und Strecken abmessen, die längentreu dargestellt sind; demnach galt der Meilenmassstab kurzweg als Sinnbild des Kartenmassstabes.

So sprechen die Engländer noch heute von einer „One inch map", „Six inch map", d. h. one inch to a mile, six inches to a mile, oder eine englische Meile ist in der Karte durch 1 bezw. 6 Zoll dargestellt. Bei kleinern Kartenmassstäben wird umgekehrt die Zahl der Streckeneinheiten angegeben, welche der zeichnerischen Linieneinheit entsprechen. Der Engländer bezeichnet z. B. einen Kartenmassstab mit: 10 miles to one inch. Die Russen sprechen von Fünf-, Zehn-, Hundert-Werstkarten, bei welchem je 5, 10, 100 Werst durch 1 Zoll dargestellt sind. Auf deutschen Karten findet sich nicht selten die Bezeichnung: 1000^{km} in der Natur $= 25^{mm}$ auf der Karte u. a.

Der natürliche Kartenmassstab. Erst seit Anfang des 19. Jahrhunderts geht man langsam und zunächst nur in vereinzelten Fällen, seit der Mitte desselben aber häufiger zu dem sog. natürlichen Kartenmassstab über und dringt in der Wissenschaft neuerdings auf allgemeine Einführung desselben[13]). Man versteht darunter das einfache Zahlenverhältnis, in dem die Einheit des (zeichnerischen) Längenmasses auf der Karte zur Zahl der in gleichen Längeneinheiten ausgedrückten Länge einer Strecke in der Natur steht:

$$\frac{\text{Bild}}{\text{Natur}} = \frac{1}{M},$$

wobei man den Quotienten M den Modul des Kartenmassstabes nennt.

[13]) Vergl. hierüber die längern Verhandlungen des VII. internat. Geographen-Kongresses zu Berlin 1899, Bd. I (Berlin 1901), 98—110. Die dortigen Bestrebungen haben bereits grossen Erfolg erzielt.

Da 1 statute mile in England 5280 Fuss zu 12 Zoll oder 63360 Zoll enthält, so entspricht die

One inch map (m = 1') dem natürlichen Massstab 1 : 63360,

und, da 1 russ. Werst 500 Sasschehn zu 7 Fuss zu 12 Zoll oder 42000 Zoll enthält, so entspricht die

Zehn-Werstkarte dem natürlichen Massstab 1 : 420000
Vierzig-Werstkarte „ „ „ 1 : 1680000

Man sieht, dass bei allen diesen aus dem Meilenmassstab entsprungenen natürlichen Kartenmassstäben wenig abgerundete Moduli oder Verjüngungsziffern (M) heraussspringen, da die verglichenen Längen- und Streckeneinheiten in keinem einfachen Verhältnis stehen. Dies ist dagegen beim metrischen Masssystem der Fall. Da 1 Kilometer $1000 \times 1000 = 1$ Million Millimeter enthält, so bedarf es nur der Abmessung einer beliebigen Zahl von Kilometern auf dem graphischen Kilometermassstab, um den natürlichen Massstab sofort durch einfache Teilung zu finden.

Wenn auf der Karte $20^{mm} = 100^{km}$ in der Natur, so ist der natürliche Massstab

$$1 : M = 20^{mm} : 100 \times 1000000^{mm} = 1 : \frac{100000000}{20} = 1 : 5000000$$

Aus diesen Betrachtungen geht unzweideutig hervor, dass der natürliche Kartenmassstab $1 : M$ sich stets auf die Länge, niemals auf die Fläche bezieht.

Liegt eine Karte im Massstab 1 : 5000000 vor, so bedarf man, weil die Inhalte ähnlicher Figuren sich wie die Quadrate homologer Seiten verhalten, nicht weniger als $5000000 \times 5000000 = 25$ Billionen Kartenblätter, um das auf der Karte dargestellte Land damit zu bedecken. Ebenso hat man die vier-, neun-, sechszehnfache etc. Grösse des Kartenpapiers nötig, wenn man einen Landstrich, dessen flächentreues Bild ein Kartenblatt ausfüllt, im doppelten, dreifachen, vierfachen Massstab der Länge darstellen will.

Bestimmung des Kartenmassstabes. Jede Gradnetzkarte trägt auch ohne Meilenmassstab Elemente in sich, um den natürlichen Kartenmassstab zu bestimmen; freilich kann dies nicht immer auf unmittelbarem Wege geschehen. Dies ist nur dann der Fall, wenn irgend eine der Netzlinien längentreu dargestellt ist, woraus sich dann der Grundsatz ergibt, dass, weil sich der Kartenmassstab ausschliesslich auf die wirklich längentreu dargestellten Linien bezieht, er auch nur diesen entnommen werden darf. Aber es gibt Projektionen, bei denen keine einzige Strecke einer Gradnetzlinie längentreu wiedergegeben ist. Man wird den Massstab dann auf einem mittelbaren Wege bestimmen müssen. So gehört schon zu dieser elementaren Berechnung eine gewisse Kenntnis der Eigenschaften der Kartenprojektionen.

Der Kugelmassstab. Die verschiedenen Ausdrucksweisen, die man für die Einzelfälle in Vorschlag gebracht hat (s. u.), lassen sich jedoch unter einen einheitlichen Gesichtspunkt bringen, sobald man sich vergegenwärtigt, dass der Kartenmassstab in allen Fällen zugleich auch die Grösse der Kugel angibt, die ganz oder teilweise

unmittelbar, d. h. ohne jede Verjüngung auf der Karte abgebildet wird. Der „Kugelmassstab" ist immer eindeutig.

1. Da bei einem Globus alle Linien längentreu abgebildet sind, kann man auf ihm jedes Stück des Gradnetzes oder einen beliebigen Abstand zur Bestimmung des Massstabes benutzen; aber man darf zur Abmessung einer Linie einen Zirkel nur für so kleine Stücke anwenden, für welche man Bogen und Sehne gleich setzen kann; im übrigen muss man ein Bandmass anwenden.

Ist der Umfang eines Globus $96^{cm} = 960^{mm}$, so ist der Massstab $1 : 41\,666\,666$ ($= 960^{mm} : 40\,000\,000\,000^{mm}$). Meist findet man die Grösse der Globen nach der Länge des Durchmessers bezeichnet. Beträgt derselbe 51^{mm}, so ist, weil der Durchmesser der Erde $12\,740^{km} = 12\,740\,000\,000^{mm}$ ist, der natürliche Massstab $1 : 250\,000\,000$ ($= 51^{mm} : 12\,740\,000\,000^{mm}$), bei 1^{m} Durchmesser dagegen $1 : 12\,740\,000$ ($= 1000^{mm} : 12\,740\,000\,000^{mm}$).

2. Karten mit längentreuen Gradnetzlinien. Sobald eine Gradnetzlinie, wie der Abstand zweier auf der Karte ausgezogener Breitenparallelen oder Meridianlinien dem Entwurf entsprechend längentreu dargestellt ist, wird der daraus abgeleitete natürliche Kartenmassstab auch für die ohne Verjüngung abgebildete Kugel gelten. Diese Gradnetzlinie gehört dann gewissermassen dieser Kugel selbst an. Doch beschränkt man sich in diesen Fällen einfach vom Massstab der Karte zu sprechen.

Bei der grossen Mehrzahl der Projektionen ist der geradlinige Mittelmeridian längentreu gezeichnet. Ergibt eine Messung auf diesem, dass z. B. $2^{0} = 44{,}_{4}^{mm}$, so ist, weil in der Natur $1^{0} = 111^{km} = 111\,000\,000^{mm}$ ist, der natürliche Massstab $1 : 5\,000\,000$ ($= 44{,}_{4}^{mm} : 222\,000\,000$). Niemals darf man bei Entwürfen mit gebogenen Breitenparallelen den geradlinigen seitlichen Rand der Karte zu diesen Abmessungen auswählen, weil dieser nicht senkrecht auf den Kurven steht.

Man besitzt Massstäbe und Tabellen[14]), um die Aufsuchung des Kartenmassstabes zu erleichtern. Die Mehrzahl der letztern geht von der Reduktion des Aequatorgrades aus ($= 111\,307^{m}$); für Seekarten pflegt man dabei den mittleren Meridiangrad oder die Seemeile (1852^{m}) zu grunde zu legen.

3. Wenn bei Länderkarten geringern Umfangs die Gradnetzlinien nur wenig von der Längentreue abweichen, so pflegt man wohl von einem mittlern Kartenmassstab zu sprechen. Auch dieser entspricht immer dem einer ohne Verjüngung abgebildeten Kugel.

4. Auf Erdteilkarten, Planigloben und Weltkarten wechselt der Längenmassstab vermöge der eigentümlichen Entwurfsart oft von Masche zu Masche. Eben deshalb hat man es durch Jahrhunderte vermieden, ihnen einen Massstab überhaupt beizufügen. Dazu ist indessen kein Grund; nur bedarf es etwas mehr Ueberlegung. Nicht alle Einzelfälle können hier besprochen werden. Bei Projektionen,

[14]) Die zahlreichen kleinen sogenannten „Kartenmesser" auf Papp- oder Metallstreifen leiden an dem Mangel, zu wenige Teilungen zu enthalten. Eine ausgiebige Tabelle zur Auffindung des natürlichen Massstabes aus der gemessenen Länge eines Erdgrades (Aequatorgrades) hat der Verfasser im Geogr. Jahrbuch III, 1870, S. L—LII gegeben, die auch in Haack's Geographenkalender Bd. I übernommen ist.

welche wenigstens den Aequator oder den Mittelmeridian oder einen der Breitenparallelen noch geradlinig und in ihren Teilen längentreu abbilden, fügt man dem Verjüngungsmassstab noch einen orientierenden Zusatz bei. Man spricht vom „Massstab im Aequator" (z. B. bei Erdkarten in Merkatorprojektion, vom Massstab in Breite x^0 (z. B. bei Seekarten in Merkatorprojektion), vom Massstab im Mittelmeridian. Ist dagegen keine Gradnetzlinie längentreu dargestellt, so hat sich für eine gewisse Gruppe von Projektionen der Ausdruck des „Mittelpunktsmassstabes" eingebürgert.

Streng genommen hat dies nur dann eine Berechtigung, wenn die Längenverzerrung, welche die Entwurfsart mit sich bringt, im Kartenmittelpunkte selbst = 0 wird. Dies ist z. B. bei allen azimutalen Projektionen der Fall (S. 209). Dieser Massstab im Mittelpunkt ist wiederum nichts anderes als der zugehörige Kugelmassstab.

In allen andern Fällen bleibt nichts anderes übrig, als vom Kugelmassstab zu sprechen. Dieser lässt sich oft ebensowenig wie der Mittelpunktsmassstab unmittelbar von der Karte abmessen, aber eine einfache Berechnung, die von dem jeweiligen Abbildungsgesetz ausgeht, führt in allen Fällen leicht zum Ziel. (Vergl. unten Mollweidesche Projektion, S. 220.)

Bei den hier geschilderten Schwierigkeiten hat man neuerdings gemeint, für flächentreue Projektionen fortan einen besondern Flächenmassstab einführen zu müssen[15]). Abgesehen davon, dass dadurch der einheitliche Grundsatz durchbrochen würde, dass sich der natürliche Kartenmassstab ausschliesslich auf die Längen, nicht auf die Flächen bezieht, führen die bisher vorgeschlagenen Methoden der Flächenmassstäbe auf einem rechnerischen Umwege zum einfachen Kugelmassstab zurück.

Auf Taf. IV des Sydow-Wagnerschen Method. Atlas findet man 13 Kärtchen im gleichen natürlichen Massstab (Kugelmassstab) 1 : 250 000 000 entworfen, d. h. es ist hier ein Globus von 51 mm Durchmesser oder 25,5 mm Halbmesser (= 6370 km : 250 000 000) ohne Verjüngung in Teilen bis zur Grösse von Kugelquadranten abgebildet.

5. Wenn auf einer Karte weder Meilenmassstab noch Gradnetz angegeben ist, oder man den absoluten Wert der angewandten Meilen nicht kennt, so kann man den Verjüngungsmassstab nur ziemlich roh abschätzen, indem man bekannte Strecken auf der Karte mit den wahren Entfernungen, wie man sie heutigen Karten entnehmen kann, in Vergleich setzt.

Vergleichbare Massstäbe. Es empfiehlt sich, den natürlichen Kartenmassstab stets in stark abgerundeten Zahlen anzugeben.

---

[15]) W. Behrmann, Zur Kritik der flächentreuen Projektionen der ganzen Erde und einer Halbkugel (Sitz. b. K. Bayr. Akad. Wiss. Mathem.-phys. Kl. München 1909, S. 39). Es ist klar, dass der dort vorgeschlagene Flächenmassstab, indem er die Flächenwerte unter das Wurzelzeichen setzt, wieder nur eindimensionale, d. h. Linien-Werte gibt, z. B.

$$\frac{1}{x} = \sqrt{\frac{\text{Bildfläche der Halbkugel}}{\text{Erdhalbkugelfläche}}} = \sqrt{\frac{r^2\pi}{2\,(6370)^2\pi}} = \frac{r}{\sqrt{2}\,.\,6370\,\text{km}}.$$

Denn die Grenze der technischen Messung reicht nicht entfernt an die der rechnerischen Operation. Man würde die genauern Verjüngungsziffern ebensowenig verbürgen können, wie eine Nachprüfung des vom Autor selbst zu grunde gelegten Kartenmassstabes selten ganz genau zu dem gleichen Resultat führt. Das rührt in erster Linie von der ungleichen, selbst von der Witterung abhängigen Zusammenziehung des Papiers her.

Bis vor wenigen Jahrzehnten ward der Massstab der Karten eines Atlas fast allein durch den Rahmen des Formats bestimmt und wechselte meist von Blatt zu Blatt, auch wenn auf denselben Länder und Landschaften gleicher Grössenordnung dargestellt waren. Man entwarf dieselben im grösstmöglichen Massstab, den der Rahmen gestattete. Daher wurden denn die kleinern Länder von geschlossener Grenze meist in viel grösserm Massstab abgebildet als die grössern oder die von einseitiger Längenstreckung. Diese Fülle unvergleichbarer Massstäbe ist neuerdings dem Bestreben gewichen, in einem Atlas deren möglichst wenige zu grunde zu legen und dabei solche zu wählen, die zugleich unter sich in einem einfachen Verhältnis stehen.

So ist es gelungen, in einzelnen Atlanten die Zahl der Kartenmassstäbe auf 8 — 10 herabzumindern und namentlich alle Gebiete von annähernd gleicher Grössenordnung in ein und demselben Massstab zu entwerfen. Das einfache Verhältnis zwischen den Karten verschiedener Länderkategorien hat freilich nur für wirkliche Abmessungen Wert. Die unmittelbare Anschauung zieht daraus keinen Vorteil. Man sucht deshalb dem Vergleich dadurch Vorschub zu leisten, dass man grösseren Karten fremder Landstriche heimatliche Gebiete oder europäische Länder im gleichen Massstab der Hauptkarte beifügt.

Ein Einheitsmassstab für sämtliche Länder der Erde ohne die sonst mit den Gradnetzentwürfen verbundenen Unzuträglichkeiten wird allein beim Globus gewahrt (S. 206). Jedoch kann derselbe im allgemeinen nur Uebersichtsbilder gewähren.

Eine Ueberschätzung des Wertes gleichen Kartenmassstabes liegt in dem mehrfach aufgetretenen Verlangen, alle Karten eines Atlas in ein und demselben Massstab zu entwerfen. So plante man eine zeitlang eine Einheitskarte der Erde[16]) in 1 : 1 000 000, die selbstverständlich aus vielen hundert Blättern bestehen müsste. Das mag für eine Himmelskarte passend sein, bei der im allgemeinen alle Striche gleiches Interesse bieten; da aber die physische Erdoberfläche nach Mannigfaltigkeit der Formen, nach Bodenbedeckung, Anbau und Ansiedelung Landstriche von gänzlich verschiedenem Werte besitzt, so besteht für die Geographie keine wissenschaftliche Notwendigkeit, sie in einer Spezialkarte von einheitlichem Massstab dargestellt zu sehen.

---

[16]) Dieser Vorschlag A. Pencks ist 1891 von V. internationalen Geographenkongress zu Bern aufgenommen, hat aber vielfachen Widerspruch gefunden. Vergl. A. Penck in Deutsche Geogr. Blätter, Bremen, XV, 1892, 165—194, Ausland 1893; Pet. Mitt. 1892 mehrfach; Verhandl. d. VII. Internat. Geogr.-Kongresses zu Berlin, I. 1901, 209 — 220. Zeitschr. Ges. f. Erdk. 1905, 348 ff.

Heute beschränkt sich der Plan auf Herstellung von Regionenkarten in gleichem Massstab 1 : 1 000 000 [17]).

§ 99. System und Benennung der Kartenprojektionen [18]). Wie die unten folgenden historischen Anmerkungen ergeben werden, haben sich unterscheidende Namen für die einzelnen Entwurfsarten meist sehr viel später als die Entwürfe selbst gefunden, und erst im 18. Jahrhundert fing man an, die Einzelprojektionen zu Klassen und Gruppen zu ordnen. Die Schwierigkeit eines vernünftigen Systems liegt in der grossen Zahl viel angewandter Projektionen, die sich den geometrisch einfach definierbaren Hauptklassen nicht unterordnen lassen und daher wohl als konventionelle bezeichnet sind. Indessen gibt das Zeitalter, in welchem sie auftreten, manchen Fingerzeig für die ihrer Entstehung zu grunde liegenden Ideen und damit für ihre Einordnung in das System. Ueber die Hauptklassen von Entwürfen soll hier nur das vorausgeschickt werden, was bei einigen z. T. unnötigen und daher mehr verwirrenden als klärenden Abänderungen, welche die neuere Methodik bei der Namengebung der Projektionen in Vorschlag gebracht hat, für das Verständnis unentbehrlich ist.

1. Zunächst führt die Uebertragung der Hülfslinien, durch welche wir uns auf dem Horizont orientieren, auf die Kugelfläche zur grossen Gruppe der azimutalen Projektionen, deren Grundeigenschaft bereits oben (S. 202) dargelegt ist. Abgebildet wird bei diesen stets eine Kugelkappe (Kalotte), welche im Kartenmittelpunkt ihren Projektionspol (Hauptpunkt) hat; Projektionsfläche ist eine die Erde im Kartenmittelpunkt berührende Ebene. Die Erweiterung der Kugelkappe führt schliesslich zur Darstellung der Halbkugel. Einzelne hierher gehörige Entwurfsarten gestatten die Ausdehnung des Bildes über die ganze Erdoberfläche. Unter gemeinsamem Gesichtspunkt kann man innerhalb dieser ersten Gruppe die perspektivischen Projektionen als eigene Klasse zusammenfassen, denen dann die nichtperspektivischen azimutalen gegenüber stehen.

2. Die andere Gruppe von Projektionen findet ihren Ausgangspunkt darin, dass zunächst ein streifenförmiges Stück der Erdoberfläche zur Darstellung gelangen soll, längs welchem man die Kugelfläche ohne zu grossen Fehler als Mantel einer einseitig gekrümmten, abwickelbaren Fläche ansehen kann. Bei diesen Abbil-

[17]) Im Jahre 1909 hat ein Internationales Weltkarten-Komitee die Anregung zur Herstellung solcher Einmillionen-Karten nach gleicher Projektionsart — bis zum 60° Br. sollen die Einzelblätter je 4 Breitengrade und 6 Längengrade umfassen etc. — und in möglichst gleicher Ausführung gegeben. Vergl. E. Hammer, Die Weltkartenkonferenz von Nov. 1909 in Pet. Mitt. 1911, I, 29—31, 88—89, ebenso A. Penck, Zeitschr. d. Ges. d. Erdk. 1910, 114 ff. — [18]) Für diese Fragen kommen vornehmlich Hammers kritische Gänge (vergl. die Schriften § 95) in Betracht. Seine Anschauungen bilden auch die Grundzüge der obigen Darstellung, wenn auch der Zweck, diejenigen Entwürfe dem Leser vorzuführen, welche im Laufe der Zeiten im besondern Masse zur Anwendung gekommen sind, hier im einzelnen manche Abweichungen erforderte. Vergl. auch M. Eckert, Die Kartenprojektion, Geogr. Zeitschr., XVI, 1910, II. Namen-System derselben 310 ff.

dungen durch Abwickelung dient also als Projektionsfläche der Mantel eines solchen Kegels oder einer solchen Walze, welche je einen Haupt- oder Nebenkreis mit der Erdkugel gemeinsam haben. Stillschweigend hat man hierbei Jahrhunderte lang nur an solche Kegel und Walzen gedacht, deren Achse mit der Drehungsachse der Erde zusammenfällt. Mit diesen sog. normalen oder rechtachsigen Zylinder- und Kegelprojektionen und ihren Abarten werden wir uns zunächst ausschliesslich beschäftigen. Bei diesen bilden Parallelkreise (einschl. des Aequators) die gemeinsamen Berührungs- oder Schnittlinien. — Grundsätzlich lässt sich jedoch auch gegen solche Abbildungen durch Abwickelung nichts einwenden, bei welchen transversale (querachsige) oder auch schiefachsige Zylinder und Kegel zur Anwendung kommen. Bei den erstern bildet ein Meridiankreis oder ein den Meridianen paralleler Nebenkreis der Erdkugel die gemeinsame Berührungs- bezw. Schnittlinie; bei den schiefachsigen ein beliebig gelegener grösster bezw. kleinerer Kugelkreis. — Bewusstvoll wendet man sich gerade in der neuern Zeit diesen nicht normalen Projektionen durch Abwickelung zu, falls das darzustellende Land dazu auffordert.

Als echte (normale) Zylinder- und Kegelprojektionen sollen diejenigen bezeichnet werden, welche das typische Gradnetz solcher sozusagen auf den ersten Blick erkennen lassen, nämlich bei der Walze ein System von rechtwinkelig sich schneidenden geraden Breitenparallelen und Meridianen, bei dem Kegel konzentrische Kreisbogen als Breitenkreise und geradlinige Meridiane. Diesen stellen wir die unechten Entwürfe durch Abwickelung gegenüber, welche die typische Form nur in bezug auf die Breitenlinien bewahren.

Als unterscheidende Gattungsnamen bieten sich teils Bezeichnungen dar, welche einem speziellen Grundsatz des Entwurfs entnommen sind, wie man z. B. unter den azimutalen von der orthographischen oder der stereographischen etc. Projektion spricht, teils wichtige Grundbedingungen (§ 97), welche dieselben streng erfüllen, wie Winkel- oder Flächentreue. Doch genügt auch dies zur schärfern Bezeichnung keineswegs immer. Es ist kein Grund vorhanden, warum man zur Art- oder Abartbezeichnung nicht den Zusatz von Autorennamen machen sollte, von denen sich manche sogar schon seit Jahrhunderten eingebürgert haben.

Man wird dabei sicher von neuem nach der historischen Berechtigung solcher Namen forschen müssen. Man schiesst aber über das Ziel hinaus, wenn man diese nur in der ersten oft zufälligen Anwendung sieht, da das Verdienst bewusstvoller Einführung älterer oder selbständig wiedererfundener Projektionen in die Kartenliteratur oft das eines ersten tastenden Versuches übertrifft[19]).

Die Grenzfälle. Wenn die Systematiker manche Entwürfe unter ganz verschiedenen Klassen behandeln, so rührt dies besonders

[19]) In dieser Richtung ist besonders A. Breusing öfter zu weit gegangen s. Anm. 47).

daher, dass wir es mit geometrischen Gebilden zu tun haben, die allmählich in einander übergehen. Wie der Kreisbogen mit unendlich wachsendem Halbmesser zur geraden Linie wird, so geht bekanntlich ein normaler Kegel, welcher immer niedrigere Breiten berührt, schliesslich in den Zylinder über, der den Aequator mit der Erdkugel gemeinsam hat. Umgekehrt wird sich der Kegel bei Berührung höherer Breitenkreise immer mehr verflachen und schliesslich im Pol zur Ebene ausbreiten. So sind also Zylinder-Projektionen und azimutale in gewissem Sinne Grenzfälle der Kegel-Projektionen. In ähnlicher Weise sind Polar- und Aequatorial-Projektionen, d. h. also Entwürfe, bei denen der Mittelpunkt des darzustellenden Landes im Pol bezw. auf dem Aequator der Erde liegt, Grenzfälle für die sog. Horizontal-Projektion, bei welcher der massgebende Kartenmittelpunkt einem beliebigen Punkt zwischen Pol und Aequator entspricht[20]). (Vergl. hierzu § 107.)

§ 100. Die Plankarte und die mittelalterliche Portulankarte. In der Plankarte betrachten wir, wie das Wort sagt, das abzubildende Stück der Erdoberfläche unmittelbar als eben. Vom einfachen Grundriss oder Plan, der eine geometrisch genaue, aber verkleinerte Abbildung vermessener Punkte und Umrisslinien (Gebäude, Gärten, Strassennetz, Stadtplan) liefert, unterscheidet sich die Plankarte dadurch, dass sie das Bild zu einer beliebigen, aber namhaft gemachten Himmelsrichtung in Beziehung setzt. Die einfache Beifügung eines geradlinigen Pfeils, etwa mit der Bezeichnung „Nord", stempelt den Plan zur Plankarte. Denn dann können wir alle Punkte und Linien des Plans durch wenige Hülfslinien „orientieren" (§ 25).

Die Plankarte kennt noch kein Gradnetz, wohl aber ein Kreuz zweier (unbenannter) Gradlinien, indem man seit alten Zeiten die sich senkrecht schneidenden Richtungen der Nordsüd- und Westost-Linie als Hauptorientierungslinien nicht nur auf dem Horizont selbst, sondern auch auf seinem Bilde, der Plankarte, annahm.

Der Entwurf einer Plankarte beginnt mit Zeichnung eines das Kartenblatt vierteilenden einfachen Kreuzes gerader, sich senkrecht schneidender Linien. Sie besitzt also im Prinzip immer zwei gerade Mittellinien, von denen die eine den Meridian des im Kartenmittelpunkt gelegenen Ortes darstellt, die andere die Westostlinie. Im Altertum scheint wie in der Neuzeit stets die das Kartenblatt senkrecht durchschneidende Linie der Mittagslinie entsprochen zu haben, die querverlaufende dagegen der Ostwestlinie; im Mittelalter war es meist umgekehrt (§ 26).

Aus dem zentralen Gradkreuz entwickelt sich das erforderliche Netz von Hülfslinien der Plankarte noch nicht zum Gradnetz. Entweder zieht man zu den beiden Hauptlinien eine Schar von parallelen Linien in gleichen, dem Wegemass entnommenen Zwischenräumen. Dann erhält man eine Plankarte mit quadratischen Maschen,

[20]) Breusing schlug statt dessen die Ausdrücke: „polständige, aequatorständige, zwischenständige Projektionen" vor, von denen mir nur der erste in gewissen Fällen anwendbar scheint (s. unten Anm. 46). Im Atlas von Debes (§ 7) sind die Breusingschen Bezeichnungen durchgeführt.

auf der man leicht auch die Entfernungen durch Abzählung abschätzen kann, wenn z. B. die Abstände der Parallelen je 10, 20, 50, 100 km etc. auf den einzelnen Karten betragen. Oder man erweitert das Mittelkreuz mehr und mehr zur acht-, zwölf-, sechzehnstrahligen Windrose.

Auf diesem Wege schuf das Altertum eine Reihe weiterer Hülfslinien für die Einzeichnung des Lagenplans, die allerdings nur über die Richtung orientierten und zu Entfernungsschätzungen keinen Anhalt boten. Daher war die Beigabe eines Meilenmassstabes für diese Gattung von Plankarten unerlässlich [21]). Aus eben dieser letztern hat sich dann im Mittelalter die sog. Portulankarte [22]) entwickelt, die sich meist — aber nicht immer — von der einfachern Plankarte mit Zentralrose nur dadurch unterscheidet, dass das System von rein zeichnerischen Hülfslinien noch durch einen Kranz von Strichrosen vermehrt ist, der sich auf dem Umfang eines Kreises rings um die Zentralrose lagert.

In einer normalen Plankarte stellt also jede zur senkrechten Mittellinie parallel gezogene Linie den Meridian der von ihr getroffenen Orte dar, und alle in gleichem Abstand von der westöstlichen Mittelquerlinie gelegenen Punkte gelten uns als in gleicher geographischen Breite gelegen. Sie verwandelt also an sich Meridiane und Breitenparallelen in ein System sich senkrecht schneidender gerader Linien. Darin liegt der Grund, dass die Plankarte in Wahrheit nur für sehr kleine Teile der Erdoberfläche Geltung hat, und die Fehler sich um so mehr vergrössern werden, je mehr man sich vom Mittelkreuz den vier Ecken der Karte nähert. Denn wir wissen, dass auf der Erdoberfläche die Meridiane nach den Polen konvergieren, und die Querlinien, welche auf dem Mittelmeridian senkrecht stehen, grösste Kugelkreise, aber nicht wie die Breitenparallelen Nebenkreise sind. Oder um mit den Worten des § 41 zu sprechen, wenn wir auf der Erdkugel in senkrechter Richtung zum Mittelmeridian fortwandern, verfolgen wir eine orthodromische, jeden folgenden Meridian unter anderm Winkel schneidende Richtung, nicht die loxodromische, die jeden folgenden Meridian wieder senkrecht treffen müsste.

Das Altertum kannte oder beachtete diese Widersprüche nicht, und auch das Mittelalter entwickelte die Plankarte den in ihr liegenden Keimen ent-

---

[21]) Die von Wuttke (1871) aufgestellte und seitdem oft wiederholte Behauptung, dass erst eine Karte von Solerio d. J. 1385 den Massstab eingeführt habe und die meisten Seekarten der Italiener des Massstabs entbehrten, wie Peschel behauptete, beruht einfach auf Unbekanntschaft mit den Originalen der Portulankarten. Ein Meilenmassstab fehlt auch auf den ältesten nicht. — [22]) Lange bezeichnete man die mittelalterlichen Seekarten als Portulane, obwohl streng genommen das Wort Portulan eine geschriebene Segelanweisung, nicht eine Karte bedeutet (Breusing in Zeitschr. f. wiss. Geogr. II, 1881, 190). Indem man später die Windrosen auf diesen Karten in nahe Beziehung zum Kompass brachte, schien der von Peschel vorgeschlagene Name der Kompasskarten ein geeigneter. Er bürgerte sich rasch ein. Er verlor aber seine Bedeutung, seit man mehr und mehr erkannte, dass die Entstehung jener Karten schon ältern Datums ist, während zugleich andere Vermutungen über die ihnen zu grunde liegenden Entwurfsarten auftauchten (s. Anm. 27). Daher hat man (v. Wieser, Pet. Mitteil. 1899, 189) vorgeschlagen, den keiner Erklärung vorgreifenden Namen „Portulankarten“ für die fraglichen Bilder zu gebrauchen. Die Frage wird von neuem behandelt von K. Kretschmer, Die italienischen Portulane des Mittelalters. Berlin 1909, 36 ff.

sprechend nicht zur azimutalen Projektion einer Kugelkappe (S. 209). Man erweiterte vielmehr, unbekümmert um die Folgen, die Plankarte über die ganze bekannte Welt hinaus. Eratosthenes verlegte das Hauptgradkreuz seiner Weltkarte nach Rhodos und erhob die Längsachse des Mittelmeers in der Form des 36. Breitenparallels für anderthalb Jahrtausende zur wichtigsten orientierenden Mittellinie[23]). Und obwohl die Endperiode wissenschaftlicher Geographie der Griechen durch Marinus und Ptolemaeus die Wege zur Umgestaltung der Plankarte geebnet hatte, verharrte das Mittelalter in seinen Weltbildern bis zum Ende des 15. Jahrh. auf dem naiven Standpunkt einer einfachen Erweiterung des Rahmens der Plankarte über Flächen von mehr als einem Erdquadranten.

§ 101. Die echten (normalen) Zylinderprojektionen mit parallelen Meridianen.

1. Die Plattkarte. Marinus (um 100 n. Chr.) gilt uns als Erfinder der Plattkarte, insofern er die Plankarten, die er vorfand, mit einem Gradnetz versah. Es bedurfte dazu nichts, als dass er das Gradkreuz in bestimmtem der Erdkugel angepassten Verhältnis teilte und durch die Teilpunkte Parallelen zum Gradkreuz zog. Für dasjenige von Rhodos wählte er das Verhältnis von 4 : 5, weil in dieser Breite fünf Längengrade gleich vier Breitengraden sind. Dadurch erhält man das leicht zu entwerfende Netz der oblongen oder rechteckigen Plattkarte; dasselbe besteht aus gleich grossen rechteckigen Maschen, deren Seitenlängen sich wie die Längengrade der Mittelbreite der Karte znm allgemeinen Breitengrad verhalten.

Vom mathematischen Standpunkt kann man die Plattkarten als eine Gattung der Zylinderprojektionen ansehen, bei denen man sich die abzubildende Fläche der Erdkugel auf dem Mantel eines normalen Zylinders entworfen denkt. Da man die Breitenkreise auf den Plattkarten durch gleichabständige Parallelen darstellt, erhalten sie im wissenschaftlichen System den Namen der aequidistanten Zylinderprojektionen oder solcher mit längentreuen Meridianen. Die Mittelbreite der Karte gibt also dem einzelnen Entwurf den Charakter. In der Mittelbreite schneidet der Zylinder die Erdkugel (Atlas Taf. IV., Fig. Plattkarte). Der natürliche Massstab der Karte entspricht dem längentreu dargestellten Mittelparallel.

In einfachem Verhältnis stehen Breitengrad und Längengrad z. B. in folgenden Breiten der Erdkugel (vergl. § 55):

Breite.	Verhältnis.		Nach trigonometrischer Berechnung.	
60°	1 : 2 oder 1° Br. = 2° L.	genauer	$1^\circ \times \cos 60^\circ = 0{,}5$	(St. Petersburg).
48°	2 : 3 „ 2° Br. = 3° L.	„	$1^\circ \times \cos 48^\circ 11' = 0{,}67$	(Wien).
41°	3 : 4 „ 3° Br. = 4° L.	„	$1^\circ \times \cos 41^\circ 25' = 0{,}75$	(ca. Konstantinopel).
37°	4 : 5 „ 4° Br. = 5° L.	„	$1^\circ \times \cos 36^\circ 52' = 0{,}80$	(ca. Syrakus).
29°	7 : 8 „ 7° Br. = 8° L.	„	$1^\circ \times \cos 28^\circ 57' = 0{,}875$	(ca. Kanarien).

Und solche Breiten waren es, die man im Altertum und Mittelalter gern als Mittelbreiten anwandte[24]). Die rechteckige Plattkarte hat sich zur See neben der

[23]) Abgesehen davon, dass Ptolemaeus für seine Weltkarte den nördlichen Wendekreis zur Mittellinie erhob. — [24]) Bei den Karten (Spezialkarten) zum Ptolemaeus kommt bereits eine viel grössere Zahl einfacher Verhältnisse von Br. : L. zur Anwendung, als hier genannt ist.

Mercatorprojektion (s. u.) bis ins 18. Jahrhundert erhalten; bei Landkarten ist ihr Gebrauch allerdings im 16. Jahrh. allmählich durch die trapezförmige, die Sansonsche etc. eingeschränkt worden, ist aber für Landschaftskarten bis ins 19. Jahrhundert beibehalten. Für Schülerskizzen, die sich nie über ganze „Länder" erstrecken sollten, bietet sie das beste, weil einfachste Gradnetz.

2. Je mehr man sich mit dem schneidenden Zylinder dem Aequator nähert, um so breiter werden die rechteckigen Maschen, bis sie für den Aequator selbst als Mittelbreite zu Quadraten werden und der Zylinder in einen die Erde im Aequator berührenden übergeht. Die oblonge wird zur quadratischen Plattkarte.

Die quadratische Plattkarte tritt daher in der Geschichte der Geographie nicht vor Ueberschreitung des Aequators durch die Portugiesen, wahrscheinlich überhaupt nicht vor dem Jahre 1500, auf[25]) und hat eine Berechtigung nur für Karten, auf denen Stücke des Aequators selbst zur Darstellung kommen. Den Kartenmassstab entnimmt man dem längentreu abgebildeten Aequator, der jedoch auch für alle längentreu abgebildeten Meridiane gilt.

Alle echten Zylinderprojektionen dehnen, indem sie die polwärts auf der Erdkugel konvergierenden Meridiane als gleichabständige senkrechte Linien darstellen, begreiflicherweise die westöstlichen Strecken um so mehr aus, je mehr diese vom Mittelparallel entfernt sind; nach dem Aequator zu werden dieselben mit der Entfernung von der Mitte verkleinert. Und während auf der Kugel die Gradfelder in jeder Zone höherer Breite kleiner, in der niederer Breite grösser werden, sind die Maschen der Plattkarte sämtlich gleich gross. Also kann die letztere nicht flächentreu sein. Sie ist aber ebensowenig winkeltreu, trotzdem sich die Gradlinien überall rechtwinkelig schneiden, wie auf der Kugel. Die Gradfelder sind bei der Plattkarte eben Rechtecke, auf der Kugel Trapeze mit ungleichen Grundlinien. Die Halbierungslinien der rechten Winkel an den sich kreuzenden Gradlinien können daher auf der Plattkarte mit denen der Kugel nicht zusammenfallen. Es tritt eine Verzerrung der Figuren ein, je mehr man sich vom Mittelkreuz der Gradlinien entfernt. Kaum bemerkbar für eine schmale Karte, die sich längs der Breitenparallele hinzieht, wird sie für höhere Breiten ganz besonders auffallend auf der quadratischen Plattkarte. Es erscheinen die Gegenden jener Breiten auf ihr ausserordentlich in die Breite gezogen — auf dem 60° um das Doppelte —, daher die quadratische Plattkarte heute nur noch für rein aequatoriale Gegenden und zwar nur für grosse Massstäbe angewandt werden darf.

3 Die winkeltreue Zylinderprojektion, nach ihrem Erfinder G. Kremer, gen. Mercator († 1594), schlechtweg als Mercatorprojektion bezeichnet[26]), ist aus der quadratischen Plattkarte dadurch hervorgegangen, dass sie die Längentreue der Meridiangrade in demselben Masse aufgibt, wie jede normale Zylinderprojektion dies mit den Längengraden (oder der „Abweitung" § 40) tut. Da nun die

---

[25]) Es ist durchaus unwahrscheinlich, dass Marinus schon die quadratische Plattkarte angewandt haben sollte, wie oft z. B. von Hammer (a. a. O.) u. A. schlechtweg behauptet wird. Es sprechen die Worte des Ptolemaeus (Lib. I, cap. 20), in denen er die Verzerrungen der rechtwinkeligen Plattkarte des Marinus kritisiert, direkt dagegen. Ebenso ist nicht wahrscheinlich, dass die Portugiesen die Erfinder der Plattkarten seien. Eine graduierte Portulankarte ist aus dem 15. Jahrh. bis heute nicht nachgewiesen. — [26]) S. bes. Breusing, Das Verebnen der Kugeloberfläche, 1892, 31—48.

Längengrade (Parallelgrade) auf der Kugel bekanntlich mit dem Kosinus der geographischen Breite abnehmen, bei der Plattkarte aber gleich dem Aequatorgrad gezeichnet werden, so ist klar, dass auf dieser, wie auf allen echten Zylinderprojektionen, der Abstand der Meridiane im umgekehrten Verhältnis des Kosinus der geographischen Breite vergrössert wird, oder im Verhältnis zur Sekante (da $1 : \cos \varphi = \sec \varphi$). Die Mercatorprojektion lässt daher auch die Abstände der Breitenparallelen im gleichen Verhältnis der Sekante der jeweiligen Breite wachsen und wahrt dadurch, dass jedes kleine Flächenstück im gleichen Masse von S nach N in die Breite gezogen wird, wie es die Zylinderprojektion an sich bereits von O nach W in die Länge zieht, die Aehnlichkeit der Figuren in den kleinsten Teilen. Die Mercatorprojektion ist daher winkeltreu. Dieser Vorteil wird freilich durch den Nachteil erkauft, dass infolge dieser doppelten Ausdehnung die Flächen im quadratischen Verhältnis der Sekante der Breite ($1 : \cos^2 \varphi = \sec^2 \varphi$) zunehmen, während sie auf der Kugel polwärts abnehmen. Ein Gradfeld unter 60^0 Br. ist auf der Kugel halb so gross als ein solches am Aequator, bei der Mercatorprojektion aber gleich zwei Aequatorialgradfeldern, die Flächenvergrösserung ist also die vierfache. Den Pol erreicht die normale Mercatorprojektion natürlich nicht.

Die Mercatorprojektion würde wohl infolge dieser Umstände nicht die grosse Bedeutung gefunden haben, wenn sie nicht eine für die Wissenschaft und seemännische Praxis besonders wichtige Eigenschaft besässe. Es erscheint auf ihr der loxodromische Kurs in eine gerade Linie verwandelt.

Wir haben den wichtigen Unterschied der schiefläufigen und rechtläufigen Richtung (Loxodrome und Orthodrome) früher (§ 41) näher erläutert. Die mittelalterliche Nautik kennt diese Unterschiede noch nicht. Segelt man von einem Punkte A in irgend einer Richtung des Kompasses fort, so gelangt man bei kleinen Distanzen fast an den gleichen Ort des Gegengestades, sei es, dass man den Kurs wie im ebenen Kursdreieck (S. 93) als gerade Linie auf der nicht gekrümmten Wasserfläche oder als Stück eines grössten Kreises (Orthodrome) oder drittens als den Anfang einer Loxodrome ansieht. Jene drei Linien fallen im Anfang so nahe zusammen, dass ihre Abweichungen weit hinter der Unsicherheit, den Anfangskurs festzuhalten, zurücktreten.

Es ist daher auch unrichtig, die italienischen Portulankarten des Mittelmeers als loxodromische Karten zu bezeichnen. Die Nautiker jener Jahrhunderte haben von der Kugelgestalt der Erde abgesehen, und sie haben, wie sich nachweisen lässt, ihre Mittelmeerkarten auf grund von Plankarten der Einzelbecken gezeichnet, deren Entstehungszeit vielleicht weit hinter der Einführung des Kompasses liegt[27]). Auf kleinem Raum bewegte sich die Schiffahrt in den Einzelbecken des Mittelmeers; und an diesen Verhältnissen änderte sich wenig, so lange

[27]) A. Breusing hat (Zeitschr. f. wiss. Geogr. II, 1881, 180 ff.) seine rein theoretische Erklärung, jene Karten seien durch Rektifikation der „missweisenden" Loxodromen entstanden — er nannte sie infolge davon „loxodromische Karten" —, nicht an der Hand der Ausmessung jener mittelalterlichen Karten geprüft. Vergl. H. Wagner, Das Rätsel der Kompasskarten im Lichte der Gesamtentwickelung der Seekarten. Verhandl. d. XI. D. Geographen-Tages in Bremen 1895, 64—87, mit Karte. Die Frage ist von neuem von K. Kretschmer in seinem grossen Werke, Die italienischen Portulane des Mittelalters, Berlin 1909, Kap. II, 2, Wesen und Entstehung der Karten, S. 50—103, aufgenommen, jedoch ohne sie m. E. wirklich weiterzuführen.

man an den atlantischen Küsten wesentlich der Meridianrichtung entlang zu fahren hatte. Anders bei Beginn der Durchquerungen der Ozeane und Einführung der quadratischen Plattkarten, wo bald die geraden Richtungslinien der Kompassrosen ihre unmittelbare Bedeutung für den Schiffskurs verloren. Auch ergab die durch Einhaltung eines festen Kurswinkels vorgeschriebene Loxodrome wie auf dem Globus selbst, so auch auf der quadratischen Plattkarte eine nicht leicht einzuzeichnende Bogenlinie. Mercator hat nun dadurch, dass er die Breiten vergrösserte, erreicht, dass, wie immer die Loxodromen verlaufen mochten, ihre Durchschnittspunkte mit den Meridianen aus dem Bogen in eine einzige gerade Linie rückten. Die mathematische Entwickelung dieser wichtigen Eigenschaft des Mercator-Entwurfs kann hier nur angedeutet werden. Die Gleichung der Loxodrome lautet[28]), wenn φ die geogr. Breite, λ die Länge des Ausgangspunktes, vom Schnittpunkt derselben mit dem Aequator an gerechnet, und α den Kurswinkel bezeichnet,

$$\lambda = \text{tang } \alpha \,.\, \log \text{ nat tang } (45^0 + \varphi/_2),$$

also ergibt sich z. B. für den Kurswinkel $\alpha = 45^0$, bei dem tang $\alpha = 1$ ist, aus

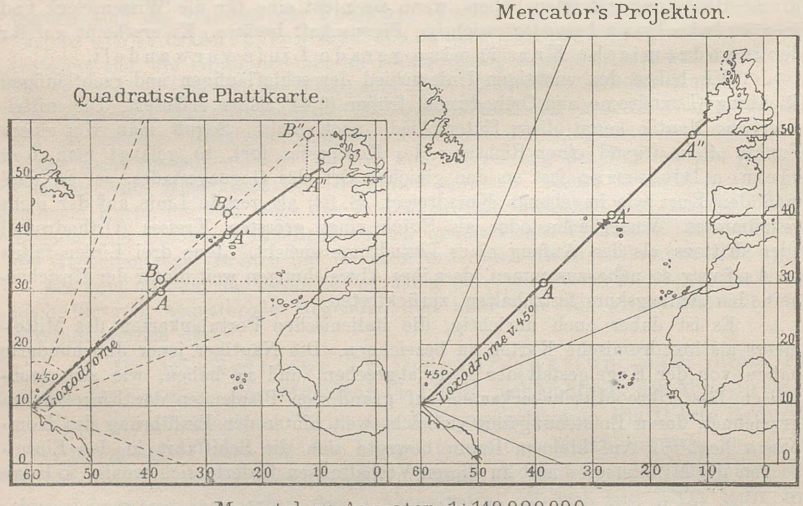
$$\log \lambda = \log [2{,}_{30259} \,.\, \log \text{ tang } (45^0 + \varphi/_2)]$$

in Teilen des Radius (= 1), sowie in Minuten[29]) und Graden für die Breiten:

$\varphi = 0^0$	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	70^0
$\lambda = 0^0$	$0{,}_{1754}$	$0{,}_{3564}$	$0{,}_{5493}$	$0{,}_{7629}$	$1{,}_{0100}$	$1{,}_{3170}$	$1{,}_{7354}$
$\lambda = 0^0$	603′	1225′	1888′	2623′	3475′	4527′	5966′
$\lambda = 0^0$	$10^0\,3'$	$20^0\,25'$	$31^0\,28'$	$43^0\,43'$	$57^0\,55'$	$75^0\,27'$	$99^0\,26'$

Danach lässt sich die Kurve leicht auf dem Globus oder in ein beliebiges Grad-

Fig. 51.



Massstab im Aequator 1:140,000,000.

[28]) S. d. Entwickelung bei Gretschel, Lehrbuch d. Kartenproj. 1873, 114 ff.; Zöppritz-Bludau, 3. Aufl., 1912, 17; eine eigenartige, elementare Ableitung des Gesetzes gibt Breusing a. a. O., S. 43 ff.; eine andere gleichfalls sehr anschauliche elementare Entwickelung H. Holzmüller (Zeitschr. f. math. u. naturw. Unterricht 1900, XXXI, 337—346). Mercator ist m. E. nicht auf arithmetischem, sondern geometrischem, d. h. konstruktivem Wege zu seiner Entdeckung gekommen. — [29]) Durch Multiplikation der Teile des Radius mit der Anzahl von Minuten (= $3437'{,}_{75}$), welche der Länge des dem Halbmesser gleichen Kreisbogens entsprechen.

netz eintragen. In Fig. 51 (links) ist dies auf einer quadratischen Plattkarte geschehen, wo die Loxodrome dem Kurs eines Schiffes entspricht, das mit einem Kurswinkel von 45° von der Orinokomündung etwa auf Liverpool zusteuert. Soll die Loxodrome nun zur geraden Linie gestreckt werden, so müssen umgekehrt die Breiten (Ordinaten) im gleichen Masse wie die Längen (Abszissen) vergrössert werden. Die Punkte A, A', A'' rücken in die Punkte B, B', B'' hinauf, und damit erhält man aus der Plattkarte eine Karte mit wachsender oder vergrösserter Breite.

Zur Zeichnung einer Mercatorkarte bedarf man demnach nichts als der Kenntnis der polwärts wachsenden Abstände der Breitenparallelen von einander oder vom Aequator. Ein völliger Irrtum wäre es, aus den obigen Entwickelungen schliessen zu wollen, dass diese Abstände vom Aequator jeweils der Sekante der geographischen Breite ($\varphi^0 \times \sec \varphi$) entsprächen. Diese Abstände erhält man vielmehr, indem man stückweise jeden Einzelgrad der Breite mit sec φ multipliziert und diese Strecken addiert, oder genauer, indem man mit jeder Breiten-Sekunde von 0° 0′ 0″ bis zur gesuchten Breite φ derart verfährt. Die Analysis zeigt uns nun, dass die Summe dieser Sekanten, sobald man die Zwischenräume je um einen unendlich kleinen Bruchteil der Bogensekunde $d\varphi$ wachsen lässt, oder dass das Integral

$$y = \int_0^{\varphi} d\varphi \,.\, \sec \varphi = \log \text{nat tang } (45^0 + \varphi/_2) = 2{,}_{30259} \log \text{tang } (45^0 + \varphi/_2)$$

ist, entsprechend obiger Gleichung der Loxodrome für $\alpha = 45^0$ [30]). Die dort gefundenen Werte für λ geben uns also sofort die Abstände der Breitenparallelen vom Aequator (y) in Erdgraden. Wir fügen die Werte in Kilometern bei, wie sie einer grossen, um den wirklichen Erdaequator gelegten Mercatorkarte, und zwar für die Kugel ($R = 6370$ km) und für das Sphäroid (nach Bessel), entsprechen würden.

Breite	Abstand der Parallelen			Breite	Abstand der Parallelen		
	y	Kugel	Sphäroid		y	Kugel	Sphäroid
0°	0°	—	—	50°	57° 55′	6439 km	6413 km
10°	10° 3′	1117 km	1111 km	60°	75° 27′	8388 „	8362 „
20°	20° 25′	2270 „	2258 „	70°	99° 26′	11055 „	11027 „
30°	31° 28′	3498 „	3482 „	80°	139° 35′	15519 „	15495 „
40°	43° 43′	4860 „	4838 „	90°	∞	∞	∞

Man besitzt Tabellen für diese „Meridionalteile“ (vergrösserte Breiten) in Breitenminuten und Kilometern [31]).

---

[30]) Einen Näherungswert für die vergrösserte Breite φ, d. h. ihren Abstand vom Aequator bei der Mercatorprojektion, erhält man, wenn man statt des unendlichen kleinen Bruchteils der Strecke ($d\varphi$) einen endlichen Wert, z. B. eine Minute des Meridiangrades je mit der Sekante ihres Mittelpunktes multipliziert und diese Werte summiert. So pflegt die Entstehung der Mercatorprojektion in elementaren nautischen Lehrbüchern erklärt zu werden. Die vergrösserte Breite für 50° wäre danach die Summe von 3000 Summanden von folgender Form

$$1' \sec 0^0\, {}^1/_2' + 1' \sec 0^0\, 1\,{}^1/_2' + 1' \sec 0^0\, 2\,{}^1/_2' \ldots + 1' \sec 49^0\, 59\,{}^1/_2'.$$

Vergl. Breusings Steuermannskunst, 6. Aufl. v. C. Schilling, Bremen 1902, S. 145; Lehrbuch der Navigation, herausgegeb. v. Reichsmarineamt, Berlin 1906, I, 23. — [31]) Für die Kugel in Breitenminuten bis auf eine Dezimale für je 10′ z. B. bei Breusing, (Verebnen 1892, S. 45), und in Bolte's Nautischer Tafelsammlung (Hamburg 1899, Taf. 4) etc.; ferner mit Rücksicht auf die Erdabplattung (nach Bessel) von Minute zu Minute bis auf die 2. Dezimale in Projection Tables for the use of the U. S. Navy, Washington 1869, S. 4—10; endlich gleichfalls für das Sphäroid und halbe Grade in Aequatorgraden und Kilometern von H. Wagner (Geogr. Jahrbuch II, 1870, S. XLVI); dieselben Werte auf 10′ erweitert von A. Steinhauser (vergl. oben S. 120, Anm. 44).

Für Erdkarten in Mercatorprojektion gilt der „Massstab im Aequator". Um im übrigen die westöstlichen Entfernungen messen zu können, bedarf es eines eigenen Massstabes für jede einzelne Breite. Multipliziert man die Länge des Meilenmassstabes für den Aequator (in Millimetern) je mit der Sekante der Breite, und trägt man die berechneten Längen auf einer Schar von Parallelen auf, so erhält man einen „Massstab für die wachsenden Breiten", indem man jede Länge in die gleiche Zahl von Teilen teilt, in welche der Massstab für den Aequator schon geteilt ist (Atlas Taf. 10).

Die Seekarten werden im allgemeinen nicht auf dem Mantel des berührenden, sondern des schneidenden Zylinders entworfen. Als Schnittkreis ward bis vor kurzem der der niedersten Breite gewählt (am untern Kartenrand für Karten nördlicher Breite), neuerdings wie bei der rechtwinkeligen Plattkarte der der mittlern Breite des darzustellenden Gebiets. Dieser längentreu abgebildeten Breitenparallele wird der natürliche Massstab der Karte entnommen. Erst neuerdings tragen die deutschen Admiralitätskarten den Vermerk, für welche „Grundbreite" der Massstab gilt, auf den Karten selbst.

4. Eine flächentreue echte Zylinderprojektion erhält man umgekehrt, wenn man den Abstand der Parallelen polwärts immer mehr verkürzt. Lässt man ihren Abstand vom Aequator nämlich mit dem Sinus der Breite (oder mit der Höhe der Kugelzonen) wachsen, so wird die Höhe der Einzelzonen zwischen zwei Parallelen im selben Verhältnis nach den Polen hin abnehmen, wie sie vermöge der allgemeinen Eigenschaft der Zylinderprojektionen in die Länge gezogen werden, sich also vergrössern. Der Flächeninhalt der Kugelzonen muss also der gleiche bleiben. Diese Projektion, von Lambert zuerst 1772 angegeben, hat indessen praktische Anwendung nur sehr selten gefunden, da die Maschen in doppeltem Sinn breitgedrückt erscheinen.

Die mittlere Maximal-Winkelverzerrung ist trotzdem theoretisch auf dieser Projektion kleiner als bei den meisten, zu Erdkarten vorgeschlagenen Entwürfen (ca. $31\frac{1}{2}^0$); sie wird noch etwas günstiger ($27^0\,6'$), wenn man das gleiche Prinzip auf den Mantel eines die Erde in 30^0 N. u. S. schneidenden Zylinders überträgt[32]).

§ 102. Unechte Zylinderprojektionen mit nicht parallelen Meridianen.

1. Die trapezmaschige Projektion. Kehren wir zum Altertum zurück. Wir haben bisher keine Entwurfsart kennen gelernt, welche der Konvergenz der Meridiane nach den Polen Rechnung trüge. Eine erste Annäherung an die wahren Verhältnisse besteht in der Ersetzung der rechteckigen Masche durch das geradlinige Trapez. Das System gleichabständiger gerader Breitenparallelen bleibt dasselbe, längentreu bleibt aber jetzt allein der senkrechte Mittelmeridian. Dafür wahrt man, indem man von letzterm aus die Parallelgrade in richtigem Verhältnis auf zwei Breitenparallelen abträgt, nunmehr die

---

[32]) Vergl. W. Behrmann, Die beste bekannte flächentreue Projektion der ganzen Erde, Pet. Mit. 1910, II, 141, mit Karte im Kugelmassstab 1 : 100 000 000, und derselbe, „Zur Kritik der flächentreuen Projektionen" etc. (s. Anm. 15). Der Ausdruck „beste" gilt nur für die rein theoretische Seite der mittleren Maximal-Winkelverzerrung, während für die Kartenpraxis andere Gesichtspunkte massgebender sein können. Vergl. Eckert, Geogr. Zeitschr. XVI, 1910, 391; Zöppritz-Bludau, 3. Aufl. 1912, 227.

Längentreue der Parallelen gegenüber der Plattkarte auf zwei Breiten. Zuerst wählte man dazu die beiden extremen Breiten des geradlinigen Nord- und Südrandes der Karte. Bei weitem Abstand derselben begann man (wohl nach dem Vorgang Mercators, S. 224) die Abtragung auf Zwischenbreiten zu beiden Seiten des Mittelparallels.

Ob man das trapezförmige Gradnetz im Altertum schon für die Weltkarte benutzte (Hipparch?), erscheint durchaus fraglich[33]). Es gelangt zur Herrschaft durch die ersten gedruckten Ausgaben des Ptolemaeus (1478, 1482 ff.), in denen es für alle Länderkarten angewandt wird (an Stelle der bisher fast ausschliesslich zu grunde gelegten rechtwinkeligen Plattkarte), und es dürfte kaum mehr zu zweifeln sein, dass der deutsche Kosmograph Donnus Nicolaus Germanus es zuerst eingeführt hat[34]). Es kommt für Länderkarten in Ortelius (1570), wie in den Homannschen Atlanten des 18. Jahrh. fast allein zur Geltung und ward erst im 19. Jahrh. durch die Kegelprojektionen und ihre Abarten ersetzt, um für den Entwurf von Schülerskizzen in unsern Tagen wieder aufzuleben[35]).

2. Die Apiansche Projektion. Die eben geschilderte trapezmaschige Projektion ist für Erdteilkarten (ausser für Afrika) im 16. Jahrh. selten, für Weltkarten wohl niemals zur Anwendung gekommen wegen der ausserordentlichen Winkelzerrung der äussern Kartenteile. Peter Apian[36]) ersetzte 1524 für die Weltkarte die Meridiane durch Kreise, welche den Aequator in gleichen Abständen schnitten. Die Erdpole wurden dabei je zu einer den geradlinigen Parallelen gleichlaufenden Pollinie von halber Länge des Aequators ausgezogen und die Meridiankreise beiderseits bis zu diesen Pollinien geführt. Im Osten und Westen ward der Rahmen also von zwei Halbkreisen abgeschlossen. Diese leicht zu entwerfende Projektion hat sich für Erdkarten bis ins 18. Jahrhundert erhalten, ward dann durch die Merkatorprojektion verdrängt, um in ihrem Grundprinzip erst neuerdings wieder aufzuleben (s. u. Nr. 5, S. 221).

3. Die Sansons'sche (unecht zylindrische) Projektion mit längentreuen Parallelen (Atlas Taf. IV). In der eben geschilderten Entwurfsart wird nur der geradlinige Aequator in gleiche Teile geteilt; auf den andern (gleichabständigen) Breitenparallelen wachsen die Meridianabstände von der Mitte nach den Seiten. Nun hatte man im 16. Jahrh. schon früh begonnen, die Meridiane durch Bogen zu ersetzen, welche alle Parallelen im richtigen Verhältnis der abnehmenden Längengrade oder abweitungstreu[37]) schnitten. Wendet man dies Prinzip auf die Zylinderprojektion an, trägt man also auf allen Breitenparallelen die Teilpunkte im richtigen Verhältnis ab und verbindet man diese Punkte mittelst Kurvenlineals, so erhält man eine noch heute für aequatoriale Breiten (Afrika, Polynesien etc., vergl. Atlas Taf. 40) vielfach angewandte unecht zylindrische Projektion. Indem die Gradfelder in allen Breiten

[33]) H. Berger, Die Fragmente des Hipparch, 1869, 73 ff. — [34]) Vergl. den Beweis bei Jos. Fischer S. J., Die Entdeckungen der Normannen in Amerika, Freiburg 1902, 82 und 83. — [35]) Vergl. z. B. die Debesschen Zeichenatlanten nach Anleitung von Kirchhoff und Lehmann. — [36]) Cosmographicus liber, 1524 (s. oben S. 19). — [37]) Dieser Ausdruck rührt von Breusing her.

die gleiche Höhe und gleiche Grundlinien wie die Maschen des Gradnetzes auf dem Globus besitzen, werden sie in der Tat flächentreu abgebildet. Die gebogenen Meridiane sind, da ihre Abstände vom Mittelmeridian — vom Pol aus gerechnet — mit dem Sinus der Polabstände $[= n \cdot \sin(90^0 - \varphi)]$ wachsen, sog. Sinuslinien, weshalb man den Entwurf wohl auch als sinuslinigen unecht zylinderischen bezeichnet[38]).

Die erste Anwendung dieser Projektion findet sich zwar schon auf einer (unbenannten) Karte von Südamerika in Mercators Atlas vom Jahre 1606; dieselbe verdient aber sicher den Namen Sansons, weil der Franzose Nic. Sanson in seinen grossen, das 17. Jahrh. beherrschenden Atlanten sie ganz allgemein für Erdteil- und Länderkarten anwandte; ein unverkennbarer Fortschritt gegenüber der vorherrschenden trapezförmigen Karte[39]). Unbekannt mit diesen Verhältnissen haben die Astronomen des 18. Jahrhunderts sie nach dem Engländer Flamsteed benannt, da dieser sie in seinem Himmelsatlas 1729 allgemein anwandte. Für Erdkarten ist die Projektion niemals angewandt worden.

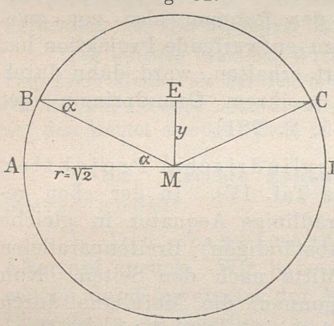
4. Die Mollweidesche Projektion. Einen andern flächentreuen unecht zylindrischen Entwurf, jedoch mit Meridianellipsen erhält man, wenn man den Abstand der geradlinigen Parallelen so wählt, dass der Bildstreifen zwischen je zwei Parallelen der entsprechenden Kugelzone an Fläche gleich wird (Atlas Taf. 4 und Taf. 9).

Der Halbmesser (r) des Kreisbildes, welches der halben Erdoberfläche ($2R^2\pi$) gleich sein soll, bestimmt sich aus der Gleichung $r^2\pi = 2R^2\pi$ zu $r = R \cdot \sqrt{2}$, (für $R = 6370^{km}$ also $= 9008^{km}$) oder für $R = 1$ zu $r = \sqrt{2}$. Der Abstand der Breitenparallelen y ($= \sin\alpha$, Fig. 52) vom Aequator findet sich durch die Gleichung

$$2\alpha + \sin 2\alpha = \pi \cdot \sin\varphi, \qquad (1)$$

in welcher links 2α dem doppelten Kreisausschnitt AMB und $\sin 2\alpha$ dem Dreieck BMC entspricht, in welche sich der Bildstreifen zerlegt[40]), während $\pi \cdot \sin\varphi$ (= halber grösster Kugelkreis π, multipliziert mit Höhe der Kugelzone, $\sin\varphi$), der halben Kugelzone von 0^0 bis zur Breite φ entspricht. Die mühsame Berechnung[41]) durch Annäherung liefert für $y = \sin\alpha$ die Werte

Fig. 52.



Breite	y (= sin α)		Breite	y (= sin α)	
0^0	0	0	50^0	0,651	5865 km
10^0	0,137	= 1232 km	60^0	0,762	6866 „
20^0	0,273	= 2450 „	70^0	0,862	7764 „
30^0	0,404	= 3639 „	80^0	0,945	8517 „
40^0	0,531	= 4783 „	90^0	1,000	9008 „

[38]) Dieser Ausdruck ist nicht mehr typisch, nachdem M. Eckert neuerdings eine andere unecht zylindrische Projektion mit Sinuslinien als Meridianen angegeben hat. Vergl. Nr. 5. — [39]) Diesen Umstand lässt Breusing (Verebnen, S. 53) ganz ausser acht, wenn er den Namen der Sansonschen Projektion bekämpft. — [40]) S. die Entwickelung bei Breusing (Verebnen, S. 54). Der Kreisausschnitt AMB hat zum Inhalt $\frac{1}{2}\sqrt{2} \cdot (\alpha \cdot \sqrt{2}) = \alpha$; der des Dreiecks dagegen berechnet sich aus $2 \cdot (\sqrt{2} \cdot \sin\alpha)(\sqrt{2} \cdot \cos\alpha) : 2 = 2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha = \sin 2\alpha$.

[41]) Von Bourdin geliefert. S. die Tabelle für je 5^0 Abstand bei Gretschel, Zöppritz, Breusing etc., für halbe Grade bei Germain S. 321. (S. die Titel in § 95.)

Die Konstruktion dieser Projektion ist äusserst leicht. Man teilt den geradlinigen Mittelmeridian ($2r$) gemäss dieser Tabelle ein und zieht durch die Teilpunkte eine Schar von Parallelen, beschreibt dann mit r, dem halben Meridian, einen Kreis um den Kartenmittelpunkt, teilt jeden dadurch abgeschnittenen Breitenparallel in gleiche Teile (z. B. in 18 Teile zu 10° etc.) und verbindet die Teilpunkte durch Kurven. Es zeigt sich, dass die Meridianbogen Ellipsen sind. Bei Ausdehnung der Projektion über den Rahmen der Halbkugel braucht man nur die Teilstücke der Parallelen auf ihren Verlängerungen weiter abzutragen und die Teilpunkte wie im Halbkugelbild zu Ellipsenbogen zu verbinden, Die Erdkarte ist dann gleichfalls von einer Ellipse, deren Achsen sich wie 2:1 verhalten, umrahmt.

Diese 1805 von Mollweide ersonnene Projektion gelangte erst, seit der Franzose Babinet sie als homalographische (1854) von neuem empfahl, zur Anwendung, um die Erdoberfläche in einer einzigen flächentreuen Projektion abzubilden. Doch lässt sie sich gut auch für Halbkugeln und Kugelzweiecke anwenden, wo sie neben der Flächentreue den Vorteil geradliniger Parallelen hat (Atlas, Taf. 9 u. 10).

Für die Mollweidesche Projektion kann allein der Kugelmassstab in Frage kommen, nicht der Mittelpunktsmassstab, da die Winkelverzerrung im Kartenmittelpunkt nicht = 0 wird. Gesetzt, der Aequator einer Erdkarte messe 150 mm, der Halbmesser r des Kreisbildes also $37{,}_5$ mm, so wird der zugehörige Kugelradius $\varrho = r : \sqrt{2} = 37{,}_5 : 1{,}_{41} = 26{,}_5$ mm sein. Der Massstab der Karte ist dann $26{,}_5$ mm : 6370 km = 1 : 240 000 000 (s. Atlas. Taf. 9).

5. Eckert's sinuslinige Erdkartenprojektion. Neuerdings hat M. Eckert einige hierhergehörige unechtzylindrische, flächentreue Projektionen angegeben[42]), indem er wieder wie Apian den Pol zu einer Pollinie von halber Aequatorlänge auszieht und Mittelmeridian zu Aequator in das Verhältnis 1 : 2 setzt. Derjenige unter seinen Entwürfen, welcher die Meridiane wie bei Sanson durch Sinuslinien ersetzt, hat schon mehrfach Anwendung für Erdkarten gefunden, da in ihnen die mittlern Kulturgebiete der nördlichen Landmassen weniger als bei Mollweide und den echten Zylinderprojektionen verzerrt werden.

Die Entwickelung der Formeln für die Abstände der Breitenparallelen (y) vom Aequator und der Abstände der östlichen und westlichen Randkurven auf diesen Parallelen vom Mittelmeridian aus (x) kann hier nicht gegeben werden[43]). Man findet für den Kugelradius = 1 und den Erdradius = 6370 km:

Breite	y	x	Breite	y	x
0°	0 = 0 km	$2{,}_{771}$ = 17651 km	50°	$0{,}_{956}$ = 6092 km	$2{,}_{033}$ = 12953 km
10°	$0{,}_{199}$ = 1265 „	$2{,}_{736}$ = 17428 „	60°	$1{,}_{120}$ = 7131 „	$1{,}_{797}$ = 11447 „
20°	$0{,}_{395}$ = 2518 „	$2{,}_{634}$ = 16780 „	70°	$1{,}_{257}$ = 8007 „	$1{,}_{586}$ = 10100 „
30°	$0{,}_{589}$ = 3750 „	$2{,}_{474}$ = 15760 „	80°	$1{,}_{352}$ = 8610 „	$1{,}_{439}$ = 9164 „
40°	$0{,}_{776}$ = 4946 „	$2{,}_{268}$ = 14447 „	90°	$1{,}_{386}$ = 8826 „	$1{,}_{386}$ = 8826 „

Der Kugelmassstab ϱ : 6370 km ergibt sich für diese Eckertsche Projektion ganz wie bei der Mollweideschen aus der gemessenen Länge des vierten Teils des Aequators, bezw. des halben Meridians (ϱ) und es ist der zugehörige Kugelradius $\varrho = r : 1{,}_{386}$.

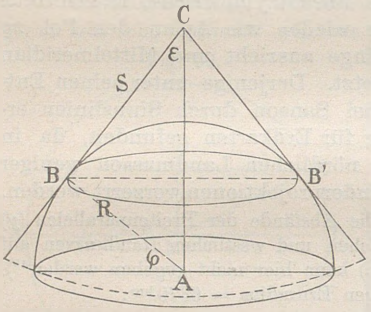
§ 103. Die echten Kegelprojektionen (mit geradlinigen Meridianen). Ptolemaeus folgerte richtig, dass, wenn man bei ausgedehnten Länderstrecken — wie für die zu seiner Zeit bekannte Welt — auf die

[42]) M. Eckert, Neue Entwürfe für Erdkarten, Peterm. Mitt. 1906, 102—109. — [43]) A. a. o. 103 ff. mit Werten von x und y für alle Grade in Teilen des Kugelradius.

Konvergenz der Meridiane gegen den Nordpol Rücksicht nehmen wolle, dies auch die Darstellung der Breitenparallelen durch Bogenlinien zur Folge habe. Damit ist er der Erfinder der neuen Klasse der Kegelprojektionen geworden, welche bisher nicht bekannt war. Sie führte die auch später durch viele Jahrhunderte gescheute technische Schwierigkeit der Zeichnung von Kreisbogen von grossem Halbmesser, deren Mittelpunkt zudem nicht auf der Kartenfläche liegt, in die Kartographie ein. Typisch für diese Projektionen ist nämlich, dass die Breitenparallelen als Bogen konzentrischer Kreise erscheinen, deren gemeinsamer Mittelpunkt auf der Verlängerung des geradlinigen Mittelmeridians liegt. Vom mathematischen Standpunkt liegt es nahe, als Projektionsfläche den Mantel eines normalen Kegels anzusehen, welcher die Erdkugel längs eines Breitenkreises berührt oder die Oberfläche längs zweier Breitenkreise schneidet. Von selbst folgt dann, dass man die Meridiane durch die geradlinigen Seitenlinien des Kegels darstellt.

1. Die einfache oder wahre Kegelprojektion mit längentreuen Meridianen, wie sie unmittelbar auf Ptolemaeus[44]) zurückzuführen ist, konstruiert das Gradnetz auf dem Mantel eines die Erde im Mittelparallel der Karte berührenden normalen Kegels (Fig. 53, Atlas Taf. IV). Rollt man denselben auf, so erscheint dieser Mittelparallel in seiner wahren Länge als Bogen eines Kreises, welcher mit der Seitenlinie des Kegels beschrieben wird. Die Länge dieser letztern hängt offenbar von der geographischen Breite der Kartenmitte ab. Der Kegel, welcher die Erde berührt, wird um so flacher, je mehr sich der beiden Flächen gemeinsame Mittelparallel dem Pol nähert, um so spitzer dagegen, je mehr dieser gegen den Aequator zu rückt (S. 211). Aus dem rechtwinkeligen Profil-Dreieck ABC, welches von Seitenlinie (S), Kegelachse und Erdradius gebildet wird, ergibt sich, dass der Winkel ε an der Kegelspitze stets gleich dem der geographischen Breite φ ist. Folglich ist die Seitenlinie

Fig. 53.



$$S = R \,.\, \text{cotang}\, \varepsilon = R \,.\, \text{cotang}\, \varphi$$

und daher für jede Mittelbreite leicht zu berechnen[45]).

---

[44]) Geogr. I. Kap. 24. Die Kap. 21 — 24 des I. Buches des Ptolemaeus sind von Th. Schöne neuerdings übersetzt und mit Anmerk. versehen herausgegeben in der wiss. Beilage des Jahresberichts d. k. Gymnasiums zu Chemnitz 1909. — [45]) In Graden finden sich Tabellen der Radiuslänge in fast allen Werken über Kartenprojektionen. In Graden und Kilometern (für halbe Grade der Breite) mit Rücksicht auf die Abplattung nach Bessel siehe H. Wagners Tafel im Geogr. Jahrb. III, 1870, S. XXXIV. Sie ist auf je 10′ erweitert von

Bei der wahren Kegelprojektion teilt man auf dem geradlinigen Mittelmeridian so viel Breitengrade ab, als man der Karte nordsüdliche Ausdehnung geben will; alsdann trägt man vom Schnittpunkt des Mittelparallels auf der Verlängerung des Mittelmeridians die berechnete Seitenlinie ab und zieht von dem so gefundenen Projektionspol (der Kegelspitze) konzentrische Kreisbogen mittelst der Abstände desselben von den Teilpunkten des Mittelmeridians. Nachdem dann der Mittelparallel im richtigen Verhältnis zur Mittelbreite geteilt ist, zieht man je durch diese Teilpunkte und den Projektionspol die Meridiane als gerade Linien aus.

Auf dieser wahren Kegelprojektion werden sich also Meridiane und Breitenkreise überall rechtwinkelig schneiden; die Meridiane erscheinen sämtlich längentreu innerhalb der Karte, die Breitenparallelen sind gleichabständig wie auf der Kugel, auch bilden die Gradfelder normale Trapeze. Dennoch ist der Entwurf ebenso wenig wie die Plattkarte winkeltreu oder flächentreu. Denn nur auf dem Mittelparallel haben die Meridiane die richtigen Abstände; nach N werden die Längengrade zu klein, nach S zu gross, und zwar um so mehr, je weiter man sich vom Mittelparallel entfernt. Der Entwurf eignet sich also wesentlich nur für Landstriche von geringer meridionaler Ausdehnung. Als Grenzfälle sind einerseits die aequidistante Polarkarte (S. 230) und andererseits die quadratische Plattkarte (S. 214) zu betrachten, je nachdem man den Kegel die Erde am Pol oder am Aequator berühren lässt.

Die Zeichnung grosser Kreise. Die hauptsächlichste technische Schwierigkeit besteht bei allen Kegelprojektionen, aber auch bei den später zu erwähnenden Kreisnetzen, darin, dass die Halbmesser der zu zeichnenden Kreisbogen für grössere Massstäbe oder für niedere Breiten beträchtlich zu gross sind. Schon eine Uebersichtskarte Mitteleuropas im Massstab 1 : 5 000 000 (Atlas, Taf. 16) erfordert einen Radius von mehr als 1^m (R . cotang $50^0 = 1274^{mm} . 0{,}839 = 1069^{mm}$)[46], in 1 : $2^1/_2$ Mill. von mehr als 2^m. Damit werden bereits die Leistungen der gewöhnlichen Stangenzirkel, die selten über 1^m Länge besitzen, überboten. Man muss zur Einzeichnung so flacher Kreisbogen mittelst rechtwinkeliger Koordinaten seine Zuflucht nehmen, indem man die Durchschnittspunkte der Breitenparallelen mit dem Mittelmeridian als Nullpunkt, den Meridian als Ordinatenachse, und eine auf ihm senkrechte Hülfslinie als Abszissenachse ansieht. Bedeutet λ den Meridianwinkel, S die Seitenlinie, so lässt sich eine beliebige Anzahl von Punkten der Kreisbogen durch $x = S . \sin \lambda$ und $y = S . (1 - \cos \lambda) = S .$ sin versus λ berechnen, was durch Hülfstafeln des Sinus versus erleichtert wird[47].

2. Die vereinfachte Kegelprojektion. Eine nicht geringere technische Schwierigkeit besteht bei der wahren Kegelprojektion daneben in der Zeichnung der geradlinigen Meridiane, die man theoretisch durch Verbindung der Teilpunkte des Mittelparallels mit dem weit entfernten, meist nicht mehr auf dem Kartenblatt befindlichen Projektionspol erhalten müsste. Dieser Schwierigkeit ist zuerst Mer-

---

Steinhauser (vergl. S. 120, Anm. 44). Berücksichtigt man das Sphäroid, so wird die Seitenlinie = N . cotang φ, wo N die Normale für die Mittelbreite (s. oben § 59) bildet. Da die Normale stets ein wenig grösser als R ist, so folgt für das Sphäroid ein etwas grösserer Wert der Seitenlinie als für die Kugel. — [46]) Mit Rücksicht auf die Abplattung 1072^{mm} (s. Atlas). Die Ziffern für die Radiuslänge der mittlern Parallelkreise auf den Karten meines Atlas wird man wegen dieser Berücksichtigung der Abplattung stets um einige Millimeter grösser finden (s. Anm. 45). — [47]) S. Näheres im Geogr. Jahrb. III, 1870, S. XXVIII ff.

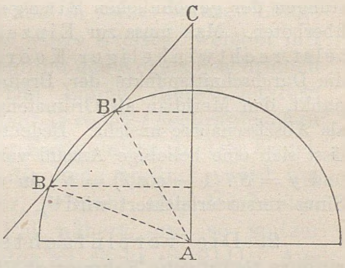
cator begegnet, indem er die beiden zur Zeichnung der Meridiane notwendigen Schnittpunkte in die Projektion selbt verlegte[48]). Er teilte die intermediären, d. h. die von Kartenrand und Kartenmitte (annähernd) gleichweit abstehenden Breitenparallelen nach richtigem Verhältnis der Breite oder längentreu und zog durch diese Teilpunkte nun bequem geradlinige Meridiane wie bei der trapezmaschigen Projektion.

Hierdurch geht allerdings der Vorzug des rechtwinkeligen Schnitts der Meridiane und Parallelen und die volle Längentreue der Seitenmeridiane verloren, weil sich die Meridianlinien nicht mehr in einem Punkte schneiden (s. Atlas, Tafel IV). In höhern Breiten ist dies bei starkgekrümmten Breitenkreisen sehr bemerklich. Dafür vermindern sich aber die Fehler in der Richtung der Abweitung. Zunächst erscheinen nun zwei Parallelkreise längentreu abgebildet. Gegen den obern und untern Kartenrand stehen die Meridiane jetzt nicht mehr so weit von einander ab als bei der wahren Kegelprojektion; dagegen werden die Partien zwischen den geteilten Hauptparallelen ein wenig zusammengerückt, am meisten längs des Mittelparallels der Karte.

In dieser vereinfachten Form (welche letztere übrigens das 16. Jahrh. noch nicht kannte, S. 200), hat die Projektion auf den Berührungskegel mit geradlinigen Meridianen seit 150 Jahren die trapezförmige Projektion für Länder- und Provinzkarten allmählich ganz aus unsern Atlanten verdrängt und findet auch heute noch da sehr viel Anwendung, wo eine äusserste Genauigkeit nicht beansprucht wird. (S. die sämtlichen Länderkarten des Sydow-Wagnerschen Atlas.)

3. Delisle's Projektion auf den Schnittkegel[49]). Man kann die Vorteile der eben geschilderten Kegelprojektion mit der Rechtschnittigkeit zwischen Meridian und Parallelen vereinigen, wenn man als Projektionsfläche nicht mehr den Mantel des berührenden, sondern desjenigen normalen Kegels anwendet, welcher die Erdkugel in den zwei Zwischenparallelen schneidet. Die Berechnung der Radien für die konzentrischen Breitenparallelen ist dann nur wenig verwickelter; im übrigen ist das Entwurfsverfahren das gleiche.

Fig. 54.



[48]) Damit ist nicht gesagt, dass Mercator bereits die vereinfachte Kegelprojektion angewandt hätte, wie Eckert (Geogr. Zeitschr. XVI, 1910, S. 315, Anm. 5) aus obigen Worten herausgelesen hat. Mercator hat jene Vereinfachung in Ausschnitte aus einem polständigen Kreisnetz übertragen, wie deutlich aus der Darstellung oben S. 200 hervorgeht. — [49]) Mercator ist also nicht, wie Breusing (Verebnen, S. 63), Hammer u. a. nach dem Vorgang d'Avezac's (Bull. Soc. Géogr., Paris 1863, 318) annehmen, der Erfinder der Projektion auf den Schnittkegel. Man begeht durch solche Annahme einen wissenschaftlichen Anachronismus. Jeder Unbefangene sieht, dass auf Mercators Atlaskarten die Parallelkreise nicht senkrecht von den Meridianen geschnitten werden. Fiorini (Gerardo Mercatore, in Boll. Soc. Geogr. Ital. 1890, 344) hat den richtigen Sachverhalt bereits erkannt. Diese Projektion ist bewusstvoll zuerst 1745 von dem Astronomen Jos. Nic. Delisle († 1768), dem Bruder des Geographen Guill. Delisle († 1726), angewandt und später viel erörtert worden.

Man erkennt leicht, dass die Meridiane, welche durch die im richtigen Verhältnis geteilten beiden Schnittparallelen gezogen sind, sich nunmehr wieder im Projektionspol treffen und daher auch alle konzentrischen Parallelen rechtwinkelig schneiden müssen. Die Längentreue der Meridiane kann zwar durch richtige Wahl des Verhältnisses, in welchem man die beiden Zwischenparallelen teilt, gewahrt werden; die Projektion ist aber weder winkel- noch flächentreu.

4. Lamberts winkeltreue Kegelprojektion. Angeregt durch die Erörterungen über den Schnittkegel als Projektionsfläche hat Lambert 1772 einige Projektionen angegeben, die erst jetzt hie und da in den deutschen Atlanten Eingang finden. Unter Aufgabe der Längentreue der Meridiane kann man dadurch eine winkeltreue Projektion erhalten, dass man die Parallelkreise vom Mittelparallel aus nach aussen in bestimmtem Verhältnis auseinander schiebt. Bedeutet nämlich m das Verhältnis, in welchem der Winkel zweier Meridiane auf der Karte grösser oder kleiner ist als der wahre Winkel, den diese Meridiane am Pol auf der Kugel bilden, so ist der Abstand der Breitenparallelen vom Projektionspol gegeben durch die Formel für die Seitenlinie des Kegels

$$S = \text{tang}\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)^m, \text{ also } \log S = m \,.\, \log \text{tang}\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)^{49)}.$$

5. Lamberts flächentreue Kegelprojektion[50]) will mittelst der geradlinigen Meridiane aus jedem Ring zwischen je zwei Breitenparallelen ein Stück herausschneiden, das dem entsprechenden Stück der Kugelzone an Fläche gleich ist. Zu diesem Zweck müssen die Breitenparallelen aus Gründen, welche wir bei der flächentreuen Azimutalprojektion erläutern wollen (§ 106, 5, Fig. 57), vom Projektionspol aus mit einem Radius

$$S = 2 \,.\, \sin\left(\frac{90^0 - \varphi}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{1}{m}}$$

gezogen werden, wo m wieder obiges Verhältnis bedeutet. Die Breitenparallelen sind also bei dieser Projektion nicht gleichabständig, sondern nähern sich einander um so mehr, je weiter man sich vom Pol entfernt.

§ 104. Die unechten Kegelprojektionen mit krummlinigen Meridianen.

1. Ptolemaeus' zweite Projektion[51]). Betrachtet man einen Globus vom Zenit eines beliebigen Punktes zwischen Pol und Aequator, so erscheinen uns nicht nur die Parallelkreise gekrümmt, sondern auch die Meridiane als gebogene, nach der Mitte des überschauten Landes konkave Linien. Diesen Eindrücken trug des Ptole-

[49]) Lambert a. a. O. § 47—57, s. Näheres bei Zöppritz, S. 93; Zöppritz-Bludau, S. 117. Diese Projektion wird auch als die Lambert-Gausssche bezeichnet. Die Karten von Ostasien, Südasien, Südamerika, den Verein. Staaten etc. in Debes' Handatlas sind in dieser Projektion entworfen. — [50]) S. Lambert a. a. O. § 108; Zöppritz, S. 89 ff., mit Tabellen für die Mittelparallelen 5°, 10°, 15°, 20°, ... 60°; Zöppritz-Bludau, S. 102. — [51]) Vergl. Th. Schöne (Anm. 44), S. 8 ff.

maeus zweite Projektion Rechnung. Die Verlegung des Kartenmittelpunkts auf einen Punkt des Wendekreises, der dadurch zum Hauptparallel wird, ändert an der Darstellung der gleichabständigen Breitenparallelen nichts. Als Projektionsfläche kann wie bisher der aufgerollte Mantel eines berührenden Kegels gelten. Aber indem Ptolemaeus auf drei Parallelen (Agisymba 16° S, Syene 24° N, Thule 63° N) je einen Punkt bestimmte, welcher 90 Längengrade vom Mittelmeridian entfernt war, und Kreisbogen durch die drei Schnittpunkte zog, legte er den Grund zu den unechten Kegelprojektionen mit krummlinigen Meridianen, welche für Erdteilkarten und Karten grösserer Länder unsere Atlanten noch vollkommen beherrschen.

Bei der zweiten Projektion des Ptolemaeus werden die einzelnen Meridiane gewonnen, indem man die Breitenparallelen zwischen Mittel- und Grenzmeridianen in gleiche Teile teilt und die Teilpunkte verbindet. Im Zeitalter der Entdeckungen hat man diese Projektion über 180° hinaus erweitert, indem man die Teile über die Grenzmeridiane hinaus abtrug. Es wird die Längentreue der Breitenparallelen (Abweitungstreue) hierbei also zunächst nur auf drei Parallelen gewahrt.

2. Die Stab-Wernersche Projektion. Der Gedanke lag nahe, die krummlinigen Meridiane durch Linien zu ersetzen, welche alle Parallelkreise im richtigen Verhältnis wie auf der Kugel, also längentreu teilen und sich folglich auch im Pol unter den richtigen Winkeln scheiden. Dies führte zuerst (1514) Joh. Werner[52]) nach Vorschlägen von Joh. Stab aus, nur dass sie aus Gründen, die oben (S. 200) dargelegt sind, als Projektionsfläche den Grenzfall des im Pol zur Ebene verflachten Kegels annahmen. Radius der Breitenparallelen wird einfach der sphärische Abstand, zur geraden Linie ausgestreckt, also für den Radius der Kugel = 1.

$$S = \text{arc}\,(90 - \varphi).$$

Die genannten Mathematiker schufen dadurch — wenn auch noch unbewusst — zum ersten Male eine flächentreue Projektion. Dieser Grenzfall einer polständigen[53]) Kegelprojektion, wie wir dieselbe bezeichnen können, weil Projektions- und Erdpol wirklich in einem Punkte zusammenfallen, hat zuerst für Weltkarten Anwendung gefunden, ward indessen bald durch andere verdrängt. Dehnt man nämlich dieselbe auf 180° beiderseits vom geradlinigen Mittelmeridian, also auf die ganze Erde aus, so nimmt das Gesamtbild die Gestalt eines Herzens an (herzförmige Projektion Stab-Werners[54]). Erst Mercators Sohn hat diese Stab-Wernersche polständige Projektion mit längentreuen Parallelen auch für Asien und Afrika angewandt, ohne Nachahmung zu

[52]) Annotationes Ioan. Verneri in primum librum geogr. Cl. Ptolemaei; libellus de quatuor aliis planis terr. orbis descriptionibus. Norimb. 1514. — [53]) Zu den wenigst empfehlenswerten Vorschlägen A. Breusings behufs Abänderung der Namengebung gehörten ohne Zweifel die Ausdrücke polständig, zwischenständig, aequatorständig statt normal (rechtachsig), schiefachsig und transversal (querachsig). Polständig sollte man auf den Spezialfall beschränken, dass der Projektionspol (die Kegelspitze) im Nord- und Südpol der Erde gelegen ist, und nicht wie bei allen normalen Kegelprojektionen in der verlängerten Erdachse über dem Nordpol. — [54]) Vergl. hierüber auch 'Stabius redivivus' von A. Steinhauser in Zeitschr. f. wiss. Geogr. V, 1885, 289 ff. mit Karte.

finden; fälschlicherweise hat man dieses Verfahren mit dem Bonneschen Entwurf verwechselt[55]; es ist allerdings ein Grenzfall des letzteren (s. u.).

3. Die flächentreue unechtkonische sog. Bonnesche Projektion. Im bewussten Gegensatz zur vereinfachten Kegelprojektion mit geraden Meridianen (S. 223) hat der Franzose Rigobert Bonne im 18. Jahrhundert das Prinzip der Meridiankurven, welche alle Kreisparallelen längentreu schneiden, siegreich in die Kartographie eingeführt. Als Projektionsfläche gilt ihm der Mantel des die Erde jeweils im Mittelparallel berührenden Kegels. Die Parallelkreise werden gleichabständig gezeichnet, jeder einzelne vom Mittelmeridian aus im richtigen Verhältnis zur Breite geteilt und die Treffpunkte werden durch Kurven verbunden. (Atlas Taf. IV.)

Diese unecht-konische, flächentreue sog. Bonnesche Projektion ist seit 100 Jahren für Erdteil- und Länderkarten in unsern Atlanten fast ausschliesslich zur Anwendung gekommen (neben der vereinfachten echten Kegelprojektion (s. o.) für kleine Länder und Landstriche). Es ist keine Frage, dass, weil die Meridiane die Parallelen unter schiefen Winkeln schneiden, damit eine nach den Rändern wachsende Winkelverzerrung eintritt. Die neuere Prüfung hat ergeben, dass die Fehler für Längen und Winkel beträchtlich werden, sobald man sich um mehr als $25^0 - 30^0$ allseitig vom Kartenmittelpunkt entfernt[56]). Daraus folgt, dass sie für grössere Flächen Bedenken erregt und zweckmässiger durch andere Projektionen ersetzt wird. Sie ganz zu verlassen, liegt indessen bei der Leichtigkeit ihrer Konstruktion kein Grund vor. — Als Grenzfall der Bonneschen Projektion für aequatoriale Breiten muss die Sansonsche Projektion (S. 219) gelten. Hiervon kann man sich unmittelbar durch den Augenschein überzeugen. Denn die gebogenen Breitenparallelen gehen schliesslich in eine Schar gerader Parallelen über, wenn man das auf einen Globus gerichtete Auge von höheren Breiten allmählich bis in die Ebene des Aequators wandern lässt. Auf der andern Seite lässt sich auch die Stab-Wernersche Projektion als ein Grenzfall der Bonneschen ansehen, sobald man bei letzterer die Berührung der Kegelfläche mit der Erde in den Pol selbst rückt.

§ 105. Nichtnormale Zylinder- und Kegelprojektionen. Aus den obigen Betrachtungen geht hervor, dass diejenigen Gegenden der Erde am richtigsten mittelst der Projektion auf abwickelbare Flächen dargestellt werden, welche nahe dem Berührungskreise bezw. den Schnittkreisen zwischen der Kugel und jenen Flächen gelegen sind. Bei dem normalen Zylinder und Kegel laufen diese Hauptkreise stets dem Aequator parallel. Manche Länder gruppieren sich jedoch um eine Hauptachse, welche in einer zum Breitenparallel schiefen (z. B. Nordamerika) oder auch mehr meridionalen Richtung (z. B. Chile) verläuft. In diesen Fällen werden sich daher schiefachsige oder quergestellte Walzen und Kegel dem Lande besser anschmiegen. Wir können nur kurz bei diesen Gebilden verweilen. Solche transversale oder querachsige Zylinderentwürfe, bei denen nicht mehr der Aequator,

[55]) Dieser Irrtum geht auf Breusing (1869) zurück, dem dann Hammer u. a. gefolgt sind, vergl. auch Eckert, Geogr. Zeitschr. 1910, 316. — [56]) Vergl. die Karte Asiens von A. Bludau in Bonnescher und flächentreuer Azimutalprojektion auf ein und demselben Blatt (Mittelpunktsmassstab 1 : 40 000 000); Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., XXV, 1890.

sondern ein Meridiankreis als berührender Hauptkreis gilt, hat man schon im 18. Jahrhundert vorgeschlagen, wenn auch selten angewendet (transversale Plattkarte, transversale Mercatorprojektion [57]). Auch hieran knüpft man neuerdings wieder an [58] und empfiehlt z. B. für Südamerika den Entwurf auf einen querachsigen Zylinder, sei es, dass er die Erde etwa längs des 60. Meridians W. v. Gr. berührt oder sie in zwei parallelen Nebenkreisen zur Seite desselben schneidet. — Ebenso hat man mehrfach auf die schiefachsigen Zylinder- oder Kegelprojektionen hingewiesen. Die Vorteile grösserer Treue für die Hauptteile der Karte werden dann durch den Nachteil erkauft, dass keine gerade orientierende Mittellinie mehr die Projektion symmetrisch teilt [59]. Auch lässt es sich bei den schiefachsigen Kegelprojektionen nicht immer vermeiden, dass der aufgeschlitzte Teil zwischen der zur Ebene ausgebreiteten Kegelmantelfläche noch störend in das Kartenbild hineinwandert [60]. Feste Erkennungszeichen lassen sich für diese nichtnormalen Zylinder- und Kegelflächen schwer angeben.

§ 106. Die azimutalen Projektionen entwerfen das Bild der Karte unmittelbar auf eine Ebene, welche die Erde an einem Punkte berührt. Als Projektionsfläche muss man also die Ebene des (scheinbaren) Horizonts auffassen. Der Projektionspol fällt hier immer mit dem Kartenmittelpunkt zusammen. Es handelt sich um die Abbildung einer Kugelkappe (§ 99), weshalb man vorgeschlagen hat, diese Entwürfe stets durch einen kreisförmigen Kartenrand abzuschliessen. Wenn alle Punkte rings um diesen Mittelpunkt dasselbe Azimut wie auf der Erdkugel behalten sollen, so müssen die Richtungslinien zu diesen Punkten — sie sind auf der Erdoberfläche Stücke grösster Kugelkreise — auf der Karte durch ein Büschel gerader Strahlen, die sich im Mittelpunkt schneiden, abgebildet werden (Mittelpunktsgrosskreise). Auch müssen alle auf der Erdkugel in gleicher Entfernung um den Mittelpunkt gelegenen Punkte auf der Karte auf dem Umfang konzentrischer Kreise (Horizontalkreise) gelegen sein. Infolge der letztern Eigenschaft bezeichnet man die azimutalen Projektionen auch als zenitale, doch ist zu bemerken, dass es auch zenitale Entwürfe gibt, die nicht azimutal sind.

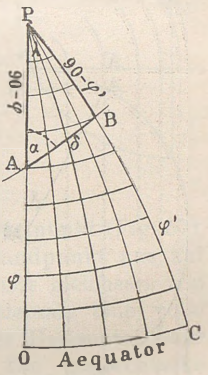
Das ursprüngliche Netz von Hülfslinien besteht also bei azimutalen Projektionen aus einem System konzentrischer Kreise, über

---

[57]) Z. B. ist die Cassinische Karte von Frankreich (1 : 86400) auf eine solche transversale Plattkarte zurückzuführen. Der Grundkreis fällt mit dem Meridian von Paris zusammen. Irrtümlich wird die Soldnersche Projektion als Grundlage der Bayerischen Landesvermessung, die gar keine Zylinderprojektion ist, aber längs des Mittelmeridians sehr nahe mit einer transversalen Plattkarte übereinstimmt, mit der Cassinischen identifiziert. Vergl. Rothammel in Pet. Mitt. 1905, 259. — [58]) Vergl. hierzu besonders die Ausführungen, durch Tabellen und Netze erläutert, von E. Hammer (Kartenprojekt. 1889, S. 88, 119 ff.). — [59]) Vergl. O. Winkel, Flächentreue, schiefachsige Zylinderprojektion für Nord- und Südamerika mit Hauptpunkten in 0° Br., 60° östl. v. Gr., im Kugelmassstab 1 : 60000000 Pet. Mitt. 1909, 329 u. 379, Taf. 40 u. 44. — [60]) Vergl. Hammer a. a. O., 138; Zöppritz, Karte von Afrika mit Schlitz in der Kartenfläche, Zeitschrift d. Ges. f. Erdk. XIX, 1884, Taf. 1; Bludau, das. XXVI, 1891, 145 ff.; Zöppritz-Bludau, S. 89.

welche sich eine Anzahl von geradlinigen Strahlen als Durchmesser ausbreiten [61]). Die einfachste Kompasskarte (ohne die Nebenrosen) gibt uns ein Bild des Netzes von Hülfslinien einer Azimutalprojektion. Verlegt man den Projektionspol in den Erdpol, so fallen diese ursprünglichen Hülfslinien mit den Gradnetzlinien zusammen, nämlich die Richtungsstrahlen mit den sich im Pol schneidenden geradlinigen Meridianen, die Horizontalkreise mit den kreisförmigen Breitenparallelen. „Polarkarten" (mit geraden Meridianen) sind also immer azimutale Entwürfe. Liegt der Projektionspol dagegen im Aequator oder in beliebiger Breite [62]), so pflegt man die ursprünglichen Hülfslinien fortzulassen und nur die Gradnetzlinien als die zur Orientierung auf der Karte geographisch wichtigern abzubilden. Die Azimutalität sieht man dem Gradnetz in diesem Falle nicht sofort an. Man könnte solche azimutalen Entwürfe durch einige vom Zentrum ausgehende Richtungsstrahlen und Horizontalkreise kennzeichnen, ohne das Bild zu sehr mit mathematischen Linien zu belasten. Der Mittelmeridian ist selbstverständlich auf jeder beliebigen azimutalen (Horizontal-)Projektion geradlinig abgebildet, da er ein grösster, durch den Kartenmittelpunkt gehender Kreis ist. Rückt der Projektionspol in den Aequator (Aequatorialprojektion), so gesellt sich ihm der letztere als zweite gerade Linie des Netzes zu.

Fig. 55.



Eine einfache trigonometrische Berechnung lässt uns die beiden azimutalen Koordinaten eines jeden Netzpunktes finden: nämlich einerseits den Azimutal-Winkel α, den ein grösster Kreis zwischen dem Kartenmittelpunkt A (in der Breite φ) und dem fraglichen Netzpunkt B (in der Breite φ' und λ^0 ö. oder w. von A) mit dem Mittelmeridian OP (Fig. 55) bildet, und andererseits die sphärische Entfernung oder Länge des Bogens (δ) zwischen A und B nach dem Kosinussatz (S. 71)

$$\cos\delta = \cos(90-\varphi)\,.\,\cos(90-\varphi') + \sin(90-\varphi)\,.\,\sin(90-\varphi')\,.\,\cos\lambda$$

$$\cos\delta = \sin\varphi\,.\,\sin\varphi' + \cos\varphi\,.\,\cos\varphi'\,.\,\cos\lambda \qquad (1)$$

$$\text{und } \sin\alpha = \frac{\sin\lambda\,.\,\cos\varphi'}{\sin\delta} \qquad (2)$$

Man besitzt Tabellen, welche diese beiden Werte für bestimmte Mittelpunktsbreiten nach obigen Formeln geben [63]).

Die verschiedenen Arten der azimutalen Entwürfe können sich dann nur durch das Gesetz unterscheiden, nach welchem die Abstände der Netzpunkte vom Projektionspol O (und damit die Halbmesser der Horizontalkreise) wachsen. Legt man also

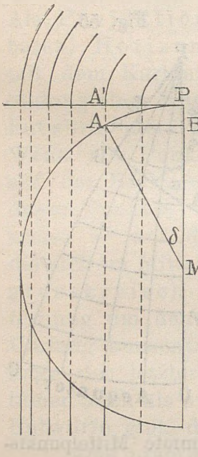
---

[61]) Breusing schlägt daher zur Verdeutschung den Ausdruck „strahlige" Projektionen vor. — [62]) Hammer bezeichnet diese Entwürfe als „schiefachsige", indem der die Erde im Kartenmittelpunkt treffende Durchmesser als „Achse" der Kugelkappe aufgefasst werden kann. — [63]) Sehr ausgedehnte Tabellen für das 5°-Netz und die Mittelpunktsbreiten 0°, 15°, 20°, 25° . . . . . bis 60°, 75° hat Hammer (Kartenproj. 1889) veröffentlicht und dadurch dem Entwurf azimutaler Projektionen grossen Vorschub geleistet.

die verschiedenen azimutalen Projektionen für gleiche Mittelpunktsbreite — ob gleichen oder ungleichen Massstabes ist einerlei — mit dem Mittelmeridian und dem Projektionspol auf einander, so liegen die gleich bezifferten Netzpunkte dieser Entwürfe sämtlich in gerader Linie vom Mittelpunkt aus. Wir wählen fünf Arten azimutaler Entwürfe aus, welche in der Kartographie häufiger zur Anwendung gekommen sind. Drei unter diesen — der orthographische, gnomonische und stereographische — bilden die Gruppe der perspektivischen Projektionen. Diesen ist eigen, dass die Netzpunkte des Erdgradnetzes direkt durch Sehstrahlen von einem bestimmt gelegenen Augenpunkt auf die Projektionsebene geworfen werden (Atlas Taf. IV). Wir behandeln diese perspektivischen Projektionen im folgenden jedoch nicht getrennt, sondern schliessen sie der leichtern Entwickelung wegen zwischen die beiden nicht perspektivischen ein.

1. Von aequidistanten oder mittabstandstreuen Azimutalprojektionen[64]) spricht man, wenn die Richtungsstrahlen einfach von der Erdkugel abgewickelt und geradegestreckt sind, wenn also die Mittelpunktsgrosskreise längentreu abgebildet werden (Mittabstandstreue[65]). Es ist klar, dass dann der Halbmesser der Horizontalkreise (ϱ) dem sphärischen Abstand derselben vom Projektionspol ($=$ arc δ), bei Polarkarten also dem Komplementbogen der Breite $=$ arc $(90 - \varphi)$, entsprechen muss[66]).

Fig. 56.



Diese Projektion kann natürlich nicht winkel- und nicht flächentreu sein, obwohl die Strahlen längentreu sind und alle Kreise senkrecht schneiden. Denn sämtliche Horizontalkreise werden im Bild mit einem grössern Radius (ϱ = arc δ) erscheinen, als er denselben auf der Kugel ($\varrho = R \cdot \sin \delta$; s. Fig. 56) zukommt.

2. Orthographisch[67]) heisst die Azimutalprojektion dagegen, wenn die Horizontkreise längentreu abgebildet werden; man muss sie dann mit dem gleichen Radius wie bei der Kugel, nämlich, da $AB = AM \cdot \sin \delta$ (Fig. 56), mit

$$\varrho = R \cdot \sin \delta$$

ziehen. In dieser Grösse projizieren sich diese Halbmesser auch auf

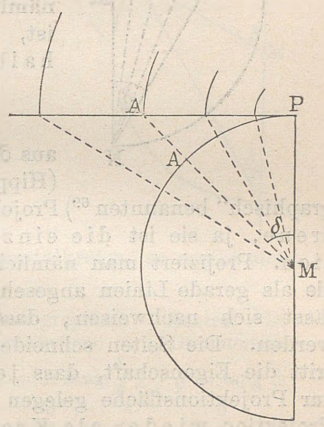
---

[64]) Seit d'Avezac 1863 den Irrtum beging, den Franzosen G. Postel als den ersten anzusehen, der diese Projektion (1581) angewandt habe, wird dieselbe vielfach als Postelsche bezeichnet. Tatsächlich hat man Polarkarten — auch Postel entwarf nur eine solche — in dieser höchst einfachen Projektion schon viel früher (z. B. Mercator 1569) entworfen (s. auch Breusing, Verebnen S. 64). Lambert hat 1772 dagegen diese mittabstandstreue Azimutalprojektion zuerst für einen Punkt des Aequators als Kartenmittelpunkt vorgeschlagen. — [65]) Zöppritz, Leitfaden S. 25. — [66]) Vergl. die erschöpfenden Entwickelungen in W. Schjerning, Ueber die mittabstandstreuen Projektionen (Abh. d. k. k. Geogr. Ges. Wien, Bd. V, 1903/4, Nr. 4, mit 3 Tafeln). — [67]) Dieser Name stammt zwar auch schon aus dem Altertum (Vitruv), doch ist er erst 1613 auf diese Projektion von Pater Aguillon angewandt worden; Ptolemaeus nennt sie Analemma.

einer Tangentialfläche nach den Regeln der Perspektive, wenn man sich den Augenpunkt in der Verlängerung der Achse der abzubildenden Kugelkappe, und zwar in unendlicher Entfernung, denkt. Alsdann laufen alle Projektionsstrahlen parallel mit dieser Achse (daher auch der Name „Parallelprojektion"); alle Netzpunkte behalten auf der Berührungsfläche den gleichen Abstand ($A'P$) vom Projektionspol wie von der Achse (AB).

Mehr als eine Halbkugel kann man demnach in der orthographischen Projektion nicht abbilden; man erkennt sie leicht an der ausserordentlichen Schmalheit, zu der die äussern Randtrapeze zusammenschrumpfen, sodass in diesen die Bilder der Umrissfiguren sehr verkürzt werden. Aber gerade dies verleiht der Gesamtansicht einer Halbkugel etwas Reliefartiges, Körperhaftes. Der Blick schiesst an den Seiten vorüber. Die orthographische Projektion findet daher fast nur im Gebiet der mathematischen Geographie Anwendung, wo es sich um die Abbildung von Weltkörpern oder des gesamten Erdballs handelt (Atlas, Taf. II und III). Der Halbmesser des Bildkreises fällt hierbei mit der (ohne Verjüngung) abgebildeten Kugel zusammen. Der Kugelmassstab ist also unmittelbar aus ersterem zu finden. Er stimmt mit dem Mittelpunktsmassstab überein.

Fig. 57.



3. Zentral oder gnomonisch wird eine andere perspektivische Azimutalprojektion dagegen genannt, wenn der Radius der Horizontkreise durch die Tangente des Winkelabstands δ dargestellt wird,

$$\varrho = R \,.\, \text{tang}\, \delta.$$

Es entspricht dies der Perspektive aus dem Kugelmittelpunkt (Fig. 57), wie wenn man das Himmelsgewölbe von unserm Standpunkt aus auf eine Ebene projizieren wollte, welche dasselbe im Zenit gleichsam von aussen berührt. Es ist klar, dass man hierbei niemals eine volle Halbkugel abbilden kann, und dass die Abstände der Horizontalkreise ausserordentlich schnell nach aussen wachsen. Die gnomonische Projektion — so benannt, weil sie für die Konstruktion der Sonnenuhren verwandt wird[68]) —, hat bis jetzt bei geographischen Karten eine geringe Rolle gespielt, wohl aber in der Astronomie. Neuerdings wendet man sie jedoch in der Nautik für die Ozeankarten an, seit man mehr im orthodromischen Kurs fährt, da sie die Grosskreise der Kugel als gerade Linien darstellt.

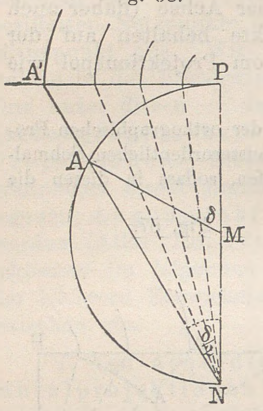
4. Der stereographische Entwurf hat unter den perspektivischen Azimutalprojektionen seit dem 16. Jahrh. für geographische Zwecke hohe Bedeutung erlangt (§ 96), welche er zweier wichtigen Eigenschaften wegen auch durchaus verdient.

---

[68]) Im Altertum als Horoscopium bezeichnet.

Betrachten wir ihn zunächst wieder, wie es im Altertum geschah, als astronomische Projektion, so muss man das Auge in den Nadirpunkt des Himmelsgewölbes verlegen, um von diesem aus das letztere wiederum auf eine Tangentialebene im Zenit zu projizieren. Diese Abstraktion überträgt man dann auf die Erde und entwirft ein Netz auf die Horizontalebene vom Gegenpol des Berührungspunktes aus (Fig. 58).

Fig. 58.



Man wird dabei eine zwischen orthographischer und gnomonischer vermittelnde Projektion erhalten. Die Abstände der Horizontalkreise werden zwar nach aussen zunehmen, aber weit langsamer als bei der gnomonischen, nämlich, da $A'P = PN \,.\, \text{tang}\, \delta/_2$ und $PN = 2\,R$ ist, mit der doppelten Tangente des halben Winkels

$$\varrho = 2\,R \,.\, \text{tang}\, \delta/_2.$$

Die wichtigste Eigenschaft dieser schon aus der Astronomie des Altertums stammenden (Hipparch), doch erst im Jahre 1613 als „stereographisch" benannten [69]) Projektion ist die Konformität oder Winkeltreue, ja sie ist die einzige winkeltreue Azimutalprojektion. Projiziert man nämlich ein Dreieck von so kleinen Seiten, dass sie als gerade Linien angesehen werden können, „stereographisch", so lässt sich nachweisen, dass Urbild und Abbild einander ähnlich werden. Die Seiten schneiden sich unter gleichen Winkeln [70]). Dazu tritt die Eigenschaft, dass jeder Kugelkreis, wie er auch immer zur Projektionsfläche gelegen sein mag, bei dieser stereographischen Projektion wieder als Kreis abgebildet wird [71]), folglich auch Meridiane und Breitenparallelen als solche erscheinen werden. Andererseits ist freilich die Flächenvergrösserung von der Kartenmitte nach aussen beträchtlich, sodass sie z. B. am Rande einer Halbkugel ($\delta = 90^0$) bis zum Vierfachen der Fläche im Kartenmittelpunkt steigt. Die stereographische Projektion gestattet übrigens eine Erweiterung des Bildes über die Halbkugel hinaus.

Der Kugelhalbmesser (R) erscheint bei einer in stereographischer Projektion abgebildeten Halbkugel in verdoppelter Grösse ($\varrho = 2\,R$). Sind daher zwei Planigloben von gleichem Durchmesser je in orthographischer und stereographischer Projektion entworfen, so entspricht das Bild in letzterer nur dem einer halbsogrossen Kugel, als bei der ersteren. Die im Atlas Taf. IV oben rechts abgebildeten (hellen) Halbkugeln haben den gleichen Halbmesser des Bildkreises ($25,_5$ mm), aber der Kugelmassstab der orthographischen Projektion ist 1 : 250 000 000 ($= 25,$ mm : 6370 km), der der stereographischen Projektion dagegen

$$1 : 500\,000\,000 \left(= \frac{25,_5 \text{ mm}}{2} : 6370 \text{ km} \right) [72]).$$

---

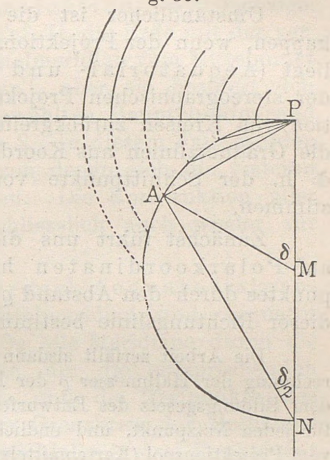
[69]) Vom Jesuiten Aguillon. Im Altertum: Planisphaerium. — [70]) S. die elementare Ableitung bei Breusing S. 15. — [71]) Vergl. Breusing S. 17. — [72]) Diese Berichtigung der Massstabsbezeichnung ist erst in der 12. Aufl. 1905 durchgeführt.

5. Bei der flächentreuen Azimutalprojektion soll die Bildfläche den entsprechenden Kugelkappen an Fläche gleich sein. Bekanntlich entspricht letztere einem Kreise, welcher mit der Sehne der Kugelkappe als Halbmesser gezogen wird. Der Halbmesser der Horizontkreise muss also (Fig. 59), da $AP = 2R \cdot \sin \delta/_2$, durch den doppelten Sinus des halben Abstandes

$$\varrho = 2R \cdot \sin \frac{\delta}{2}$$

bestimmt werden. Das ist beiläufig derselbe Radius, der uns bereits bei Lamberts polständiger flächentreuer Kegelprojektion begegnet ist (S. 225). Auch dieser Entwurf kann über die Halbkugel hinaus fortgeführt werden.

Fig. 59.



6. Uebersicht. Ordnet man die fünf genannten Azimutalprojektionen nach dem wachsenden Halbmesser ϱ der Horizontalkreise, so ergibt sich in Graden für $R = 1$ [73]):

Orthographisch (parallelperspekt.)	Aequivalent (flächentreu)	Aequidistant (mittabstandstreu)	Stereographisch (winkeltreu)	Zentral oder Gnomonisch
$\varrho = \sin \delta$	$\varrho = 2 \cdot \sin \frac{\delta}{2}$	$\varrho = \text{arc } \delta$	$\varrho = 2 \cdot \text{tang } \frac{\delta}{2}$	$\varrho = \text{tang } \delta$
0^0	0^0	0^0	0^0	0^0
$9{,}95$	$9{,}99$	10	$10{,}03$	$10{,}10$
$19{,}60$	$19{,}90$	20	$20{,}21$	$20{,}85$
$28{,}65$	$29{,}66$	30	$30{,}70$	$33{,}08$
$36{,}83$	$39{,}19$	40	$41{,}71$	$48{,}08$
$43{,}89$	$48{,}43$	50	$53{,}43$	$68{,}28$
$49{,}62$	$57{,}30$	60	$66{,}16$	$99{,}24$

§ 107. Die Einzelfälle der azimutalen Projektion. Die Zeichnung einer Polarprojektion [74]) bietet hiernach nicht die geringste Schwierigkeit, gleichviel nach welchem Prinzip man die Abstände der Breitenparallelen vom Pol aus wachsen lassen will. Man kann diese entweder nach obigen einfachen Formeln berechnen — wobei der Polabstand δ natürlich gleich dem Komplement der geographischen Breite $(90 - \varphi)$ wird, — oder die Radien auf dem Wege der Konstruktion

[73]) Durchgeführte Tabellen in Teilen des Halbmessers bei Hammer, Kartenproj. S. 33, Breusing, Verebnen S. 23. — [74]) Neue Verwirrung ist von seiten der neuen Theoretiker dadurch in die Projektionslehre gekommen, dass sie die seit mehr als 100 Jahren gebräuchlichen Ausdrücke „Polarprojektion" durch Aequatorialprojektion, dagegen „Aequatorialprojektion" durch Meridianprojektion ersetzen wollen, weil man im ersten Falle auf die Ebene des Aequators, im zweiten auf eine Meridianebene projiziere. Wer vom orientierenden Kartenmittelpunkt ausgeht, und die Tangentialfläche als die Fläche betrachtet, auf welche projiziert wird, wird die ältere Bezeichnung als berechtigter beibehalten. Für die Massstabsbezeichnung ist dieser Unterschied von grosser Bedeutung (vergl. vor. Seite).

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

finden, da es ja nur der Einteilung eines einzigen Meridians bedarf, um die Kreise zu zeichnen. Die obigen Figuren 56—59 sagen hierüber das Nötige, wenn man P als Erdpol auffasst.

Umständlicher ist die Zeichnung für beliebig gelegene Kugelkappen, wenn der Projektionspol im Aequator oder in beliebiger Breite liegt (Aequatorial- und Horizontalprojektionen). Nur bei der stereographischen Projektion können wir dabei auf die Konstruktion von Kreisen zurückgreifen. In allen anderen Fällen müssen wir die Gradnetzlinien aus Koordinaten der einzelnen Gradnetzpunkte, d. h. der Schnittpunkte von Meridianen und Breitenparallelen, bestimmen.

Zunächst führt uns die Grundidee der azimutalen Projektionen auf Polarkoordinaten hin, da sich die Lage eines jeden Bildpunktes durch den Abstand ϱ vom Kartenmittelpunkt und das Azimut α dieser Richtungslinie bestimmt (vergl. Fig. 55, S. 229).

Die Arbeit zerfällt alsdann im allgemeinen in drei Teile, nämlich die Berechnung der Halbmesser ϱ der Horizontalkreise bezw. der Netzpunkte, je nach dem Bildungsgesetz des Entwurfes, sodann die Einzeichnung der Azimutalwinkel für jeden Netzpunkt, und endlich die Abtragung der berechneten Entfernung ϱ vom Projektionspol (Kartenmittelpunkt) aus. Die erhaltenen Netzpunkte verbindet man dann durch Kurvenzüge. Hierbei haben wir allerdings die Bekanntschaft der Azimutalwinkel für eine beliebige Mittelpunktsbreite schon stillschweigend vorausgesetzt, da diese für eine grössere Zahl — allerdings erst seit neuester Zeit — berechnet vorliegen. In der einfachen Tatsache, dass diese Berechnung, wie man aus Formel (1) auf S. 229 erkennt, in hohem Grade umständlich ist, liegt der Hauptgrund, warum der hier geschilderte Weg früher so selten beschritten ist und einzelne azimutale Projektionen überhaupt früher kaum angewandt sind.

Die mühsame und wegen oft geringen Unterschieds unsichere Eintragung aller Azimutalwinkel kann man sich dadurch ersparen, dass man zunächst um den gleichen Mittelmeridian eine stereographische Projektion in der unten geschilderten Weise konstruiert. Zieht man je durch den Hauptpunkt O der Karte und die Netzpunkte dieser stereographischen Projektion gerade Linien, so bilden diese mit dem Mittelmeridian den erforderlichen Azimutalwinkel für alle Azimutalprojektionen desselben Hauptpunktes. Ja man braucht diese Hülfslinie garnicht einmal auszuziehen. Legt man ein Lineal durch den Pol und den Netzpunkt, so kann man den berechneten Wert für ϱ längs der Kante desselben von O aus abtragen.

Vom technischen Standpunkt wird man die Zeichnung der Gradnetzkurven mittelst rechtwinkeliger Koordinaten der Gradnetzpunkte vorziehen. Sie bietet mehr Gewähr für die Genauigkeit. In diesem Falle hat man für jeden Netzpunkt, dessen Abstand ϱ und Azimut α man kennt, noch eine kleine Rechnung durchzuführen. Es ist $x = \varrho \,.\, sin\ \alpha$ und $y = \varrho \,.\, cos\ \alpha$, wobei man die Achsen des rechtwinkeligen Koordinatensystems durch den Kartenmittelpunkt legt.

Im folgenden beschränken wir uns auf die häufiger zur Anwendung gekommenen Einzelfälle von azimutalen Entwürfen.

Die orthographische Aequatorialprojektion (querachsige orthographische Azimutalprojektion) stellt, weil das Auge in diesem Falle in der Ebene des Aequators liegt, alle Breitenparallelen als gerade Linien dar; man teilt also den Mittelmeridian nach „orthographischem

Prinzip" und zieht durch die Teilpunkte Parallelen zum Aequator. Die Meridiane werden Ellipsen, die man mittelst eines gleichseitigen Hülfsdreiecks, dessen Seite $= r$, leicht zeichnen kann [75]) (Atlas, Taf. IV). — Die orthographische Horizontalprojektion (schiefachsige, orthographische Azimutalprojektion) (Atlas, Taf. II, die Erde mit der verschiedenen Beleuchtungsgrenze) teilt den Mittelmeridian vom Mittelpunkt aus wieder nach „orthographischem Prinzip", aber sie beziffert den Mittelpunkt entsprechend der Breite des gewählten Hauptpunktes und zählt nach N über den Pol hinaus fort nach S. In diesem Falle werden sowohl Parallelen als Meridiane Ellipsen, von denen sich die ersteren z. Teil um den Pol herum völlig schliessen. Die Konstruktion aller dieser Ellipsen ist mühsam und führt schliesslich auch wieder zur Anwendung von Koordinaten [76]).

Die stereographische (winkeltreue) Aequatorialprojektion beginnt mit Einteilung von Mittelmeridian und Aequator nach stereographischem Prinzip (Fig. 58). Da alle Meridiane durch die Erdpole laufen, hat man sofort drei Punkte, um die entsprechenden Kreisbogen zu zeichnen, nämlich die Pole und die Teilpunkte des Aequators. Die Breitenparallelen teilen den Grenzkreis der Halbkugel in gleiche Teile. Dadurch sind sofort gleichfalls je drei Punkte zur Zeichnung der Parallelen in Form von Kreisbogen, welche gegen den Aequator konvex sind, gegeben. Der geometrische Ort für die Mittelpunkte der Meridiankreise ist natürlich der Aequator und seine Verlängerungen, für diejenigen der Parallelkreise der Mittelmeridian und seine Verlängerungen. Es gibt konstruktive Methoden, um die Lage dieser Mittelpunkte im voraus zu bestimmen [77]).

Die eben geschilderte stereographische Aequatorialprojektion hat eine grosse geschichtliche Bedeutung, da sie seit Mitte des 16. Jahrh. bis zur Mitte des 19. Jahrh. sehr häufig zur Darstellung der Planigloben, in den ältern Zeiten oft auch für ganz Amerika sowie Afrika verwandt ist.

Die stereographische Horizontalprojektion teilt den Mittelmeridian und seine Verlängerung nach stereographischem Prinzip ein, beziffert jedoch die Teilpunkte je nach der gewählten Mittelpunktsbreite, sodass nach einer Seite über den Pol hinaus gezählt wird. Die Breitenkreise sind dann einfach zu zeichnen, da von ihnen stets zwei Punkte eines Durchmessers auf der Mittellinie zu beiden Seiten des Poles, z. B. 80^0 und 80^0, 70^0 und 70^0, 60^0 und 60^0 etc., gegeben sind. Der Mittelpunkt jedes Breitenkreises liegt also im Halbierungspunkt des Abstandes der zugehörigen Teilpunkte. Der Grenzkreis des Planiglobus wird dann stets vom Aequator (0^0 und 0^0) halbiert werden. Die Schnittpunkte mögen A und Q heissen. Auch die Meridiane sind Kreise, die sämtlich durch den Pol laufen.

Im übrigen ist zunächst nur der Meridiankreis fest bestimmt, welcher je 90^0 vom Mittelmeridian entfernt ist, da er durch die drei festen Punkte A, P, Q laufen muss. Sein Mittelpunkt M' liegt auf der Verlängerung des Mittelmeri-

---

[75]) Vergl. über die konstruktive Methode am besten Steinhauser, Grundzüge, 1887, 94 ff. — [76]) Steinhauser S. 97. — [77]) Steinhauser S. 95.

dians. Zieht man durch M' eine Senkrechte zum Mittelmeridian, so liegen die Mittelpunkte aller übrigen Meridiankreise auf dieser Hülfslinie [78]).

Auch diese Projektion ist schon seit dem Beginn des 16. Jahrh. hie und da verwendet, hat dann aber im 18. Jahrhundert (§ 96) für Karten von Asien, Nordamerika, aber auch für kleinere Gebiete Verwendung gefunden. In den heutigen Atlanten sind noch vielfach die Land- und Wasserhalbkugeln in derselben entworfen (Atlas Taf. VI).

Lamberts flächentreue Azimutalprojektion findet neuerdings für Halbkugeln sowohl als für grössere Landflächen mehr und mehr Eingang in unsere Atlanten. Die Art der Konstruktion ist — im Gegensatz zu den vorher besprochenen — dieselbe, gleichviel, ob der Projektionspol im Aequator oder in beliebiger Breite liegt. Eine Berechnung des Abstands ϱ der Netzpunkte mittelst der Sehnenformel $(2\,R\,.\,\sin\,\delta/2)$ ist nicht zu umgehen, da der Wert von δ mit der Breite des Kartenmittelpunkts wechselt. Im übrigen wird, wie oben (S. 234) geschildert, verfahren. Zum Verständnis der bereits berechnet vorliegenden Tabellen mag schliesslich ein Beispiel für die Festlegung eines Netzpunktes durchgeführt werden.

Gesetzt, wir hätten das Gradnetz der flächentreuen Azimutalprojektion für Asien in $1 : M = 1 : 40\,000\,000$ zu zeichnen bei Annahme des Projektionspols in 40° N. Br., so ist der sphärische Abstand δ der Netzpunkte im Durchschnitt des 50° N. Br. mit dem 10° O (oder W) vom Mittelmeridian nach den Formeln zu § 106, S. 229, in denen $\varphi = 40^\circ$, $\varphi' = 50^\circ$, $\lambda = 10^\circ$ sein würde, aus (1)

$$\cos\,\delta = \sin 40^\circ\,.\,\sin 50^\circ + \cos 40^\circ \cos 50^\circ\,.\,\cos 10^\circ$$
$$= 0{,}_{49240} + 0{,}_{48492} = 0{,}_{97733}$$
$$\log\cos\,\delta = 9{,}_{99004} \text{ und folglich } \delta = 12^\circ\ 13'\ 24'' \text{ [79])},$$

ferner ist aus (2) (S. 229)

$$\sin\,\alpha = \frac{\sin 10^\circ\,.\,\cos 50^\circ}{\sin\ 12^\circ\ 13'\ 24''}, \text{ also das Azimut } \alpha = 31^\circ\ 49' \text{ [80])};$$

demnach ist der Abstand ϱ des Netzpunktes auf der Karte

$$\varrho = \frac{R}{M}\,2\,.\,\sin\,\frac{\delta}{2} = \frac{6\,370\,000\,000\ \text{mm}}{40\,000\,000}\,.\,2\,.\,\sin\,6^\circ\ 6'\ 42''$$
$$\varrho = 318{,}_5\,.\,0{,}_{10647} = 33{,}_9\ \text{mm}.$$

Zieht man die Benutzung rechtwinkeliger Koordinaten vor, so ist

$$x = 33{,}_9\ \text{mm}\,.\,\sin 31^\circ 49' = 17{,}_8\ \text{mm} \text{ und } y = 33{,}_9\ \text{mm}\,.\,\cos 31^\circ 49' = 28{,}_8\ \text{mm} \text{ [81])}.$$

Hammer's Projektion [82]). Aus einer flächentreuen querachsigen Azimutalprojektion, die also den Kartenmittelpunkt im Aequator hat, lässt sich leicht eine Erdkarte in elliptischer Umrahmung herstellen, welche flächentreu bleibt (Hammer's Projektion).

In der genannten Aequatorialprojektion halbiert man die Abstände aller Netzpunkte vom Aequator und verdoppelt die Bezifferung vom Mittelmeridian aus gerechnet für die neuen Meridiane. Die Hammersche Projektion wird jetzt häufig für Erdübersichten angewandt. Sie bildet, wie man leicht sieht, eine halb

---

[78]) S. Näheres bei Steinhauser S. 99. — [79]) Vergl. die Tabellen bei Hammer S. [12] — [13]. — [80]) Zöppritz teilt den Abstand der Netzpunkte für diesen Spezialfall (Pol im 40° N. Br.) in Teilen des Halbmessers ($R = 100$) mit — also $2\,.\,\sin\,\delta/2\,.\,100 = 21{,}_3$ (a. a. O. S. 68; Zöppritz-Bludau, 3. Aufl., Anhang Tab. 2). — [81]) Vergl. hierzu die Karte A. Bludaus, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., XXV, 1890, im gleichen Massstab 1 : 40 000 000. — [82]) S. Pet. Mitt. 1892, 85.

so grosse Kugel im Ganzen ab, als die zugehörige Aequatorialprojektion es in betreff ihrer Hälfte tut, d. h. der Kugelmassstab der Karte ist bei Hammer halb so gross als für die Hülfsfigur.

§ 108. Kreisnetze. Die Entwerfung geographischer Netze auf dem Wege geometrischer Konstruktion ist von jeher derjenigen durch die mühsame Berechnung und Eintragung von Netzpunkten weit vorausgeeilt. Je einfacher diese Konstruktionen sind, um so öfter zeigt die Geschichte, dass sie zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Ländern selbständig „erfunden" wurden. Dies ist z. B. mit einem höchst einfachen System von Kreisnetzen der Fall, für welche die Engländer seit über 100 Jahren den Namen der Globularprojektion eingeführt haben, obwohl ganz die gleiche schon im 17. Jahrh. [83]), ja wohl schon früher, für die östliche und westliche Hemisphäre zur Anwendung gekommen ist. Auch heute findet sie sich noch in manchen Atlanten.

Bei der Globularprojektion werden Mittelmeridian und Aequator gleichgeteilt, also längentreu dargestellt, der Halbmesser r des Planiglobus ist gleich dem Quadranten der Erde ($r = 2\,R\pi/4$, s. Atlas, Taf. IV). Für die Meridiane sind dann in den Polen und den Teilpunkten des Aequators sofort je drei Punkte zur Einzeichnung derselben als Kreisbogen bestimmt. Teilt man den Grenzkreis gleichfalls wie die beiden Mittellinien in gleiche Teile, so hat man in den Teilpunkten desselben und des Mittelmeridians ebenso je drei Punkte für das Ausziehen der kreisförmigen Breitenparallelen. Das Aussehen dieses Entwurfs ist auf den ersten Blick dem der stereographischen Aequatorialprojektion ähnlich, insofern die Maschen des Netzes nach aussen beträchtlich wachsen. Die unterscheidenden Kennzeichen sind aber sofort die gleichgeteilten Mittellinien gegenüber den „stereographisch" geteilten. Die Globularprojektion ist ferner nicht winkeltreu, die Gradlinien stehen nicht senkrecht auf einander. Der einzige Vorzug vor der stereographischen ist, dass die Maschen nach aussen nicht so beträchtlich wie bei der letzteren wachsen.

Um in dieser knappen Uebersicht auch ein Beispiel einer vermittelnden Projektion zu geben, mag auf Nells modifizierte Globularprojektion [84]) verwiesen werden. Bei dieser teilt man die Mittellinien zunächst doppelt, einmal in gleiche Teile, dann nach stereographischem Prinzip, und nimmt die Teilpunkte für die Lage der Meridiane und Breitenparallelen je in der Mitte zwischen dem zugehörigen Globular- und stereographischen Teilpunkt.

Man erreicht dadurch, dass die Netzmaschen derselben Zone einander an Fläche mehr gleich werden und eine gewisse Annäherung an die Winkeltreue, ohne den Vorteil einfacher geometrischer Konstruktion durch Kreislinien zu verlieren (Atlas Taf. VI, östliche und westliche Halbkugel). Wie bei der Globularprojektion, so lässt sich auch bei dieser modifizierten der Radius der Einzelkreise und die Lage der Mittelpunkte berechnen. Man bekämpft neuerdings auch diese Projektion, die übrigens nicht besser und schlechter ist als eine grosse Zahl anderer „vermittelnder" Projektionen.

---

[83]) Sie ist bis jetzt zuerst bei Nicolosi nachgewiesen (um 1660), s. d'Avezac a. a. O. 342. — [84]) Von A. M. Nell 1852 angegeben in „Vorschlag zu einer neuen Chartenprojektion" (Habilitationsschrift Mainz 1852). Vergl. auch E. Debes über dieselbe mit Tabellen der Kreishalbmesser etc. Mitteilungen d. Ver. f. Erdk. zu Leipzig 1882.

§ 109. Gradabteilungskarten. Jede in ein einheitliches Gradnetz gezeichnete Karte kann, mag sie aus noch so vielen Blättern bestehen, zu einem Gesamtbild vereinigt werden. Das Einzelblatt ist nur ein rechteckiger Ausschnitt aus der Gesamtkarte. Eine mehrblätterige Wandkarte erläutert dies; die topographische Karte von Frankreich 1 : 80000, aus 258 Blatt bestehend, nimmt zusammengesetzt eine Fläche von $12^1/_2{}^m$ Höhe und 12^m Breite ein. Bei der Mehrzahl topographischer Karten ist die Blatteinteilung in der eben bezeichneten Weise unabhängig vom Gradnetz. Andere sind jedoch in Form sog. Gradabteilungskarten entworfen, bei welchen man sich die abzubildende Gesamtfläche zunächst auf der Erde durch Meridiane und Parallelen in eine so grosse Anzahl von kleinen Teilflächen (Gradfeldern) zerlegt denkt, dass man diese als ebene Trapeze ansehen kann.

So umfasst ein deutsches Messtischblatt (1 : 25000) Trapeze von 6 Breitenminuten in der Höhe und 10 Längenminuten in der Breite; es gehen deren also 60 auf ein Eingradfeld, von der deutschen Reichskarte 1 : 100000 (15′ Br. hoch, 30′ L. breit) dagegen deren nur 8 [85]).

Bei diesen grossen Massstäben kann man ohne jeden merklichen Fehler nicht nur die Meridiane, sondern auch die Parallelen als gerade Linien betrachten und dem entsprechend ausziehen. Vom mathematischen Standpunkt sind die einzelnen Sektionen alsdann Seitenflächen eines Polyeders, der von sämtlichen durch je vier Netzpunkte gelegten Ebenen begrenzt wird (Preussische Polyederprojektion). Ideell ist ein jedes dieser Messtischblätter eine Kegelprojektion des betreffenden sphäroidischen Flächenstücks mit geradlinigen Seitenlinien [86]) und ganz flachen Kreisbogen als obere und untere Grundlinie. Tatsächlich werden auch diese letztern als gerade Linien ausgezogen und stellen also die Sehnen jener flachen Parallelkreisbogen dar, (deren Pfeilhöhe im Mittelmeridian des Blattes im höchsten Fall $0'',_{11} = 0,_{14}{}^{mm}$ im Massstab von 1:25000 nicht übersteigt). Bei Eintragung der trigonometrischen Punkte in das Blatt müssen diese kleinen Differenzen zwischen Sehne und Bogen berücksichtigt werden. Eine ähnliche Ausgleichung erfolgt, wenn die 6 ganzen und 3 halben Messtischblätter, die zu einem Blatt der deutschen Reichskarte 1 : 100000 gehören, in den Rahmen der letztern eingepasst werden sollen. Daher entfällt ein kaum messbarer Teil der südlichen Messtischblätter nicht mehr auf das zugehörige Blatt der Reichskarte und kommt erst auf dem südlich angrenzenden zur Darstellung, während je am obern Kartenrand minimale Ergänzungen aus den nördlich anstossenden Messtischblättern entnommen werden. Da die Grundlinien der einzelnen Blattflächen mit der wachsenden Breite abnehmen, so folgt, dass nur die Blätter ein und derselben Breitenzone vollkommen gleich gross sind; man kann also bei einer Gradabteilungskarte immer nur wenige benachbarte Kartenblätter (vier oder neun) zu einem annähernd ebenen Ganzen zusammenfügen.

---

[85]) Vergl. die Uebersichts- (Index-) Karten der wichtigsten topogr. Karten Europas, welche vom Verf. im Geogr. Jahrb. etc. alle zwei bis drei Jahre seit 1888 (Bd. XII) zusammengestellt sind, zuletzt Bd. XXIX, 1906. Ausser in Deutschland ist auch in Oesterreich-Ungarn, Spanien, Italien etc. die Gradabteilungskarte eingeführt. — [86]) Vergl. hierüber C. Galle in der Besprechung der Schrift Haentzschels „Das Erdsphäroid“ in Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde 1904, 534 ff. Die Uebertragung der Messungen vom Sphäroid auf die Ebene vermittelst der sog. (Gaussschen) konformen Doppelprojektion, die Haentzschel eingehend behandelt, geschieht nur zum Zweck der Ausgleichung der Messungen, aber nicht zur Kartenzeichnung selbst.

II. Karteninhalt und Kartenzeichnung (Topographie).

Literarischer Wegweiser. Teilweise muss für diesen Abschnitt wiederum auf die Hand- und Lehrbücher der allgemeinen Vermessungskunde verwiesen werden, ebenso auf die Anleitung zu Beobachtungen auf Reisen, insofern hierbei die Topographie im engern Sinne oder die beobachtende Aufnahme des Landes innig mit den Versuchen, die Ergebnisse kartographisch darzustellen, verbunden wird. Dies gilt u. a. von Werken wie Kaltbrunner, Manuel du Voyageur, Zürich 1879, worin das Kapitel „Dessin topographique", 104 ff. in Frage kommt, oder Kollbrunner, Der Beobachter, Zürich, 2. Aufl. 1888. Vergl. daneben A. Steinhauser, Grundzüge etc. 1887, 1—44: Vorkenntnisse a. d. Landkartenkunde, besonders auch den 2. Bd. von Zöppritz-Bludau: Kartenentwurfslehre 1908, 9—75. Vieles Hierhergehörige bespricht mit Rücksicht auf die Schule R Lehmann, Vorlesungen über die Hülfsmittel und Methoden des geograph. Unterrichts I, 1885, 94 ff. — Die Gesichtspunkte, welche beim Entwurf topographischer Karten besonders in Frage kommen, wurden früher fast allein von militärischer Seite behandelt. Vergl. u. a. Bruno Schulze, Das militärische Aufnehmen, Berlin 1903: Darstellung von Grundriss und Bodenformen S. 158 ff. Neuerdings beschäftigen sich auch Ziviltopographen mit diesen Fragen eingehender. Vergl. C. Koppe, Die neuere Landestopographie etc. 1900. Sehr instruktiv führt General O. Frank, „Landesaufnahme und Topographie" (Mitt. d. k. k. Mil.-geogr. Instituts in Wien. Bd. 24, 1909, 49—74) den Nachweis, dass der für militärische Zwecke ausreichende Kartenmassstab von 1 : 25000 den heutigen Ansprüchen der Wissenschaft und Technik nicht mehr genüge. Im übrigen sei von neuem auf E. Hammers und H. Haacks reichhaltige Jahresberichte im Geogr. Jahrbuch verwiesen.

Indem die Landkarte die Vorstellung von einem kleinern oder grössern Stück der Oberfläche vermitteln will, auf dem die verschiedensten körperlichen Formen sich neben einander lagern, kann sie — im Gegensatz zum Landschaftsbild — immer nur durch Sinnbilder zu uns reden. Diese zerfallen naturgemäss in zwei verschiedene Gattungen. Die einen beziehen sich auf die Grundrissfiguren aller auf die mathematische Oberfläche projizierten Punkte, Linien und Flächen, die andern suchen uns über die äussern Unebenheiten der festen Erdrinde zu orientieren. Man fasst die Darstellung der beiden horizontalen Ausdehnungen aller geographischen Gegenstände unter dem Namen des „Lagenplans" oder der „Situation", diejenige nach Höhe und Tiefe als „Terrain- oder Geländedarstellung" zusammen.

Der Karteninhalt hat sich indessen zu allen Zeiten nicht auf die Wiedergabe der physischen Formen beschränkt, wie es in unsern Tagen wohl mit sog. „stummen" Karten aus ästhetischen oder didaktischen Rücksichten geschieht, sondern die dargestellten Objekte auch auf der Karte mit Namen belegt und für die einzelnen Kategorien allmählich verschiedene Schriftgattungen ausgebildet. Soweit es sich um bodenständige Objekte handelt, bildet also jeder Name einen integrierenden Teil der Karte.

§ 110. Der Lagenplan oder die Situation. 1. Bis ins 18. Jahrhundert hat man den Karteninhalt fast ganz auf das „Nebeneinander" der geographischen Formen beschränkt, alle Erhabenheiten höchstens durch rohe Seitenansichten andeutend. Im Grunde enthielten die

Karten nicht mehr Gattungen geographischer Objekte, als wir sie heute der einfachen „Kartenskizze" einverleiben, nämlich Küsten-, Fluss- und Grenzlinien nebst Ortszeichen für menschliche Ansiedelungen und allenfalls einige Verkehrswege. Hierfür schienen die gewählten Zeichen so selbstverständlich, dass es der besondern Beigabe einer erläuternden „Legende" nicht bedurfte. Erst mit den Fortschritten der Vermessung und Wiedergabe ihrer Resultate in sehr grossem Massstabe hat sich die Aufnahme anderweitiger Objekte, wie z. B. des Anbaues des Landes, der grossen Kulturflächen, der Arten des künstlichen Wegenetzes und seiner Mittel zur Ueberwindung von natürlichen Hindernissen (Brücken, Tunnel), der Form der Besiedelungen, der charakteristischen Einzelgebäude, der Vermessungszeichen u. s. f. derart vermehrt, dass man zum Verständnis aller Zeichen — der sog. Signaturen — eines besondern Schlüssels bedarf[87]). Aber auch auf Karten kleinern Massstabes haben sich die Gattungen geographischer Objekte, welche man von selbst auf diesen zu finden erwartet, gegen früher ausserordentlich vermehrt.

2. Nicht nur nach Massstab, sondern auch nach Inhalt unterscheidet man daher verschiedene Klassen von Karten, für deren Zeichnung man jeweilig besondere Grundsätze aufstellen muss. Wir beschränken uns hier auf wenige Andeutungen.

Im Plan sollen der Idee nach alle Objekte der Situationszeichnung noch im geometrisch richtigen Grundriss dargestellt werden. Das erfordert an sich eine Beschränkung dieses Begriffs auf Massstäbe bis 1 : 5000 oder wenigstens 1 : 10000, wiewohl an diesen untern Grenzen Flächen vom Grundriss eines Hauses (10^m bei 1 : 10000 = 1^{mm}) dem Auge fast schon verschwinden.

Die topographische Karte, etwa mit 1 : 20000 bis 25000 beginnend (Messtischblätter) und bis etwa 1 : 100000 (Deutsche Reichskarte) oder 1 : 150000 reichend (S. 10), wird die Mehrzahl der Objekte gleichfalls noch im geometrischen Grundriss wiedergeben, wenn sie auch für die kleinern schon zu dem Mittel greifen muss, diesen Grundriss grösser, als es dem wirklichen Kartenmassstab entspricht, darzustellen.

Dies gilt z. B. von isolierten Einzelgebäuden, während der Umriss ganzer Ortschaften wohl noch in ähnlichem Bilde wiedergegeben werden kann, und besonders auch von der grossen Zahl schmaler Parallelstreifen, die sich in der Natur z. B. bei Flusslinien oder im Kunstbau des Strassennetzes vorfinden. Die Deutlichkeit erfordert ein Auseinanderrücken der etwaigen Signaturen von Doppellinien für Uferlinien von Flüssen, für Kanal- und Wegeböschungen, für Brücken etc.

---

[87]) S. z. B. Bestimmungen über die Anwendung gleichmässiger Signaturen für topogr. und geometr. Karten etc., herausg. vom Zentraldirektorium d. Vermess., Berlin 1888. Die einzelnen Generalstäbe haben meist etwas abweichende Vorschriften. Man findet die Signaturen auf einem Blatt jedes topographischen Atlas zusammengestellt, das man nicht immer zur Hand hat. Eine zweckmässige Zusammenstellung gibt J. Zaffauk, Signaturen in- und ausländischer Plan- und Kartenwerke, Wien 1880. Für Seekarten gilt ähnliches. Nr. 1 der deutschen Admiralitätskarten gibt Erklärung der Abkürzungen und Zeichen der vom Reichs-Marineamt seit 1904 neu herausgegebenen Karten etc.

Denn 20 m sind auf 1 : 100000 reduziert nur $^1/_5$ mm. Daher werden Kunststrassen, Eisenbahnen etc. auf Messtischblättern je nach der Signatur oft 8—10 mal breiter gezeichnet, als sie, auf den Kartenmassstab reduziert, in Wirklichkeit sind.

Die geographischen Karten, wohl noch in Spezial- und General- oder Uebersichtskarten geschieden, obgleich es hierfür an einer fassbaren Grenze gebricht, müssen sich bereits darauf beschränken, die Situationszeichnung in grossen Zügen richtig wiederzugeben und das gesamte Liniensystem in die Horizontalprojektionen vermessener Punkte derart einzutragen, dass wenigstens die Hauptrichtungen und -Biegungen sich wiedererkennen lassen und im richtigen Verhältnis zu einander stehen. Die von Ansiedelungen bedeckten Flächen schwinden zu unsichtbaren Punkten zusammen und müssen daher durch sog. Ortszeichen schematischer Art ersetzt werden. Je kleiner der Massstab ist, um so strenger muss eine Auswahl der aufzunehmenden Objekte erfolgen. Die Beibehaltung kleinerer Flusslinien, Nebenwege, Ortschaften u. s. f. führt sonst zur Ueberfüllung der Karte, die ihren Zweck der Anschaulichkeit verfehlt, zumal wenn zu der Fülle der Zeichen noch Massen von Einzelnamen hinzutreten.

3. Das Kopieren und Reduzieren. So lange man sich bei der Kartenzeichnung auf das Eintragen vermessener Punkte und die Verbindung derselben durch blos schematische Linien beschränkt, also bei der reinen Konstruktion der Kartenelemente verbleibt, kann von der technischen Kunst der Kartographie kaum gesprochen werden, wiewohl auch dies sauber nicht ohne ein gewisses zeichnerisches Geschick ausgeführt werden kann. Abgesehen von der Routenkonstruktion (§ 80) und der Zeichnung topographischer Karten, die ausschliesslich neue Vermessungsresultate wiedergeben, baut sich der Schatz geographischer Karten, den die letzten sechs Jahrhunderte aufgespeichert haben, auf den jeweilig ältern Karten auf, in die nach einzelnen Seiten hin Berichtigungen eingetragen werden. Ein grosser Teil der Arbeit der Kartographen läuft also auf ein Kopieren, ein Abzeichnen gewisser Teile anderer Karten hinaus. Man pflegt das Uebertragen in einen andern Massstab oder in eine andere Kartenprojektion das „Reduzieren" zu nennen. Beides genau auszuführen ist wegen der völligen Regellosigkeit des Linienverlaufs äusserst schwierig, auch für den geübten Zeichner, wenn er dabei ohne Hülfslinien zu Werke gehen soll. Eine Blüte hat die Kartographie nach der technischen Seite stets dann gehabt, wenn man beim Zeichnen ein engmaschiges Netz von Hülfslinien zur Anwendung brachte.

Darauf beruht die erste Blütezeit der Kartographie bei den Italienern im 14. — 16. Jahrh. Das scheinbar unnütze Netz von Kompasslinien, mit denen sie die nautischen Karten bedeckten, lieferte ihnen in den zahllosen kleinen Vielecken das, was man später durch das Quadrieren der Gradnetze erreichte. Die ungleich rohern Formen auf Landkarten des 16. und 17. Jahrh., die auch bei den nächsten Zeitgenossen in den Einzelheiten grosse Verschiedenheiten zeigen, sind wohl weniger auf verschiedene Auffassung des Lagenplans zurückzuführen, als auf den Mangel eines engmaschigen Netzes von Hülfslinien auf der Originalzeichnung.

Alle Anfänger im Kartenzeichnen scheuen die Mühe, ein solches engmaschiges Netz herzustellen, d. h. das Gradnetz zu quadrieren, während es das getreue Kopieren so ungemein erleichtert. Die Hauptregel ist, die entsprechenden Gradnetzmaschen — oder bei Plänen entsprechende Flächenquadrate — auf dem Original wie in der zu entwerfenden Zeichnung nicht nur genau in die gleiche Anzahl Maschen, sondern auch möglichst ähnlicher Maschen einzuteilen — also z. B. die Seiten der kleinen Maschen auf der Zeichnung genau von der gleichen Zahl von Längen- oder Breitenminuten wie auf der zu kopierenden Karte zu nehmen. Nur bei Maschen von wenigen Millimeter Seitenlänge lässt sich eine grössere Genauigkeit der Zeichnung gewährleisten.

Steht der Massstab von Original und Kopie in einfachem Verhältnis, so bietet ein Reduktionszirkel zur Uebertragung auch bei grössern Maschen gute Dienste[88]). Ein solcher besteht aus zwei sich schneidenden Doppelschenkeln, deren verschiebbarer Schnittpunkt sie so teilt, dass die Längen der beiderseitigen Schenkel im doppelten, dreifachen u. s. f. Verhältnis stehen. Die mit der einen Seite gegriffene Distanz wird also, je nach der Stellung des Drehpunktes, auf der andern Seite auf die Hälfte, das Drittel etc. reduziert oder umgekehrt vergrössert.

4. Ein Generalisieren der Situationszeichnung wird beim Uebergang eines grössern in einen kleinern Massstab[89]) besonders dann erforderlich sein, wenn der Unterschied beider Massstäbe beträchtlich ist. Man versteht darunter nicht nur das Fortlassen kleiner Biegungen, Ecken, Krümmungen von Linien oder von sonstigen Einzelheiten, deren Aufnahme dem verkleinerten Bilde etwas Unruhiges geben würde, sondern auch die Vermittelung von Uebergängen, das allmähliche Verstärken von Flusslinien, das Hervorheben des Charakteristischen bis zur ausdrucksvollen derben Gestaltung der gesamten Situationszeichnung, wie sie der Fernewirkung wegen die Wandkarte verlangt.

In diesem Punkte zweckentsprechender Generalisierung liegt recht eigentlich die eine Seite der kartographischen Kunst der Neuzeit, welche durch geschmackvolle Linienzeichnung den Leser fast vergessen lässt, dass er es nur mit Sinnbildern, nicht mehr mit wahren geometrischen Abbildungen, zu tun hat (vergl. S. 12). Diese Kunst lässt sich nur durch langjährige Uebung erlernen; aber ein Verständnis dessen, um was es sich bei der Generalisierung handelt, lässt sich auch an der Hand vergleichenden Studiums von Karten gewinnen, welche das gleiche Land in verschiedenem Massstab, aber durch ein und denselben Kartographen gezeichnet, darstellen[90]). Das geschriebene Wort versagt in diesem Punkte den Dienst.

5. Die Namen. Die Blütezeiten kartographischer Kunst sind auch durch schöne Kartenschrift, die durch Gleichförmigkeit, zweckmässige Grössenwahl und gleichmässige Stellung dem Auge wohltut, gekennzeichnet. Diese Aufgabe der Technik ist mit der grössern Fülle

---

[88]) Vergl. darüber Hammer im Geogr. Jahrb. XVII, 1894, 81. — [89]) Gelegentlich auch umgekehrt beim Uebergang einer Handkarte in eine für die Fernewirkung bestimmte Wandkarte. — [90]) Vergl. hierzu die Generalisierung beim Uebergang auf kleinere Massstäbe von 1 : 25 000 bis 1 : 20 000 000 auf Taf. IV des Atlas.

und Artenzahl geographischer Zeichen gewachsen. Aber das Verständnis für eine richtige Generalisierung auch in diesem Punkte hat damit nicht Schritt gehalten. Die Mehrzahl unserer heutigen Atlaskarten enthält eine im Verhältnis zum Kartenmassstab viel zu grosse Fülle von Namen. Der reine Techniker huldigt ferner dem Standpunkt, die Kartenflächen möglichst gleichmässig mit Namen zu bedecken. Das ist unwissenschaftlich. Der Namenauswahl sollte vielmehr auf allen Karten die grösste Sorgfalt gewidmet werden. Jeder Name müsste auf ihnen in ganz bestimmter Absicht stehen, je nach dem Zweck der Karte. — Die Stellung der Namen ist auf der Karte von der grössten Bedeutung. Es muss sich aus dieser unzweideutig erkennen lassen, auf welches Objekt sich die Namen beziehen. Das gilt von selbst von Kaps, Inseln, Bergspitzen, Siedelungen und andern Punktelementen; bei diesen ist es Sitte geworden, die Namen, wenn irgend möglich, sämtlich parallel den Breitenparallelen zu schreiben, während man sie an Flüssen, Wegen (Schiffskursen etc.) längs dieser Linien setzt. Ein noch viel zu wenig beachteter Punkt ist dagegen, dass man alle Flächennamen (Gebirge, Hoch- und Tieflandsflächen, Wüsten, Inselgruppen und Seen, Meeresteile, Landschafts-, Provinz-, Reichsnamen etc.) so in gesperrter Schrift schreiben muss, dass sich der Name mit der ganzen Längsachse des betreffenden Gebiets so ziemlich deckt. Das ist von besonderer Bedeutung bei nicht allseitig begrenzten Gebieten (Meeresteilen, Völkersitzen, Inselgruppen etc.).

6. Weitere Einzelheiten kartographischer Natur wollen wir spätern Kapiteln vorbehalten. Es sei besonders auf § 359 (Die Wohnplätze auf der Karte) und § 380 (Die Wege auf der Karte) verwiesen.

§ 111. Geländezeichnung[91]**.** Dass die Darstellung der Unebenheiten der Erdoberfläche auf den Landkarten — das sog. „Terrain" oder „Gelände" — erst am Ende des 18. Jahrhunderts nach strengern Grundsätzen versucht worden ist, kann nicht verwundern, wenn man bedenkt, wie spät die Vermessungen sich der relativen Höhenunterschiede angenommen haben.

Schon im Altertum scheint man durch die Signatur eines plumpen Bergprofils die Lage grösserer Gebirgserhebungen auf der Karte angedeutet zu haben (Peutingersche Tafel). Dies Verfahren hat sich in den übereinander gelagerten Ketten oder Gruppen von sog. Maulwurfshügeln, wie wenn man auf die Gebirge seitlich von einem höhern Standpunkt aus herabschaut, bis ans Ende des 18. Jahrhunderts erhalten. Man erfuhr aus dieser Darstellung allerdings fast nichts über Bau, Höhe oder Böschung der Bergformen und lernte nur in rohen Zügen ihre Positionen kennen, dagegen nicht die wirkliche Ausdehnung und Begrenzung. — Ein Fortschritt war es, als man in der Mitte des 18. Jahrhunderts zur sog. Raupenform überging, also zur Betrachtung der Uneben-

[91]) Vergl. J. Röger, Die Geländedarstellung auf Karten; Eine entwickelungsgeschichtliche Studie mit zahlreichen Quellennachweisen, München 1908; ferner J. Röger, Bergzeichnung auf älteren Karten, das. 1910; Zöppritz-Bludau, II, 1908. Vergl. auch die trefflichen Winke Hammers, Geogr. Jahrb. XVII, 1894, 75—80; XXIV, 1901, 43—50.

heiten des Landes von oben oder zur gleichen Darstellung derselben in Horizontalprojektion wie für die Situation. Feine parallele oder radiale Strichmassen, sog. Schraffen, bezeichneten die Gebirgsabhänge. In unsern Atlanten hat sich diese Raupenform mit geringen Verbesserungen bis über die Mitte des 19. Jahrhunderts erhalten; und zahlreiche von Dilettanten herrührende Schulwandkarten zeigen diese veralteten Zerrbilder noch heute, als wenn man bei Landkarten einen Gebirgszug durch eine schmale Kammlinie darstellen dürfte, wie dies auf einer schematischen Skizze natürlich immer gestattet ist. Auf topographischen Karten des 18. Jahrh. füllte man in Ermangelung eines Bessern jedoch mit der gleichen Schraffensignatur alle Stellen, wo eine Talböschung sich zeigte; das zwischenliegende Land, als seien es lauter breite Plateauflächen, weiss lassend (Cassinische Karte von Frankreich S. 10).

Das Studium der Plastik des Erdbodens konnte durch diese Kartenbilder nicht gefördert werden. Wer sich demselben hingeben wollte, versuchte durch Seitenansicht ein Bild zu gewinnen. Der wissenschaftliche Forscher nahm mit Vorliebe Gebirgspanoramen auf, während die unbedeutenden Hügel der Flachländer zu geringen Anhalt dazu boten und überhaupt keine Darstellung auf den Karten fanden. Der Entwurf von solchen Umsichtsbildern, in denen man die Höhenumrisse der überschauten Erhebungen gegen den Horizont hin nach gegenseitiger Lage und Höhe von einem festen Standpunkt aus mit dem Stift skizziert, kann jedem Jünger der Geographie als bestes Mittel zur Schärfung des Auges empfohlen werden.

1. Die Höhenziffer und die Niveaulinie. Auffallend spät hat sich auf topographischen wie geographischen Karten die zweckentsprechendste Signatur für die Höhenunterschiede eingebürgert, die Höhenziffer. Als man schon längst über Tausende von Höhenkoten (durch Messung bestimmte Höhenpunkte) verfügte, stellte man sie tabellarisch oder auch wohl im Auszug in der Form von Gipfelprofilen (S. 251) neben der Karte zusammen, statt sie in die Karte am richtigen Ort einzuschreiben. Zwar kann aus einer mit Höhenzahlen oder bei Seen und dem Meeresboden mit Tiefenzahlen bedeckten Fläche das Auge kein Bild der Bodenplastik gewinnen, aber die beigeschriebene Höhenziffer rückt in unserer Vorstellung den Einzelpunkt sofort in ein festbestimmtes Niveau und bietet uns damit einen im Gedächtnis haftenden Anhaltspunkt zur Beurteilung der Höhenlage der Umgebung. Ihre wahre Bedeutung tritt freilich erst in der Verbindung mit allen sofort zu besprechenden Mitteln der Geländedarstellung hervor.

Im Laufe der letzten fünfzig Jahre haben Höhenziffern mehr und mehr auf unsern Atlaskarten Eingang gefunden[92]). Aber immer noch können sich die Kartographen von dem Gedanken älterer Zeiten nicht lossagen, dass nur Gipfel- und Erhebungspunkte durch Höhenkoten zu bezeichnen seien. Und doch charakterisieren sie in diesem Fall gewöhnlich nur ein verschwindend kleines Flächenstück nach der Höhe. Im Flachland dagegen, in Tälern und Senken ist eine einzige Höhenziffer oft massgebend für das Gesamtniveau weiter Flächen.

[92]) So hat z. B. erst A. Petermann seit 1861 die Höhenziffer in den Stielerschen Handatlas eingeführt, während H. Kiepert (s. Vorwort zur 2. Aufl. seines Neuen Handatlas, Berlin 1871) sich noch 1870 nicht entschliessen konnte, Höhenzahlen in die Karten einzutragen, teils wegen der noch zu grossen Unsicherheit derselben, teils weil Fuss und Meter bei eben der Unsicherheit der Messungen zu kleine Einheiten seien. Er spricht sich für das Dekameter als vollkommen genügendes Höhenmass auf Karten aus.

Ungleich mehr Anhaltspunkte zur Abmessung der Höhenunterschiede bietet man dem Auge, wenn man Punkte gleicher absoluter Höhe durch Linien verbindet und damit sog. Niveaulinien, auch Horizontalen oder Isohypsen genannt, zieht. Die wichtigste Niveaulinie der Erdoberfläche haben die Karten schon seit den ältesten Zeiten verzeichnet: die Uferlinie des Meeres (den Küstenumriss), die sofort alle Teile der festen Erdrinde von positiver und negativer Höhe über bezw. unter dem Meeresspiegel trennt.

Es ist daher verständlich, dass anderweitige Niveaulinien zuerst auf Seekarten auftraten[93]), wo man die Punkte im gleichen Tiefenabstand vom Meeresspiegel durch sog. Isobathen oder Linien gleicher Tiefe verband. Die Franzosen haben dies Verfahren dann im 18. Jahrhundert auch auf Landflächen übertragen und lange, bevor ausreichende Messungen vorlagen, in grossen Zügen ein Bild der Plastik des Bodens Frankreichs durch Isohypsen entworfen[94]) (s. u.).

2. Die Böschungszeichnung auf topographischen Karten. (Vergl. hierzu Atlas, Taf. V.) Die Erfordernisse des praktischen Lebens drängten indessen auf strengere Methoden der Geländedarstellung hin. Die militärische Taktik verlangte nach Karten, auf welchen man die etwaigen Terrainschwierigkeiten für Truppenbewegungen der verschiedenen Gattungen zum voraus berechnen könne. Ein unscheinbarer Hügel gewinnt hier im Einzelfall für die Aufstellung einer Batterie gewaltige Bedeutung, während die Steilheit einer Böschung auch bei geringer Ausdehnung die Erstürmung eines Punktes unmöglich machen kann. Diese relativen Höhenunterschiede oder mehr noch die Neigung des Bodens auf Grund zahlreicher Messungen an jeder Stelle zur anschaulichen Darstellung zu bringen, gelang dem sächsischen Major J. G. Lehmann (1799). Seine Strich- oder Schraffenmanier ist die Basis für alle Darstellungen des Geländes auf topographischen Karten geworden[95]), wenn sie auch später mehrfach abgeändert und verbessert wurde. Das Prinzip dieser Methode ist zunächst, dass man die verschiedene Steilheit der Flächen und Abhänge, deren ununterbrochener Verlauf das Erdoberflächenstück zusammensetzt, durch wechselnde Schattierung andeutet, und dass der Neigungswinkel jener Flächen gegen die Horizontale aus der Stärke der Schattierung abgeschätzt werden soll nach dem Grundsatz: je steiler die Böschung, desto dunkler der Schatten. Man hat dieses Verfahren und alle sich daraus entwickelnden Abarten neuerdings als „Schattenplastik" bezeichnet und in dieser eine Böschungsplastik von der Formenplastik unterschieden (s. u. Nr. 4). Zunächst haben wir es mit ersterer zu tun[96]).

---

[93]) Z. B. bei einer Karte des Kanals von dem Franzosen Buache 1752; der jedoch nicht der Urheber dieser Idee ist. — [94]) Dupain-Triels Karte Frankreichs, 1 : 2 130 000, erschien 1791, der Franzose Ducarla gilt als einer der ersten, der die Methode (seit 1771) empfohlen hat. Vergl. Peschel-Ruge, Gesch. d. Erdkunde, 1877, 704. — [95]) Die Lehre der Situationszeichnung oder Anweisung zum richtigen Erkennen und genauen Abbilden der Erdoberfläche; nach des Verfassers Tode (1811) mit Atlas herausg. von Fischer 1815; später öfter aufgelegt. Aus diesem Werk gingen die verschiedenen „Schulen des topographischen Zeichnens", die Vorlageblätter für die einzelnen topographischen Institute etc., hervor. — [96]) K. Peucker, Schattenplastik und Farbenplastik. Wien 1898.

Man stelle sich die darzustellende Bergpartie durch senkrechte Strahlen beleuchtet vor und bezeichne die Lichtmenge, welche auf eine horizontale Fläche von beliebiger Grösse fällt, durch 1, so wird die Menge Licht, welche die gleiche Fläche erhellt, wenn sie geneigt ist, offenbar geringer sein. Bei senkrechter Stellung des Abhanges wird kein Lichtstrahl sie treffen. Aus der Grösse des Neigungswinkels α lässt sich also die Stärke der Beleuchtung, die mit dem Kosinus dieses Winkels abnehmen wird, berechnen. Bei einem Böschungswinkel von 45° z. B. beträgt die Helligkeit nur noch 7/10 (da $\cos 45^\circ = 0{,}_{71}$); man sollte also einen solchen Abhang durch eine Farbe andeuten, die aus 7 Teilen Weiss und 3 Teilen Schwarz gemengt ist. In der Praxis ergibt sich sofort die Unmöglichkeit, etwa 90 Farbenunterschiede für jeden Grad des Böschungswinkels zur Darstellung zu bringen oder diese mit dem Auge noch zu unterscheiden. Zudem sind Abhänge von mehr als 60° kaum zu erklettern und erscheinen uns als senkrecht. Daher beschränkt man in ebenen Ländern die Terraindarstellung auf Abhänge bis zu 45°, in solchen mit Hochgebirgen auf Böschungen bis zu 60°. Diese, sowie alle noch steiler aufgerichteten Flächen, werden ganz schwarz gezeichnet. Die Böschungen bis zu 45° teilt man alsdann in 10 Klassen zu je 5° ein und stellt für jede den Grundsatz auf, dass sich die Dicke des Bergstrichs zur Breite des weissgelassenen Zwischenraums wie der Böschungswinkel α zu seiner Ergänzung zu 45° ($45^\circ - \alpha$) verhalte. Es werden also horizontale Ebenen ganz weiss gelassen. Es verhält sich dann weiter

				schwarz : weiss		oder schwarz : weiss
bei einer Neigung von	5°—10°	wie	5° : 40°	=	1	: 8
„ „ „	10°—15°	„	10° : 35°	=	2	: 7
„ „ „	15°—20°	„	15° : 30°	=	3	: 6

u. s. f. (vergl. Atlas, Taf. V.)

Wo man die Grenze erst bei 60° zieht, erhält man eine Klasse mehr und schreitet im Verhältnis von 1 : 9, 2 : 8 u. s. w. fort. In sehr ebenem Terrain schiebt man meist auch noch eine Klasse für 0°—1° u. s. w. ein.

Die weitere praktische Ausführung muss hier übergangen werden. Auch die Länge und Richtung der Bergstriche ist bei diesem Verfahren nicht willkürlich. Es setzt zunächst voraus, dass die Erhebungen durch Hülfslinien in Schichten von gleicher Höhe über der Grundfläche der darzustellenden Formen geteilt sind. Diese Linien, in denen die parallelen Schnittebenen gleichsam aus dem Gelände hervortreten, sind nichts anderes als die oben genannten Horizontalen oder Isohypsen. Aequidistante Isohypsen heissen sie, wenn die Schichten in gleichem Vertikalabstand angenommen sind. Auf topographischen Karten wendet man nur aequidistante Isohypsen an. Eine zur Isohypse senkrechte Richtung gibt uns den Neigungs- oder Böschungswinkel des Terrains an dieser Stelle an, und umgekehrt stehen die Isohypsen immer senkrecht auf der Linie grösster Neigung. Bei parallelen Isohypsen ist letztere gleich dem geraden (horizontalen) Abstand der Isohypsen; bei nicht parallelem Verlauf wird jene Linie grösster Neigung im Bogen verlaufen, jedoch so, dass sie beide Isohypsen senkrecht trifft. Die Bergstriche müssen nun — und dies ist ein Hauptprinzip — stets senkrecht gegen die aequidistanten Isohypsen gezeichnet werden, also im allgemeinen radial und in allmählich wechselnder Richtung. Gerade in der zarten Vermittelung der Ueber-

gänge von Richtung, Länge und Stärke der Bergschraffen liegt die schwierige Kunst topographischer Terrainzeichnung [97]).

Uebrigens werden diese Hülfs-Isohypsen im allgemeinen bei der Schraffenmanier nicht mit ausgezogen oder eingestochen. Taf. V des Atlas gibt drei Proben topographischer Terrainzeichnung für Flachland, Mittel- und Hochgebirge (1 : 100 000), letzteres in schiefer Beleuchtung (s. u.).

3. Schraffenmanier und Schummerung auf geographischen Karten. Die eben angedeutete Lehmannsche Schraffenmanier kann man bei Karten kleinern Massstabes, wie sie unsere Hand- und Schulatlanten bieten, nicht verwenden. Hinsichtlich der Geländezeichnung muss auch hier wie für die Situation eine Generalisierung eintreten. Es beruht die Anwendung der hellern oder dunklern Schraffen nicht mehr auf jenem bestimmten arithmetischen Verhältnis der Belichtung der Flächen, sondern sie dienen nur zur allgemeinen Andeutung schwächerer oder steilerer Böschungen. Den Grad der Neigungen kann man aus ihnen nicht mehr ablesen. Dennoch können diese Schraffen in der Hand eines geschickten Kartographen oder Stechers zu einem höchst ausdrucksvollen, auch noch feinere Unterschiede der Abhänge illustrierenden Bilde verwandt werden. Man darf nur nicht vergessen, dass es sich hier um eine wirkliche darstellende Kunst handelt (S. 30).

Noch mehr nähert sich die Kunst des Kartographen der Malerei bei Anwendung der sog. Schummerung. Es ist keine Frage, dass die Zeichnung vieler Tausende von kleinen Bergstrichen, um schliesslich ein winziges Terrainstück darzustellen, äusserst mühsam ist. Daher wenden die Kartographen bei Herstellung ihrer Vorlagen für den Kupferstecher schon längst den Pinsel an und malen mit Sepiafarbe das Terrainbild in die Situation hinein. Dem Stecher liegt es dann ob, die feinen Koloritabstufungen in geeignete Bergstriche zu übersetzen. Beim Steindruck aber vermag man ähnlich wie auf dem Papier jene unmerklich in einander übergehenden Schattentöne zu erzeugen, wie sie der Zeichner mit dem Wischer oder dem Farbenstift, der Maler mit dem Pinsel herzustellen vermag. Dieses Verfahren nennt man die Lavierung oder Schummerung. Sie hat den Vorzug der leichtern und sehr viel schnellern Herstellbarkeit des Terrainbildes vor der Schraffierung voraus, steht ihr aber an Korrektheit im Detail und in der Fähigkeit, feine Uebergänge auf sehr kleiner Fläche zum Ausdruck zu bringen, weit nach. Selbstverständlich ist sie auch auf topographischen Karten anwendbar.

4. Schräge Beleuchtung. Als ein ferneres Hülfsmittel, das durch Schraffen oder Schummerung hergestellte Terrainbild noch ausdrucksvoller zu gestalten, hat man die sogenannte schiefe oder schräge Beleuchtung zur Anwendung gebracht. Man bleibt dabei noch im Bereich der Schattenplastik stehen, denkt sich aber das Ge-

[97]) Vergl. C. Vogel, Terraindarstellung auf Landkarten mittelst Schraffen; Peterm. Mitteil. 1893, 143 ff.; v. Zglinicki, Die Karte des deutschen Reiches 1 : 100 000 (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., Berlin 1910, bes. 585 ff.).

lände nicht, wie bei dem Lehmannschen Verfahren, senkrecht von oben beleuchtet, sondern von der Seite unter einem beliebigen Winkel, etwa von 30°. Da hierbei mehr die Gesamtformen der Erhebungen zu anschaulicher Darstellung gebracht werden, als dass der Wechsel der einzelnen Böschungsflächen zur Geltung käme, spricht man wohl von Formenplastik im engern Sinne[98]).

Es ist klar, dass dann alle der Lichtquelle zugekehrten Abhänge weit mehr beleuchtet werden, demnach lichter schattiert werden müssen als die abgewandten, die in um so dunklere Schatten geraten. Die Schweizer Kartographie (Dufour-Karte) ist damit vorangegangen und hat in Uebersichtskarten von Gebirgsländern und namentlich auch in Wandkarten vielfach Nachahmung gefunden. Die schiefe Beleuchtung erfordert in ihrer Anwendung grossen Takt, auch wenn man einen festen Ausgangspunkt der Beleuchtung wählt. Gewöhnlich lässt man das Licht von Nordwesten einfallen. Das Reliefartige der Bergzeichnung wird hierdurch ungemein erhöht. Für den Gesamteindruck ist die schiefe Beleuchtung äusserst wirkungsvoll. Aber grundsätzlich lässt sich dagegen einwenden, dass durch sie gleichgeneigten Böschungen ein ganz anderer Charakter gegeben wird. Die Karte büsst die Richtigkeit der Darstellung im einzelnen also stark ein. Auch wird dasselbe Terrainstück einen wesentlich andern Eindruck gewähren, je nachdem man es von NW, NO, SW, SO beleuchtet, was bei senkrechter Beleuchtung nicht eintreten kann[99]).

5. Höhenschichtenkarten. Die Ergebnisse der neuern Landesvermessungen werden jetzt in den meisten Staaten in der Form von Niveaulinienkarten grossen Massstabes (Messtischblätter) ausgegeben, auf denen die Unebenheiten ausschliesslich durch feiner oder stärker ausgezogene aequidistante Horizontalen von sehr geringem Höhenunterschied (20 m, mit Zwischenstufen von 10 m, 5 m etc.) zur Darstellung gelangen. An sich wirken diese Linien, die im Flachlande ziemlich weit von einander abzustehen pflegen, nicht im geringsten plastisch auf das Auge. In stark wechselndem Gelände kann jedoch mitunter noch ein ganz ausdrucksvolles Bild entstehen. Denn indem hier die Horizontalen um so näher rücken, je steiler die Böschungen sind, wirkt ihre Zahl trotz ihres parallelen Verlaufes für das Auge ähnlich wie die dunklere Schattierung durch Vertikalschraffen.

Das geschilderte Prinzip hat man bereits vielfach auf geographischen Karten angewandt. Die Zahl und der Höhenabstand der einzuzeichnenden Isohypsen hängt meist mit dem Kartenmassstab zusammen. Bei Verkleinerung desselben muss auch ihre Zahl angemessen verringert, aber damit deren Höhenabstand entsprechend vergrössert

[98]) H. Peucker, s. Anm. 96. — [99]) Siehe über den neu entbrannten Kampf über die Vorzüge senkrechter oder schräger Beleuchtung F. Becker, als Vertreter der letztern, Die schweizerische Kartographie auf der Weltausstellung von Paris 1889 (Schweiz. Zeitschr. f. Artillerie u. Genie 1890), v. Steeb, als Vertreter der erstern, Terraindarstellung mit schiefer Beleuchtung, (Mitt. d. k. k. Militärgeogr. Inst. XVI, 1896, 51 — 66, mit lehrreichen Karten); ferner Hammer im Geogr. Jahrb. XXIV, 1901, 45 ff. mit liter. Nachweisen; Peucker in Geogr. Zeitschr. VIII, 1902, 146 ff.; endlich J. Röger a. a. O. (Anm. 91), S. 94 ff. Hammer wendet mit Recht gegen die schiefe Beleuchtung aus NW ein, dass dadurch bei uns im allgemeinen gerade die Südabhänge oder Sommerseiten der Gebirgskämme in den Schatten und umgekehrt die Winterseiten ins Licht kommen.

werden. Damit ist dann das Aufgeben der Aequidistanz dieser Höhenlinien für die ganze Karte fast von selbst geboten. Im Tiefland lässt man die Stufen in geringern Sprüngen wechseln als im Berg- und Hochland. Auf Uebersichtskarten beschränkt man sich gern auf einzelne das Gelände nach dem Gesamtcharakter markierende Höhenstufen, z. B. von 200 m, 500 m, 1000 m, 2000 m etc. (Atlas, Taf. V, Darstellung der Geländezeichnung in Höhenkurven).

Nur scheinbar beruht auf dem Prinzip der Höhenkurven eine skizzenhafte Geländezeichnung, welche den Verlauf einer einzelnen Terrainform durch einige mehr oder weniger parallele, nahegerückte Horizontallinien andeutet. Es sind dies dann blosse Formlinien, die weniger den Höhenlinien als den senkrechten Bergschraffen an die Seite gestellt werden müssen.

6. Farbenplastik. Der Schwarzdruck unserer Karten, auf den man in frühern Zeiten ausschliesslich angewiesen war, kennt nur die bisher geschilderte Schattenplastik. Ein erster Schritt, das Terrainbild durch die Farbe mehr herauszuheben, war die Einzeichnung der Bergschraffen auf eine besondere Steinplatte, um sie von dieser in beliebiger Farbe in die schwarze Situationszeichnung oder auch in ein besonderes blaues Flussnetz einzudrucken. Man wählte für das Terrain als eine Art Naturfarbe allgemein die braune. Erst in neuerer Zeit lernte man auch den Kupferbuntdruck und stellt nun topographische Karten in gleicher Feinheit mit braunem Schraffenterrain wie im Schwarzdruck her (Vogels Deutsche Reichskarte 1 : 500 000). Einen weitern Fortschritt bezeichnet die Ueberdeckung der hauptsächlichsten Massenerhebungen mittelst Flächenkolorit. Es ist das Verdienst E. v. Sydows († 1873), dafür seit 1838 gewisse Regionalfarben eingeführt zu haben — grün für das Tiefland, weiss für Hochflächen, braun für höhere Regionen. Das Prinzip ist seitdem besonders für Schulkarten und Wandkarten, wenn auch im einzelnen mannigfach abgeändert, zur allgemeinen Durchführung gelangt. Man erzeugt durch Vereinigung von vier bis fünf Farbenplatten jetzt höchst anschauliche Bilder, gegenüber welchen die schwarz gestochenen Terrainkarten den Anfänger kalt lassen.

Man darf das Flächenkolorit, das man hierbei zur Anwendung bringt, übrigens nicht einfach mit dem gleich zu besprechenden der Höhenschichtenkarte verwechseln. Allerdings pflegen sich die Grenzlinien der einzelnen farbigen Flächen an gewisse ziffermässig bezeichnete Höhenstufen (200 m, 500 m, 1000 m u. s. f., s. Atlas) anzuschliessen, aber nur im allgemeinen. Im einzelnen werden die Terrainformen selbst den Verlauf dieser Farbengrenzen bestimmen müssen. Denn der Hauptzweck der Regionalfarben ist in diesem Falle, als ausgleichendes Mittel zur Herstellung eines ruhigen Terrainbildes zu dienen. Es hat keinen Sinn, bei der ausgedehnten Generalisierung aller andern Kartenelemente einem einzelnen wie in diesem Falle dem Flächenkolorit streng die mathematische Linie der Isohypse als Begrenzung zu grunde legen zu wollen.

Die einfache Höhenschichtenkarte bietet dem Auge, wie erwähnt, grosse Schwierigkeit bei Zusammenfassung der Formen und Stufen. Man hat daher sehr bald diesem Mangel dadurch abgeholfen, dass man die Böschungsflächen je zwischen einzelnen Isohypsen durch verschiedenes Flächenkolorit unterscheidbar

machte. Wählt man die Farben ganz beliebig, so entsteht ein Bild von buntfarbigen Bändern, das die Gesamtplastik noch wenig veranschaulichen kann. Stellt man aber eine durch wenige Farben allmählich vom Hell zum Dunkel oder umgekehrt fortschreitende Farbenskala zusammen, so verwandeln sich die Höhenschichtenkarten in ausgezeichnete Hülfsmittel zum Studium der Plastik. Eine solche Skala ist z. B. von dem österreichischen Feldzeugmeister von Hauslab († 1883) aufgestellt, der die unteren Stufen mit hellgelben Tönen bedeckte und nach dem Grundsatz, je höher desto dunkler, durch Dunkelgelb, Braun, zum Olivengrün fortschritt.

An diese Grundsätze knüpft man neuerdings an, um zu einer wahren Farbenplastik zu gelangen. Man hofft durch eine richtige Farbenwahl, die nach den Grundsätzen der physiologischen Optik für die tiefern Stufen stumpfe, für die höhern immer intensivere, aus der Fläche herausspringende Farbentöne einsetzt, unmittelbar wirkende Bilder der Unebenheiten zu erzeugen. Mit welchem Erfolg, muss die Zukunft lehren. Bis jetzt ist man über theoretische Untersuchungen noch kaum hinausgekommen [100]).

Die Höhenschichtenkarte und die Karte mit Bergschraffen ergänzen sich in ausgezeichneter Weise, da erstere im allgemeinen die Anschwellungen an sich und in der Gesamtform, die letztere den Auf- und Abstieg der Ränder und Einzelerhebungen markiert. Die Karte in Schraffen im Unterricht ganz durch die reine Höhenschichtenkarte ersetzen zu wollen, erscheint nicht richtig, wenn man nicht sehr viele Farbenstufen und dem entsprechend viele Isohypsen anwenden kann. Der Hauptübelstand besteht darin, dass die Horizontallinien durchaus nicht immer mit einer sogenannten Brechungslinie des Geländes, d. h. mit einem Stufenrand zusammenfallen, während umgekehrt der Anfänger unwillkürlich glaubt, die Farbengrenze bedeute zugleich einen abfallenden Rand einer Höhenstufe.

7. Reliefkarten. Das richtigste Bild einer Terrainform vermag natürlich das Relief selbst zu liefern. Doch ist die Herstellung von Reliefkarten, welche die Unebenheiten des Bodens plastisch wiedergeben, mit grossen Kosten und Schwierigkeiten verbunden. Nur für kleine Geländeabschnitte kann man Reliefs in richtigem Massstab der Länge und Höhe entwerfen. Die Messtischblätter bieten dazu jetzt ein sehr bequemes Mittel, indem man die einzelnen Höhenschichten in dünner Pappe ausschneidet, sie aufeinander klebt und die Treppenstufen mit einem plastischen Mittel ausgleicht. Bei einer Berggruppe, einem Gebirge oder gar einem ganzen Lande wie Deutschland, Frankreich etc. muss man einen ungleich grösseren Höhenmassstab als den Längenmassstab anwenden, um die relativen Unterschiede der Unebenheiten noch anschaulich zu machen; man muss zur sog. Ueberhöhung greifen.

---

[100]) In dieser Richtung trat besonders K. Peucker mit neuen Gesichtspunkten hervor. S. seine „Schattenplastik und Farbenplastik“, Wien 1898, und Thesen z. Ausbau der theoret. Kartographie, (Geogr. Zeitschr. VIII, 1902, 204 ff.) Der erste praktische Versuch Peuckers, die Grundsätze seiner neuen Farbenplastik für Schulkarten durchzuführen (s. die 2. Aufl. seines Atlas f. Handelsschulen, Wien 1899), ist noch wenig überzeugend. Er wählt die Farbentöne Blaugrün, Grün, Gelb, hell und dunkel Orange. Später ist seine Skala etwas abgeändert auf den südlichen Blättern der Höhenschichtenkarte von Bayern 1 : 250 000 zur Darstellung gebracht (München, topograph. Bureau).

Denn man bedenke, dass, wenn man das Relief der Alpen in Handatlasformat, also ca. 1 : 2 000 000, herstellen wollte, der 4800 m hohe Montblanc bei dem gleichen Massstabe nur 4 800 000 mm : 2 000 000 = $2,_4$ mm hoch werden würde! Was liesse sich daneben noch irgend deutlich zur Darstellung bringen? Man muss also in diesem Falle mindestens einen 10-fach grössern Massstab für die Höhen wählen und sich auf die Darstellung der wichtigsten Talformen, Hochebenen etc. beschränken. Vergrössert man den Höhenmassstab noch mehr, um das 50-, 100-fache, so entstehen statt der Veranschaulichungsmittel häufig Zerrfiguren mit den unnatürlichsten Formen, zuckerhutförmigen Bergen und steilwandigen Abhängen, die der Wirklichkeit nicht entfernt mehr entsprechen, aber leider im Unterricht verbreitet sind.

Von der Schweiz sind in den letzten Jahrzehnten Versuche ausgegangen, den Gebirgskarten durch Auflegung verschiedener, dem Landschaftsbild angepasster Farbentöne auf die einzelnen Böschungen eine gewisse malerische Wirkung zu geben und durch sie den Eindruck wirklicher Landschaftsbilder zu erwecken. Damit kommt allerdings ein neues künstlerisches Element in die Kartographie, das nur von wenigen beherrscht werden kann und noch höhere Ansprüche an den Takt des kartographischen Künstlers stellt[101]).

8. Das Profil. Ein leichter herzustellendes Hülfsmittel zur Auffassung des Reliefs der Erdoberfläche ist die Aufrisszeichnung oder das Profil. Auf einer dem Durchschnitt eines Landes entsprechenden geraden Linie hat man zunächst von einem Endpunkte aus je nach dem gewählten Massstab die Entfernungen derjenigen Punkte aufzutragen, welche zur Markierung des Profils verwandt werden sollen. Bei Profilen grossen Massstabes oder solchen durch weite Erdstriche kann man der Grundlinie eine dem Längenmassstab angepasste Krümmung geben (Atlas, Taf. 42). Auf jenen Punkten werden Normalen in einer der einzelnen Höhenlage entsprechenden Höhe errichtet (oder bei Profilen durch Meeresbecken, Meerengen und dergl. solche entsprechend den Tiefen nach unten gezogen) und ihre Endpunkte verbunden.

Hinsichtlich der Ueberhöhung oder des zu wählenden grössern Höhenmassstabes gilt hierbei genau dasselbe wie beim Relief. Uebersteigt die Reduktion der Längen die der Höhen in sehr hohem Grade, so entstehen Formen, die ein ganz falsches Bild geben und irrtümliche Vorstellungen über die Steilheit der Böschungswinkel erwecken müssen (Atlas, Taf. 41. Profil durch Tenerife). Zum Glück beginnt man, die Unfruchtbarkeit blosser Gipfelprofile der Gebirge mehr und mehr einzusehen. Besonders instruktiv sind Profile durch ganze Länder und Kontinente, weil man durch sie Gegensätze zwischen Hoch- und Tiefländern zur deutlichen Anschauung bringen kann, die oft trotz Farbenunterschied aus den Plankarten erst mühsam herausgelesen werden müssen. Alexander von Humboldt hat uns hier mit seinem Profil durch Mexiko (1811) die richtigen Wege gewiesen.

Vergl. die Profile in vierfacher Ueberhöhung durch die Schweiz (Atlas, Taf. 24), in 20- bezw. 40 facher Ueberhöhung durch Süd- und Nordamerika (Atlas,

[101]) Vergl. besonders F. Becker, Neuere Bestrebungen a. d. Gebiet der Kartographie, (Jahrb. d. Schweizer Alpenklubs, 24. Bd., 1888/9), und F. Becker, Die Kunst in der Kartographie, Vortrag in Genf 1909. (Geogr. Zeitschr., XVI, 1910, 473 — 90.)

Taf. 42 und 44), sowie die Profile durch Tenerife in wechselnder Ueberhöhung (Atlas, Taf. 41). Das sind also sämtlich nur schematische Profile. Im richtigen Verhältnis der Höhe zur Länge werden Profile durch grössere Länderstrecken nur mittelst zahlreicher Blätter hergestellt werden können. Ein solches von $3{,}_{66}{}^{m}$ Länge lieferte, wie schon erwähnt (S. 119), F. Lingg durch Europa in 1 : 1 000 000, ferner ein solches (2^{m} lang) durch Deutschland und die Alpen, 1887 in 1 : 500 000.

9. Das Blockdiagramm[102]). In neuerer Zeit wird zur Erläuterung der Oberflächenverhältnisse ganzer Landschaften eine Art Vereinigung von Profil und Seitenansicht aus der Vogelperspektive verwandt, als sei ein ganzer Block aus der obern Erdrinde herausgeschnitten. Das Profil im Vordergrund lässt uns den innern Bau erkennen. Der Blick in die Landschaft gibt Aufschluss über den Zusammenhang der äussern Geländeformen mit dem innern Bau oder deren allmähliche Umgestaltungen. Man kann die Blockdiagramme als rohe Faustzeichnungen ansprechen, die einzelne typische Merkmale in stark schematisierter Form zur Anschauung bringen und so zum Landschaftsbild hinüberleiten.

III. Das Messen auf Karten (Kartometrie)[103]).

§ 112. Das Kartenlesen. Wenn die Kartenzeichnung vielfach eine technische Fertigkeit voraussetzt, die nur durch langjährige Uebung gewonnen werden kann und daher dem Kartographen die besondere Stellung eines Künstlers unter den Geographen zuweist, so beginnt mit dem Lesen und der Ausmessung der fertigen Karte wiederum die Arbeit des wissenschaftlichen Geographen. Soweit es sich um das Lesen von Uebersichtskarten handelt, wie sie uns die Handatlanten allein bieten können, beschäftigen wir uns an dieser Stelle nicht mit demselben, da ja dies ganze Werk in seinem speziellen Teil sich wesentlich auf dem Studium dieses modernen Kartenschatzes aufbauen soll. In das Lesen einer topographischen Karte kann ein Lehrbuch der Gesamtgeographie aber nicht einführen. Hier muss das Selbststudium eintreten. Nichts wird dies mehr befördern, als der stete Vergleich der Karte mit der Natur. Der angehende Geograph sollte bei jedem Ausflug ins Freie und auf jeder Reise mit den besten und genauesten Karten seiner Umgebung oder des durchreisten Gebietes versehen sein. Im erstern Fall also mit topographischen Karten, im andern mit solchen grossen Massstabes und möglichst charakteristischer Wiedergabe der Terrainformen[104]). Dem Touristen dient die Spezialkarte meist nur, um seinen Weg zu finden oder um den Namen dieses oder jenes

---

[102]) Diese Blockdiagramme werden besonders von W. M. Davis und seiner Schule angewandt. Vergl. W. M. Davis u. G. Braun, Grundzüge der Physiographie (Leipzig 1911). — [103]) Für manche hier behandelten Punkte vergl. man C. Rohrbachs kritische Bemerkungen: Die mathemat. Behandlung geogr. Probleme. (Festschrift für v. Richthofen, 1893, 347—62); die neuere Literatur wird trefflich analysiert von Hammer, Geogr. Jahrb. XVII, 1894, 80 ff.; XIX, 1896, 23 ff., XX, 1897, 455 ff.; XXIV, 1901, 54 ff. und H. Haack, XXVI, 1903, 417; XXIX, 1906, 404 ff., XXXIII, 1910, 198 ff.; vergl. ferner Zöppritz-Bludau, Leitfaden d. Kartenentwurfslehre, II, 1908, 76—109. — [104]) Blosse Eisenbahn- und Wegnetzkarten haben für den Geographen keinen Nutzen. Selbst bei Eisenbahn-

markanten Punktes (Berggipfel, Ruine, Schloss, Ortschaft etc.), den er auf seinem Wege erblickt, festzustellen. Der Geograph, welcher die Karte lesen lernen will, muss daneben umgekehrt versuchen, alle auf der Karte dargestellten Objekte und Formen, soweit sie überhaupt von seinem Standpunkt aus sichtbar sind — und diese Feststellung ist an sich eine ausgezeichnete Uebung im Kartenlesen — in der Natur wieder zu erkennen. Neben der Orientierung mit Hülfe der Karte nach den Richtungen handelt es sich auch um Abschätzung der Entfernungen, der Höhenunterschiede, der Böschungswinkel in den Profillinien des Geländes und in der Frontansicht u. a. mehr. Die Bestätigung dieser Schätzungen durch Ausmessungen auf der Karte sollte sich daran anschliessen. Eine Fertigkeit im Kartenlesen erfordert in jedem Fall lange Uebung; und es ist Tatsache, dass mancher gelehrte Geograph oft ratlos der Aufgabe gegenübersteht, sich im Freien nach einer ihm längst bekannten Karte allseitig zu orientieren.

Es gipfelt also auch das Kartenlesen in gewissem Sinn in der Ausmessung auf der Karte. So bunt und mannigfaltig nun auch die auf ihr dargestellten Gegenstände sein mögen, so lassen sie sich doch immer auf die geometrischen Gebilde der Linie, der Fläche, des Winkels, der Körperform zurückführen, und dadurch sind ganz verschiedene Arten von Messungen auf Karten bestimmt.

§ 113. Längenmessung[105]. 1. Mit einer besondern Aufgabe der Längenmessung auf Karten haben wir uns früher schon beschäftigt, nämlich gelegentlich der Bestimmung des Kartenmassstabes (§ 98). In diesem Falle handelte es sich im wesentlichen immer um Ausmessung gewisser Stücke der Gradnetzlinien mittelst eines Zirkels und Vergleichs mit dem Millimetermassstab oder dem auf der Karte befindlichen Meilen-(Kilometer-)massstab. Die Prüfung der auf einer solchen eingezeichneten mathematischen Hülfslinien übergehen wir jedoch. Ebenso einfach ist die Bestimmung der geographischen Koordinaten eines beliebigen Punktes auf der Karte, da die Messung sich auf den Abstand desselben von den nächstgelegenen Gradnetzlinien beschränken wird, und diese Abstände wieder gerade oder einfach gebogene Linien sind. Längen- und Breitenunterschiede zweier Orte nach der Karte zu finden, bedarf daher auch an dieser Stelle keiner weiteren Erläuterung.

2. Eine der wichtigsten Fragen der Kartenmessung ist aber die Bestimmung der Entfernung zweier beliebigen Kartenpunkte. Auf der Kugel wird dieselbe durch den Bogen grösster Kugelkreise gemessen, auf dem Sphäroid durch die sog. geodätische Linie (S. 118). Im Grunde gibt nur eine aequidistante Azimutal-

fahrten sollte man mit Karten wie Vogels Deutscher Reichskarte 1 : 500000 versehen sein. Dies ist neuerdings erleichtert durch die Langhansschen Reisehefte „Rechts und Links der Eisenbahn“ (Gotha, J. Perthes), welche Ausschnitte aus der Vogelschen Karte enthalten. Die modernen Reisehandbücher bieten für Einzelgegenden heute schon treffliche Studienmittel; alle Uebersichtskarten sind in denselben aber viel zu klein für obige Zwecke. — [105]) Einiges Hierhergehörige bietet die Schrift von F. E. Mouths, Linienmessung auf Karten, Stuttgart 1912.

projektion (S. 230) die sich im Kartenmittelpunkt schneidenden Grosskreise als längentreue gerade Linien wieder. Liegen auf einer solchen die Punkte A und B, deren Entfernung durch Messung bestimmt werden soll, in der Richtung eines jener Mittelpunktsgrosskreise, so liefert uns die Zirkelöffnung direkt ihre Entfernung. Indessen in andern Fällen uns erst eine zur Abmessung geeignete Projektion zu entwerfen, ist viel umständlicher als die Entfernung durch trigonometrische Rechnung zu finden (S. 70). Ebenso ist die Abmessung erschwert, wenn der grösste Kreis oder die orthodromische Linie (§ 41), längs welcher man die Entfernungen zu messen hätte, erst in die Karte einzuzeichnen ist. Man wird daher überhaupt direkte Entfernungsmessungen nur auf solchen Karten ausführen, auf denen alle grössten Kugelkreise sehr nahe durch gerade Linien wiedergegeben sind. Dies ist z. B. auf allen topographischen Gradabteilungskarten (§ 109) ohne weiteres der Fall, sodass man auf diesen unbedenklich nach allen Richtungen geradlinige Entfernungen durch Abmessung mit dem Zirkel bestimmen kann. Indessen geben auch geographische Karten in jenen Projektionen, welche man für Länderkarten anzuwenden pflegt (Bonnesche Projektion, flächentreue Azimutalprojektion etc.), genügend verlässliche Resultate, sobald man sich nur bei diesen Messungen nicht allzuweit (10^0—15^0) vom Kartenmittelpunkt entfernt. Zu Entfernungsmessungen wähle man daher in einem Atlas möglichst die Blätter, auf denen die abzumessende Linie mehr durch die Kartenmitte läuft.

Da es bis jetzt noch nicht Sitte geworden ist, die Landkarten mit Linien gleicher Verzerrungswerte (Aequideformaten) zu versehen[106]), so ist es zweckmässig, den Bereich einer Karte, innerhalb welches man ohne Bedenken die Entfernungen der Einzelpunkte mittelst des Zirkels abmessen kann, durch einige Proben zu ermitteln. Man vergleicht dabei das Resultat der Einzelmessungen mit den entsprechenden auf einem guten Globus von möglichst grossen Dimensionen, oder noch besser mit den durch Rechnung bestimmten Entfernungen (S. 70). Köln (Domplatz) ist z. B. von Königsberg (Schloss) genau 1000 km entfernt[107]), man wird die (geradlinige) Entfernung beider Orte auf der Karte von Mitteleuropa (Atlas, Taf. 16 in 1 : 5 000 000) ca. 995 km, auf der Karte Europas (Atlas, Taf. 11) = fast 1000 km finden. Die Fehler bleiben hierbei innerhalb der Unsicherheit der Messung selbst oder derjenigen der Ausgangspunkte (d. h. so kleine Karten können nicht gewährleisten, dass wir die Zirkelspitze auf den Domplatz zu Köln oder den Schlossplatz zu Königsberg einstellen). Madras ist von Tokio 6327 km entfernt, die Messung auf der Karte von Mittelasien (Atlas, Taf. 38, 1 : 20 000 000) ergibt 6440 km oder fast 2% mehr. Singapores Entfernung von Tokio (= 5317 km) zeigt sich auf der Karte von Asien (Atlas, Taf. 35, 1 : 40 000 000) zu 5500 km oder fast $3^1/_2$% mehr, dagegen auf der Karte Südostasiens (Atlas, Taf. 39, 1 : 20 000 000), auf welcher die Verbindungslinie Singapore-Tokio wesentlich näher dem Kartenmittelpunkt liegt, nur zu 5370 km, also nur 1% mehr als nach der Rechnung.

---

[106]) Berechnet sind diese Werte für viele Projektionspole von Tissot (Tissot-Hammer s. S. 196). Eingetragen sind solche Linien gleicher Verzerrung z. B. für eine Karte Asiens 1 : 40 000 000 in flächentreuer Azimutalproj. von A. Bludau, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., XXV, Berlin 1890. — [107]) Martus, Astronom. Geogr. 1887, 180; 3. Aufl. 1904, 218.

3. Die gesamte „Situation" einer Karte besteht im wesentlichen aus Systemen von Linien so vielfach gebrochenen und unregelmässig gekrümmten Verlaufes, dass ihre Längen einer mathematischen Berechnung unzugänglich sind. Wir erinnern an Wegenetz, politische Grenzen, Fluss- und Küstenlinien, Gebirgskämme etc., deren Länge zu kennen die vergleichende Geographie nicht entraten kann. Auch hier scheint auf den ersten Blick die mechanische Streckung dieser Kurven eine einfache Sache zu sein. Man lässt einen feingespitzten Zirkel mit möglichst kleiner Zirkelöffnung auf der gekrümmten Linie mehrfach auf und ab wandern. Teils um das Mühsame dieses Verfahrens zu vermeiden, teils um sich dabei den einzelnen Biegungen der zu messenden Linien noch mehr anzuschmiegen, hat man eine grosse Zahl sog. Kurvimeter (auch Kartometer genannt) konstruiert[108]).

In der einfachen Gestalt sind dies drehbare, gezähnte Rädchen, am Ende eines Stifts befestigt; oder solche, die bei der Drehung ein kleines Zählwerk in Bewegung setzen. Freilich schmiegen sich auch diese kleinen Werkzeuge, mit denen man auf der zu messenden Kurve entlang fährt, den kleinen Krümmungen z. B. eines Flusses, einer Küstenlinie nur unvollkommen an, so lange der Krümmungshalbmesser der Biegungen nicht grösser ist als der Halbmesser des Messrädchens. Man müsste also winzige Rädchen anwenden. Man hat daher neuerdings Linienmesser hergestellt[109]), bei denen ein Fahrstift im Mittelpunkt eines Kranzes von kleinen Rädchen unmittelbar über alle Biegungen einer Kurve geführt wird. Die Messrädchen, deren man eine ungerade Zahl anzuwenden pflegt, drehen sich nur nach aussen und gleiten bei gewissen Bewegungsrichtungen. Sie lösen sich also gewissermassen gegenseitig in der Registrierarbeit ab. Indem man ihre Umdrehungen sämtlich abliest, vermag man den vom Fahrstift durchlaufenen Weg zu berechnen. Andere Instrumente, sog. Tangenten-Apparate, zwingen den Benutzer, eine kleine Vorrichtung wie ein Linienkreuz auf Glas oder einen platten Pfeil stets in der Richtung der Tangenten längs der gekrümmten Linien zu führen[110]). Im allgemeinen wird man mit allen diesen Verfahrungsweisen jedoch selten eine grössere Genauigkeit als bis 2 oder 3% erreichen.

Indessen besteht bei der Kurvenmessung die grössere Schwierigkeit nicht in dem mechanischen Messverfahren, sondern in dem beschränkten kartographischen Material, das uns im allgemeinen zur Abmessung aller dieser unregelmässigen Linien zur Verfügung steht. Der Kartenmassstab spielt hierbei eine ganz ausserordentlich wichtige Rolle. Die an sich gebotene „Generalisierung" macht die Karten kleinern Massstabes zur Messung der Länge der fraglichen Linien so unbrauchbar, dass bei Bestimmung der gleichen Kurven auf verschieden reduzierten Karten leicht Differenzen von 20, 30 und mehr Prozenten herausspringen können. Dies ist die

---

[108]) Vergl. hierzu besonders die Ausführungen Hammers, Geogr. Jahrb. XVII, 1894, 81 ff.; XIX, 23 ff.; Mouths (a. a. O. 6—9) beschränkt sich ausschliesslich auf eine Aufzählung von Kurvimetern ohne irgend nähere Angaben ihrer Eigenschaften. — [109]) Fleischhauer-Trognitz' Kartometer. Hammer a. a. O. und Zeitschr. f. Ingenieurw. 1889, 130 ff. — [110]) S. besonders W. Ules zweckmässige Parallelkurvimeter; Vergl. Haack in Pet. Mitt. 1895, 220; Hammer im Geogr. Jahrb. XIX, 1896, 24.

Ursache der grossen Unsicherheit, welche in unsern Hand- und Lehrbüchern über alle solche Längen wie besonders Fluss- und Küstenlinien noch herrscht. (Näheres hierüber in § 180: Stromentwickelung.) In Wahrheit eignen sich nur topographische Karten zu der betreffenden Ausmessung, weil diese alle Krümmungen noch in geometrisch ähnlicher Gestalt abbilden. Geographische Karten geben den Linienverlauf im allgemeinen beträchtlich verkürzt wieder. Gänzlich die Messung unregelmässiger Linien auf geographischen Karten deshalb bei Seite setzen, wie man von mathematischer Seite verlangt hat, erscheint dennoch unmöglich, da man für zahllose Erdgegenden auf topographische Karten für Generationen hinaus nicht wird rechnen dürfen. Es wird aber schon viel gewonnen sein, wenn man bei allen diesen Ausmessungen die Karten erreichbar grössten und zugleich möglichst gleichen Massstabes anwendet und viele Kontrollmessungen ausführt. Das Missliche an der gesamten Rektifikationsarbeit besteht darin, dass man (so lange es sich um geographische Linien handelt) kein rechnerisches Verfahren besitzt, um die Resultate zu prüfen, wie bei den oben geschilderten Entfernungsmessungen oder den gleich zu schildernden Flächenmessungen.

§ 114. Die Flächenmessung[111]. Viel besser als bei der Kurvenmessung ist man in der Kartographie hinsichtlich der Flächenmessung daran, weil der Flächeninhalt der abgeschlossenen Figuren bei der notwendigen Generalisierung ihrer Grenzlinien kaum verändert wird. Hier gleichen sich die Fehler der Erweiterung oder Verkleinerung der Figuren bei Vereinfachung der Umfangslinien meist aus. Man kann daher auch Karten verhältnismässig kleinen Massstabes schon ganz gut zu Flächenmessungen anwenden. Erste Voraussetzung ist freilich, dass die Projektion eine flächentreue sei, (wenngleich man unter gewissen Vorsichtsmassregeln auch auf nicht flächentreuen Entwürfen ziemlich richtige Werte erhält).

1. Den Flächeninhalt ebener Figuren von beliebigem Umriss pflegt man bekanntlich annähernd so zu bestimmen, dass man ihnen Figuren von regelmässiger oder leicht zu berechnender Gestalt (Quadrate, Rechtecke, Dreiecke) einschreibt und die etwa überschiessenden Randstücke von neuem mit ähnlichen Figuren bedeckt, bis man den Rest glaubt abschätzen oder vernachlässigen zu können. Bequemer und sicherer gelangt man zum Ziel, wenn man das ganze zu messende Flächenstück mit einem Netz möglichst kleiner quadratischer Maschen überzieht — oder ein durchsichtiges Millimeterpapier, eine feingeteilte Glasplatte darüber legt — und alsdann die Zahl der von der Figur eingenommenen Maschen

[111]) Vergl. hierzu W. Schmiedeberg, Zur Geschichte d. geograph. Flächenmessung bis z. Erfindung d. Planimeters; Inaug.-Diss. Gött. 1906; auch in Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., Berlin 1906, u. Th. Willers, Zur Geschichte der geograph. Flächenmessung seit Einführung d. Planimeters, Ergänzungsheft zu Peterm. Geogr. Mitt. Nr. 170, Gotha 1911.

zählt, wobei man die an den Rändern nur unvollkommen in die Figur fallenden Quadrate nach ihrem einzustellenden Werte — etwa in Zehnteln — abschätzt. Es handelt sich dabei vor allem darum, zu bestimmen, welcher Wert in der Natur der Masche des Netzes zugeschrieben werden soll.

Bei Karten von

1 : 10 000 ist 1 mm = 10 m, also 1 qmm = 100 qm = 1 Ar
1 : 100 000 ist 1 mm = 100 m, also 1 qmm = 10 000 qm = 1 Hektar
1 : 1 000 000 ist 1 mm = 1 km, also 1 qmm = 100 Hekt. = 1 qkm
1 : 5 000 000 ist 1 mm = 5 km, also 1 qmm = = 25 qkm.

Obiges Verfahren ist bei Plänen und Karten grossen Massstabes stets anwendbar, ebenso aber auch bei Karten, welche Landstriche unweit des Aequators darstellen, weil hier die Maschen des Gradnetzes in allen Projektionen fast quadratisch sind.

2. Die Zonenmethode[112]). Ganz ähnlich kann man aber auch das Gradnetz einer Karte selbst zur Flächenabschätzung benutzen, indem man dabei zugleich die wirkliche Messung auf ein Minimum beschränkt. Gleichviel nämlich, ob das ausgezogene Gradnetz viertel, halbe, ganze Gradfelder oder Zwei-, Fünf-, Zehngradfelder darstellt: jede dieser Maschen entspricht einer leicht aus den Dimensionen der Erde zu berechnenden oder den Zonentabellen (S. 120, Anm. 44 u. 45) zu entnehmenden Flächengrösse in der Natur. Teilt man dann die Gradfelder, welche von den Umrissen der zu messenden Figur (der Insel, der Provinz, des Landes etc.) durchschnitten werden, in ein System kleinerer Gradfelder (nicht Quadrate), so lassen sich die eingeschlossenen vollen Gradfelder dieser Randstücke auszählen, die durchschnittenen abschätzen und zu einer Gesamtsumme vereinigen.

Würde dies höchst einfache Verfahren, die geographischen Flächenstücke nach den Maschen des Gradnetzes, in das sie gezeichnet sind, in ihrer Grösse abzuschätzen und durch einfache Addition zu berechnen[113]), häufiger von Geographen angewendet, so würde unsere Literatur nicht noch immer mit einer so grossen Zahl gedankenlos abgeschriebener Arealzahlen verunziert sein, die sich bei näherer Betrachtung als unmöglich erweisen. Die Abschätzung würde erleichtert werden, wenn die Kartographie den Flächenwert der auf jeder Karte ausgezogenen Gradnetzmaschen regelmässig angeben wollte, wie es seit Jahrhunderten mit dem linearen Meilenmassstab geschieht. Da die Gradfelder jeder Breitenzone unter einander gleich gross sind, ist im Seitenrand der Kartenblätter ein geeigneter Platz vorhanden.

3. Das Planimeter. Seit sechzig Jahren bedienen sich Feldmesser und Geographen jedoch eines Instruments zur Flächen-

[112]) Vergl. über die Anwendung der Zonenmethode die Schrift von Th. Willers, 43—58, Durchführung der Flächenmessung: 1. Anwendung der Zonenmethode, 2. Untersuchung der Fehler. — [113]) In welcher Weise dies durchzuführen sei, habe ich seit 1888 auf den Kartenblättern meines Methodischen Schulatlas gezeigt. Vergl. dazu H. Wagner, Die Einführung der Flächenzahlen auf den Karten, Pet. Mitt. 1902, 203. Tabellen für Zwei-, Fünf- und Zehngradfelder siehe am Ende dieses Bandes. In neuerer Zeit sind die Handatlanten von Stieler, Sohr-Berghaus (9. Aufl. v. Bludau) und Andree, sowie viele Schulatlanten zu der Neuerung übergegangen.

berechnung, das ungleich schneller und sicherer zum Ziele führt als die eben angedeutete Methode, nämlich des Planimeters[114]). Es beruht dasselbe auf dem Prinzip, dass man mit dem senkrechten Stift eines drehbaren Fahrarmes die Umrisslinien einer geschlossenen Figur umfährt. Hierbei wird eine auf dem Kartenpapier oder einer eigenen Platte sich bewegende Fahrrolle in Bewegung gesetzt, die sich bald dreht, bald ohne Drehung gleitet, aber deren Umdrehungen dem Flächeninhalt der umfahrenen Figur proportional sind.

Es ist am besten, den jeweiligen Reduktionsfaktor der gefundenen Planimeterteile durch Messung auf der Karte und aus dem Gradnetz selbst zu bestimmen. Gesetzt bei Umfahrung eines Eingradfeldes zwischen 50° und 51° N. einer flächentreuen Karte von Deutschland in 1 : 2 500 000 würde sich die Fahrrolle um 47 Planimeterteile drehen, so entspricht jeder Planimeterteil einer Fläche von $167{,}_2$ qkm, da ein Eingradfeld jener Breite in der Natur = 7862 qkm (S. 121) ist. Eine Prüfung erhält man, wenn man bei den z. B. von Wasser oder Landgrenzen durchschnittenen Gradtrapezen auch die Fläche des Landes und die des Wassers oder die der diesseitigen und jenseitigen Staatsgebiete besonders bestimmt, welche beide zusammen so viel Planimeterteile ergeben müssen, als das Ganze der Gradfelder bei der Gesamtumfahrung. Misst man auf einer nicht-flächentreuen Karte, wie z. B. auf solchen in Mercatorprojektion (Küstenkarten), so muss man den Reduktionsfaktor jeweilig für einzelne möglichst schmale Breitenzonen aus dem Gradnetz, wie oben gezeigt, bestimmen.

§ 115. Raummessungen[115]). Da unsere Landkarten alle Erhebungen des Bodens in Horizontalprojektion wiedergeben, so kann von unmittelbarer Messung plastischer Formen auf der Karte nicht die Rede sein. Die dritte Dimension, das Höhen- oder Tiefenperpendikel, haben wir von der Karte abzulesen, um sie behufs Entwurfs einer Hülfskonstruktion oder einer Wertberechnung mit gemessenen Linien oder Flächen zu vereinigen.

1. Die wichtigste Hülfsfigur ist hierbei das Profil (S. 251), der senkrechte Schnitt durch die Kartenebene, der sich auf dieser als gerade (oder gebrochene) Linie projiziert. Den Winkel, welchen ein geradliniges Stück der Profillinie AB mit der Horizontalen bildet, nennt man Neigungswinkel (Atlas, Taf. V). Die Tangente desselben (α) ist immer gleich dem Höhenabstand der Punkte A und B (h), geteilt durch den auf der Karte gemessenen Horizontalabstand (a),

$$\text{tang } \alpha = \frac{h}{a}.$$

---

[114]) Die Theorie des Planimeters wird in den Handbüchern für Vermessungskunde näher erläutert. Eine einfache Ableitung gibt v. Schmidt, Giebels Zeitschr. für Naturw. I, 1877, 123 ff. Die Handhabung eines Planimeters ist so einfach, dass jede Schulsammlung ein solches dem Fachlehrer zur Verfügung stellen sollte. Vergl. im übrigen Hammer im Geogr. Jahrb. XVII, 1894, S. 83—86. — [115]) In diesem Abschnitt werden einige allgemeinere Punkte als Aufgabe der Kartometrie behandelt, die in der eine zeitlang mehr gepflegten Orometrie zur Anwendung kommen. Die Literatur ist zerstreut. Vergl. bes. K. Peucker, Beiträge z. orometrische Methodenlehre, Diss. Breslau 1890. Näheres in § 173: Orometrische Werte.

Da auf einer Höhenschichtenkarte der Höhenunterschied h zwischen zwei Stufen sich meist gleich bleibt, so kann man sich leicht für die wechselnden Horizontalabstände derselben einen sog. Böschungsmassstab entwerfen, der angibt, welche Entfernung der Isohypsen (in der Richtung der Normalen auf der Karte gemessen, S. 246) zum jeweiligen Böschungswinkel gehört.

Gesetzt die Höhenstufe sei 20 m und der Kartenmassstab 1 : 25000, so ist $h = 20000\,\text{mm} : 25000 = 0{,}8\,\text{mm}$. Beträgt der auf der Karte oder im Profil gemessene Horizontal-Abstand zweier Isohypsen 9 mm, so ist der Neigungswinkel an dieser Stelle = 5°, da tang $5° = 0{,}8 : 9 = 0{,}09$. Bei $2{,}2\,\text{mm}$ Abstand folgt ein Neigungswinkel von 20° (tang $20° = 0{,}8 : 2{,}2 = 0{,}36$). (Vergl. den Böschungsmassstab auf Taf. V des Atlas.)

Auf geographischen Karten ist es unmöglich, den Neigungswinkel der Profillinie im einzelnen festzustellen. Die mittlere Neigung längs einer solchen wird jedoch auf die gleiche Weise gefunden, indem man den Höhenabstand der zu vergleichenden Punkte durch den Horizontalabstand teilt, sei es, dass man beide auf den Massstab der Karte reduziert oder die wirklichen Grössen in Beziehung setzt. Der erste Weg entspricht der Abmessung auf einem Profil, das selbstverständlich immer im gleichen Massstab für Höhen und Längen entworfen sein muss. Auf Karten kleinern Massstabes kann man nur ganz rohe Schätzungen ausführen.

Der mittlere Neigungswinkel des Tessintales von Bellinzona bis Airolo ist ca. 1°, da der Höhenunterschied 960 m, die Entfernung $55\,\text{km} = 55000\,\text{m}$ beträgt, und tg $1° = 0{,}0174 = 960 : 55000$ ist. (Vergl. Atlas Taf. 24.) Das vierfach überhöhte Profil gibt den Neigungswinkel zu ca. 4° an (tg $4° = 0{,}07 = 6\,\text{mm} : 88\,\text{mm}$). Ebenso ist nach roher Abmessung die mittlere Neigung vom St. Gotthardpass nach Airolo ca. 13° (tg $13° = 0{,}23$ und $934\,\text{m} : 4000\,\text{m} = 0{,}23$); auf dem Profil der Tafel 24 dagegen ca. 45° ($= 6\,\text{mm} : 6\,\text{mm} = 1$).

Die mittlere Höhe einer Profillinie h ergibt sich nur dann aus dem arithmetischen Mittel aller einzelnen zur Konstruktion verwendeten Höhen, wenn diese in gleichem Abstand von einander stehen. Da dies in den seltensten Fällen stattfinden wird, ist es das einfachste, die Aufgabe auf graphischem Wege zu lösen, nämlich den Flächeninhalt F des Gesamtprofils planimetrisch zu berechnen und diesen durch die Länge der Grundlinie g zu teilen

$$h = \frac{F}{g} = \frac{\text{Profilfläche}}{\text{Grundlinie}}.$$

Man kann zu dieser Bestimmung natürlich ebensogut überhöhte Profile anwenden, was sich schon deshalb empfiehlt, weil die flachen Profile, bei denen die Höhen im richtigen Verhältnis zur Länge aufgetragen sind, zu einer sichern planimetrischen Messung sozusagen zu wenig Angriffspunkte bieten. Die gefundene Mittelhöhe hat man schliesslich nur durch den Ueberhöhungsfaktor zu teilen.

Die mittlere Höhe des Querprofils durch die Alpen von Flüelen bis Bellinzona — wenn über Bellinzona (220 m) gemessen —, beträgt auf der Tafel 24 des Atlas $4{,}77\,\text{mm}$ ($= 749\,\text{qmm} : 157\,\text{mm}$). Da das Profil in vierfacher Ueberhöhung gezeichnet ist, stellt sich die wahre mittlere Höhe nur zu $4{,}77\,\text{mm} : 4 = 1{,}19\,\text{mm}$, und, wenn

mit dem Reduktionsfaktor der Karte multipliziert, zu 744 m (= $1{,}_{19}$ mm × 625 000). Ueber dem Meeresspiegel würde die mittlere Höhe also zu 964 m (744 m + 220 m) anzunehmen sein.

2. Bestimmung der physischen (oder topographischen) Oberfläche. Alle planimetrischen Messungen auf der Karte geben uns nur die Grösse der Horizontalprojektion der mehr oder weniger geneigten physischen Oberfläche der festen Erdrinde an. In neuerer Zeit [116]) ist man nun der Frage näher getreten, auch die Ausdehnung der wahren, teils vom Meer und den Binnengewässern bedeckten, teils den Atmosphärilien zum Angriff ausgesetzten Oberfläche, die wir kurzweg als physische bezeichnen, durch Ausmessungen auf der Karte zu bestimmen. Bei flachen und nach allen Seiten gleichmässig verlaufenden Erhebungen (oder Senkungen) liesse sich dies wohl an der Hand sorgfältig gezeichneter typischer Profile ausführen [117]), indem man die Länge der wellenförmig verlaufenden Profillinie mit Kurvimetern mässe und diese mit der Grundlinie, d. h. also der Horizontalprojektion der Profillinie vergliche. Indessen scheitert dies Verfahren meist an der Unsicherheit der Zeichnung und Messung der Profillinie selbst. — Nun wird eine jede geneigte Ebene, genau wie eine Profillinie, durch die Projektion auf die Horizontebene im Verhältnis von 1 : cos α verkleinert, wenn α den Böschungswinkel beider Ebenen bezeichnet. Kennt man also den mittlern Böschungswinkel (α) der gesamten undulierten Oberfläche eines Terrainstücks, so braucht man die planimetrisch auf der Karte gemessene Fläche desselben nur durch *cos* α zu teilen oder mit *sec* α zu multiplizieren, um die topographische Fläche zu erhalten. Diesen mittlern Böschungswinkel der Fläche hat man bisher meist durch eine grosse Zahl von Neigungswinkeln längs eines Abhangs, einer geneigten Fläche zu bestimmen gesucht und hieraus das Mittel genommen, hiermit aber doch sehr unverbürgte Resultate erhalten. Eine andere Methode [118]) geht von der Höhenschichtenkarte aus, die man sich für die folgende Betrachtung in ein in treppenförmigen Stufen aufsteigendes Modell verwandelt denken mag. Ueberträgt man nun das Prinzip der Bestimmung des Neigungswinkels im Profil auf die Fläche, ersetzt man also das dortige Höhenperpendikel durch die vertikale Randfläche (H) einer Schicht (gleichsam den Treppenvorstoss), und ebenso die Grundlinie durch die horizontale Grundfläche (Trittfläche A des Modells), so wird $H : A$ sofort die Tangente der mittlern Neigung der gesamten von zwei Isohypsen begrenzten Böschungsfläche im Raume ergeben. Die Grundfläche A jeder Stufe wird einfach dadurch bestimmt, dass man die von je zwei Isohypsen eingeschlossenen Horizontalflächen A und A_1 planimetrisch

[116]) Finsterwalder, Ueber den mittl. Böschungswinkel und das wahre Areal der topographischen Fläche. (Sitz.-Ber. d. bayr. Akad. d. Wiss. math.-phys. Klasse XX, 1890) und S. Brüch, Vergleiche der a. d. Messungen hervorgehenden Flächenräume mit den in der Natur vorhandenen. (Mitteil. d. k. k. Militärgeogr. Inst. VII, Wien 1887. — [117]) Finsterwalder a. a. O. 71—75. — [118]) K. Peucker 1890 a. a. O. Finsterwalder gab gleichzeitig den mathemat. Beweis a. a. O. Vergl. auch Peucker: Mittl. Böschungswinkel und mittl. Oberfläche etc. (Verhandl. des V. internationalen Geogr.-Kongresses, Bern 1891, 543—58.)

misst und die kleinere von der grössern abzieht. Die niedrige Stufenwand ergibt sich aus dem Produkt der gemessenen Länge der obern Isohypse l in die Höhe der Schicht h. Der mittlere Böschungswinkel ist daher

$$\text{tang } \alpha = \frac{h \,.\, l}{A - A_1}$$

und die wirkliche Oberfläche A_ω

$$A_\omega = \frac{A}{\cos \alpha} = A \,.\, \sec \alpha.$$

Bei einem mittlern Böschungswinkel von 1° wird also die physische Oberfläche nur um $0{,}_{015}$ % (da sec $1^\circ = 0{,}_{00015}$), bei einem solchen von 5° um $0{,}_4$ %, bei 10° um $1{,}_5$ %, bei 24° 30′ um 10 %, bei 30° um 15 % vergrössert werden.

Bis jetzt sind nach diesem Verfahren erst sehr wenige Messungen ausgeführt[119]). Der mittlere Böschungswinkel hat sich nach demselben meist grösser gezeigt als der nach andern Methoden gemessene. Von ganz ausserordentlichem Einfluss ist der Kartenmassstab, da mit Verkleinerung desselben natürlich auch der Verlauf der Isohypsen um so stärker generalisiert und vereinfacht werden muss. Ganz abgesehen von der Unsicherheit ihrer Streckung (S. 256) wird L_1, die Gesamtlänge der Isohypsen, daher bei kleinern Karten ein zu kleines Resultat geben und der mittlere Böschungswinkel also zu klein erscheinen.

3. Mittlere Höhe von geographischen Flächen und Inhaltsbestimmungen von Massenerhebungen (Volummetrie). Sind auf einem Flächenstück zahlreiche Höhenmessungen gleichmässig über die Gesamtfläche verteilt, so ergibt das arithmetische Mittel derselben die mittlere Höhe H und diese mit der Grundfläche F multipliziert den körperlichen Inhalt des aus der Erdrinde durch die Fläche gleichsam herausgeschnittenen Stücks (Zylinders). Eine solche Möglichkeit, die mittlere Höhe der Oberfläche näher zu bestimmen, wird in den seltensten Fällen bestehen. Bisher hat man daher meist zu blossen Schätzungen seine Zuflucht genommen, die man aus einzelnen Profilen entnahm. Ein richtigeres Resultat wird sich ergeben, wenn man die äussere Oberfläche (F) des zu berechnenden Raumes in möglichst kleine Teile (von beliebiger Gestalt) teilt, für jeden einzelnen die Fläche f misst und deren mittlere Höhe h abschätzt. Das Gesamtvolumen einer solchen Erhebung ist dann die Summe aus allen einzelnen Produkten,

$$V = h\,f + h_1\,f_1 + h_2\,f_2 \ldots . + h_n\,f_n,$$

und die mittlere Höhe (oder Tiefe) der Quotient aus Inhalt V und Grundfläche F:

$$H = \frac{V}{F}.$$

Die hypsographische Karte. Man kann sich die mühsame Berechnung, welche eine grosse Zahl von Produktbildungen erfordert,

[119]) K. Peucker am zuletzt angeführten Ort; L. Neumann in Pet. Mitteil. 1890, 298 (Kaiserstuhlgebirge).

auch hier durch dasselbe graphische Verfahren erleichtern, das wir bei der Profillinie anwandten. Trägt man die Grösse der benachbarten Teilflächen als Abszissen auf eine gerade Linie auf (ersetzt man also eine beliebige Zahl von Quadratkilometern durch eine bestimmte Anzahl von Millimetern), und die mittlere Höhe derselben als Ordinaten am Endpunkt jeder Teilfläche und verbindet man die Endpunkte der Höhen durch eine Kurve, so entsteht ein Diagramm nach Art eines Höhenprofils, dessen Fläche (f) leicht mit dem Planimeter gemessen werden kann. Die gefundene Fläche geteilt durch die Grundlinie ergibt die mittlere Höhe des fraglichen Raumstücks, weil eben diese Grundlinie nach ihrer Konstruktion die gesamte Grundfläche des Körpers vergegenwärtigt. Für den Fall, dass man die Werte der Isohypsenflächen ihrer Lage nach, also mit der untersten beginnend, auf der Abszissenachse ordnet, wird die verbindende Kurve eine aufsteigende Tendenz verfolgen. Man hat sie in diesem Fall als hypsographische Kurve bezeichnet (vergl. § 122 Fig. 60). Dieselbe kann in Einzelfällen ein Sinnbild der Verteilung der Massen innerhalb der verschiedenen Höhen sein, ist aber an sich noch keine Lösung des Problems der Volumbestimmung[120]), da alles von der richtigen Wahl der mittlern Höhe der Einzelstufen abhängt.

Um den Rauminhalt topographischer Körper wie den eines Berges, von Gebirgsstöcken, ganzen Gebirgen, Massenerhebungen der Kontinente u. s. f. zu berechnen, hat man denselben die verschiedenartigsten mathematischen Körper, wie Prisma, Pyramide und Pyramidenstumpf, Kegelstumpf, Prismatoid angepasst, deren Inhalt sich nach einfachen Formeln berechnen lässt[121]). Die ersteren sind bekannt. Das Prismatoid zieht man dem Kegelstumpf deshalb vor, weil bei demselben Grund- und Deckfläche nur parallel, nicht auch einander ähnlich sein müssen, wie es der Kegelstumpf verlangt. Selbstverständlich sind alle diese Versuche nur mehr oder weniger rohe Annäherungen an die physischen Formen mit ihrer vielgestaltigen Oberfläche. So lange man dabei eine genaue Höhenschichtenkarte zu grunde zu legen vermag, werden die Abweichungen nicht sehr gross sein. In je zahlreichere Schichten man hierbei den Einzelkörper zerlegt, um so kleiner werden die begangenen Einzelfehler, um so wahrscheinlicher also das Gesamtresultat sein, um so grösser freilich auch die Mühe der Berechnung.

So lautet z. B. die Formel für das Prismatoid[122])

$$V = \frac{h}{6}\,(g_1 + 4g_2 + g_3),$$

wo g_1 und g_3 die Grösse der Grenzflächen und g_2 einen Mittelschnitt zwischen beiden bedeutet. Für nahegelegene Isohypsenflächen werden die Böschungsflächen

---

[120]) Irrtümlich hat Heiderich (Pet. Mitteil. 1888, 213) dies von A. Penck gleichzeitig mit L. Neumann (Orometr. Studien in Zeitschr. f. wiss. Geogr. VII, 1888, 375) angegebene graphische Verfahren als solches angesehen. — [121]) Kořistka, Studien über die Methode und die Benutzung hypsometr. Arbeiten, Gotha 1858; Neumann, Orometrische Studien a. a. O. 1888. — [122]) Die sog. Simpsonsche Formel, s. Elfert in Pet. Mitteil. 1887, 245 ff.; Heiderich in Pet. Mitteil. 1888, 212.

zwischen g_1 und g_2, g_2 und g_3 nicht beträchtlich von den Seitenflächen eines Prismatoides abweichen. Auch wird jede Höhenschichtenkarte die Bedingung erfüllen, dass g_2 grösser als g_1 und kleiner als g_3 oder umgekehrt ist. Solche Nebenbedingungen sind es, die bei Anwendung mathematischer Formeln auf geographische Probleme nicht selten ausser acht gelassen werden[123]).

Bei allen diesen Erörterungen ist stillschweigend die untere Grenzfläche der zu berechnenden Erdrindenstücke in der mathematischen Erdoberfläche (Meeresfläche) oder in einer ihr parallelen Ebene liegend gedacht. Handelt es sich dagegen um Berechnung des kubischen Inhalts einer einzelnen Gebirgsmasse, deren Fuss ringsum nicht in gleicher Höhe liegt, so treten neue Schwierigkeiten ein. Doch gehen wir auf diese und andere orometrische Berechnungen, welche bestimmte Begriffe der Gebirgskonfiguration voraussetzen, erst ein, wenn diese letzteren erörtert sind. (Vergl. § 173: Orometrische Werte.)

---

[123]) Heiderich (Die mittl. Erhebungsverhältn. der Erdoberfläche, Pencks Geogr. Abh. V, 1, 1891) ersetzt die Isohypsenflächen durch Profilflächen längs der Breitenparallelen in 5° oder 555 km Abstand zur Volumberechnung. Das ist kaum angängig, der Abstand ist wesentlich zu gross. Vergl. H. Wagner in Gerlands Beiträgen zur Geophysik II, 1895, 737 ff.

Buch II.

Physikalische Geographie.

§ 116. Literarischer Wegweiser für die allgemeine Morphologie der Erd- und Landoberfläche. Die Geschichte der geographischen Morphologie skizziert in grossen Zügen A. Penck in seiner „Morphologie der Erdoberfläche" I, 1894 (s. u.), wie er auch die historische Entwickelung jeder Einzelfrage mit Sachkenntnis und zuverlässigem literarischen Quellennachweis übersichtlich darstellt.

Die Lehre von den Reliefformen der Erdoberfläche, zu denen von geographischer Seite nach langer Vernachlässigung Karl Ritter und Humboldt so manche neue Bausteine gelegt hatten, hat noch unbeeinflusst von den neuern Anschauungen, die unten geschildert sind (S. 269), C. v. Sonklars „Allgemeine Orographie" (Wien 1873) zusammengefasst. In dieser spielt noch die rein äussere Form ohne Rücksicht auf die stoffliche Zusammensetzung und den innern Bau der Oberflächenteile die Hauptrolle bei Einteilungen und Beschreibungen; sie gehört demnach einer hinter uns liegenden Periode an. In geographischen Kreisen haben Oskar Peschels „Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde" (Leipz. 1868, mehrfach neu aufgelegt) den Hauptanstoss gegeben, sich wieder mit morphologischen Fragen zu beschäftigen. Nicht nur die von ihm auf grund vergleichenden Kartenstudiums behandelten Aufgaben (Küstentypen, Inseln, Deltas, Talbildung, Seen, Wüsten), sondern zahlreiche ähnliche sind seitdem in gründlichen Untersuchungen erörtert. Als neuer, ungleich umfassenderer Versuch einer Morphologie der Landoberfläche muss F. v. Richthofens „Führer für Forschungsreisende" (Berlin 1886, unveränderter Neudruck 1901) bezeichnet werden. Dies überaus wichtige Werk erstreckt sich auf eine grosse Zahl von Klassifikationsvorschlägen, welche der typischen Bezeichnungsweise morphologischer Formen neue Wege eröffnet haben. Den gesamten Stoff der neuen Grenzwissenschaft zwischen Geographie und Geologie versuchte Albrecht Pencks oben genannte „Morphologie der Erdoberfläche", 2 Bde., Stuttgart 1894, zum ersten Male systematisch zu gestalten; ein höchst verdienstliches Werk, das neben einer Fülle neuer Ideen die meisten einschlägigen Fragen gründlich, wenn auch nicht selten zu abstrakt, in Erörterung zieht. Es überhebt uns vielfacher Hinweise auf Einzelarbeiten. A. Neubers „Wissenschaftl. Charakteristik und Terminologie der Bodengestaltung der Erdoberfläche" (Wien 1901) beschränkt sich trotz ihres grossen Umfanges fast ganz auf eine einschneidende, von rein topographischem Standpunkt ausgehende Kritik der von v. Richthofen und Penck aufgestellten Begriffe und vorgeschlagenen Bezeichnungen. In manchen Bemerkungen nicht ohne Wert, entbehrt das Werk wissenschaftlicher Durcharbeitung. Eine scharf durchgeführte Systematik

der Morphologie der Erdoberfläche hat zurzeit L. Passarge in seiner Schrift „Physiologische Morphologie“ (Hamburg 1912, 203 S.) aufgestellt. Wir kommen auf dieselbe mehrfach zurück.

Unter den früher (§. 21) genannten Lehrbüchern der allgemeinen Geographie muss von neuem hier auf Supans vortreffliche Grundzüge der phys. Erdkunde in den neuern Auflagen (5. Aufl. 1911) (Abschnitt IV, Dynamik des Landes, S. 365—611, u. Abschnitt V, Morphologie des Landes, S. 611—809), sowie auf E. de Martonnes Traité de géographie physique (Paris 1909, IV. partie: Le relief du sol, p. 369—710), hingewiesen werden. Hochstetters Abschnitt der Allg. Erdkunde ist von E. Brückner gänzlich umgestaltet u. d. T. „Die feste Erdrinde und ihre Formen“, Wien 1897. Der Schwerpunkt des Brücknerschen Werkes liegt in der Entwickelung der Vorgänge, die an der Ausgestaltung der Erdoberfläche arbeiten. Bei der sich rasch vollziehenden Umbildung der neuen Zweigwissenschaften lohnt es kaum, ältere, wenn auch an sich verdiente Werke zu nennen. Weitere Literatur über die Geländeformen s. in § 150a.

Einen Text zur geologischen Karte der Erde in grossartiger Zusammenfassung eines gewaltigen Materials hat Eduard Suess mit ungewöhnlich grossem geographischen Verständnis zu entwerfen unternommen: „Das Antlitz der Erde“ (I, Leipzig 1883; II, 1886—88; IIIa, 1901, IIIb, 1909; die französische Ausgabe von Bd. I—III, „La face de la Terre“ übersetzt von E. v. Margerie u. And., Paris 1897—1901, ist unentbehrlich wegen der literarischen Nachträge. Dieses fundamentale Werk von dauernd befruchtender Wirkung eignet sich jedoch nur für fortgeschrittene Geographen. A. de Lapparents „Leçons de géographie physique“ (Paris 1897, 3. erweiterte Aufl. 1907) versucht nach Skizzierung der Hauptvorgänge in der Umgestaltung der Erdoberfläche ein übersichtliches Bild aller Erdteile und Länder nach ihrer Entwickelungsgeschichte in leicht verständlicher Form zu geben.

Ueber die neuesten Fortschritte auf dem fraglichen Gebiet referierte Jahre hindurch E. Rudolph im Geographischen Jahrbuch, seit kurzem E. Tams und A. Rühl. Das Studium der im folgenden zu behandelnden Kapitel wird unterstützt durch Abteilung I. von H. Berghaus' Physikal. Atlas, 3. Aufl., Gotha 1892: Atlas der Geologie (15 Karten mit zahlr. Nebenkarten), dessen Einzelkarten freilich z. T. heute nicht mehr den neuesten Stand unserer Kenntnisse darstellen.

Geologie. Aus der grossen Zahl trefflicher Hand- und Lehrbücher der Geologie ist es schwer, eine Auswahl zu treffen. Für uns kommt nur die sog. allg. Geologie (im Gegensatz zur historischen, welche mit der gesamten Versteinerungskunde die Schichten der Erdrinde zu gliedern sucht) in Betracht. Zum Nachschlagen für alle Einzelheiten konnten früher besonders H. Credners Elemente der Geologie (Leipzig 1872, 9. Aufl. 1902, 10. unveränderte 1906) und A. de Lapparents „Traité de géologie“ (Paris 1883, 5. Aufl., 3 Bde., 1906) dienen, da sie in rascher Folge der Auflagen den neuen Errungenschaften folgten. Namentlich Lapparent behandelte viele geographische Fragen. Die letzte Auflage ist reich an paläogeographischen Uebersichtskarten der Erde, die versuchen, die Verteilung von Land und Wasser in den einzelnen Zeitaltern zu veranschaulichen. Unter neuern Lehrbüchern eignen sich G. v. Fritschs Allg. Geologie, Stuttgart 1888 (Bibliothek geogr. Handbücher), und Em. Kaysers Lehrbuch der Geologie I, Allgem. Geologie, (Stuttgart 1893, 4. Aufl. 1912), sowie E. Haug, Traité de géologie, I. Les phénomènes géologiques (Paris 1907), durch ihre klare Sprache und objektive Besprechung streitiger Fragen gut zur Einführung. Noch kürzer orientiert Fr. Toulas reich mit Abbildungen ausgestattetes Lehrbuch der Geologie (Wien 2. Aufl. 1906). F. Löwls Geologie, Leipzig u. Wien 1906, als Teil des Klarschen Sammelwerkes „Die Erdkunde“ erschienen, berücksichtigt besonders die Interessen der Geographen. Ed. Reyers Theoretische Geologie, Stuttgart 1888, setzt bei der historisch-kritischen Behandlung und eigenartigen Anordnung des Stoffes bereits grössere Bekanntschaft mit den fraglichen Lehren voraus; übrigens

werden gerade die für den Geographen wichtigen Kapitel der Gebirgsbildung im weitesten Sinn in den Vordergrund gestellt. In gemeinfasslicher Darstellung und getragen von den neuern Anschauungen führt Melchior Neumayr (Erdgeschichte I. Allg. Geologie, (Leipz. 1886, 2. stark umgearbeitete Aufl. von Uhlig 1895) die Hauptlehren vor; das Werk ist mit trefflichen Abbildungen versehen. Das letztere gilt auch von dem klar den Anfänger einführenden Lehrbuch der Geologie und Mineralogie für höhere Schulen von Paul Wagner (Leipzig 1910).

Zur Einführung in die dem Geographen unentbehrlichen Kenntnisse der Gesteine, welche die Erdrinde zusammensetzen, eignet sich für die Leser dieses Lehrbuchs, soweit sie in ihren Studien nicht von den beschreibenden Naturwissenschaften ausgegangen sind, gut Ferd. Löwls Schrift „Die gebirgsbildenden Felsarten; eine Gesteinskunde für Geographen" (Stuttgart 1893), die „als Legende zu einer Sammlung von Handstücken gedacht ist". Auf neuerm Standpunkt stehen E. Weinschenks Grundzüge der Gesteinskunde, I. Allgemeine, II. Spezielle Gesteinskunde, 2. Aufl. 1906 u. 1907 und F. Rinnes Praktische Gesteinskunde, 3. Aufl. 1908. Zahlreich sind auch die Schriften, welche die Geographen neuerdings zu geologischen Beobachtungen anzuleiten suchen und daher auf Wanderungen und Reisen ihre steten Begleiter sein sollten. Dahin gehört u. a. Joh. Walthers Vorschule der Geologie, eine Anleitung z. Beobacht. in der Heimat, Jena, 3. Aufl. 1908. C. W. v. Gümbels kurze Anleitung zu geolog. Beobachtungen in den Alpen, 1878 herausg. vom D. u. Oest. Alpenverein; F. v. Richthofens Anteil an Neumayers Anleit. zu wiss. Beobachtungen auf Reisen (Bd. I, 3. Aufl. 1905: Geologie S. 203 — 373), sowie sein Führer für Forschungsreisende (s. o.); K. Keilhacks Lehrbuch der praktischen Geologie (Stuttgart 1896) ist für den Geographen von besonderem Wert in betreff des „Arbeitens im Felde". In gewissem Sinne gehört auch Joh. Walthers Lithogenesis der Gegenwart (Beobacht. über die Bildung der Gesteine an der heutigen Erdoberfläche, III. Teil einer „Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft", Jena 1894) hierher, obwohl es auch bereits die Beobachtungen zu trefflichen Gesamtbildern der Bodenbedeckung der Erde zusammenfasst.

Kapitel I. Die Erdoberfläche.

§ 117. Die empirische Erdoberfläche. Hätten sich die Stoffe, aus denen unser Erdball zusammengesetzt ist, seit seiner allmählichen Abkühlung und Verdichtung dauernd nach ihrem spezifischen Gewicht geordnet, so würde eine einförmige Wasserhohlkugel auch die feste Erdrinde umgeben, wie das Luftmeer beide gemeinsam umhüllt. Allein sei es, dass Kräfte im Innern der Erde gegen die noch schwächere Erstarrungskruste hebend wirkten oder feuerflüssiges Magma sie völlig durchbrechend sich rings um die Ausbruchsstellen auflagerte, sei es, dass infolge der Zusammenschrumpfung der sich abkühlenden Erde die Rinde in Schollen zerbarst, die sich nunmehr verschoben, — wir werden annehmen müssen, dass sich die festen Rindenteile sehr frühzeitig in verschiedenem Niveau, d. h. in verschiedenem Abstand vom Erdmittelpunkt, befanden. Infolge davon haben sich die Gewässer, den Gesetzen der Schwere nachgebend, in den Hohlformen der festen Unterlage gesammelt, und andere Teile der letztern sind schliesslich vom Wasser entblösst worden. Es bildete sich ein Gegensatz von Wasser und Land, die Erdoberfläche empfing ein Antlitz.

Viele Zeitalter sind über dieses Antlitz bereits hinweggegangen. Nach unsern jetzigen Kenntnissen spiegelt es in seinen verwitterten Zügen heute nicht einfach das einstige Aussehen bei der ersten Rindenbildung wieder. Man darf vielmehr nur für die jüngern Perioden der Erdgeschichte einige Aehnlichkeit in der Anordnung von Festlandmassen und Ozeanen, wie wir sie heute sehen, voraussetzen. Denn zu den umgestaltenden Kräften, welche von innen wirkten, traten von dem Augenblick an, in dem ein Teil der Erdoberfläche aus dem Weltmeer auftauchte, solche von aussen zerstörend und umlagernd an diese heran. Die Brandung des Meeres benagte die Ufer, der Wind und das fliessende Wasser begannen ihre Arbeit, alle lockern Materialien, die in ihren Bereich kamen, vom Lande herab und schliesslich dem Meere zuzuführen. So begleiteten Aufbau und Zerstörung der Einzelformen alle Zeiten der Erdgeschichte, bis die Züge der Gegenwart ausgeprägt waren.

Diese Züge des heutigen Erdantlitzes festzulegen, ist nun das Bemühen der messenden und zeichnenden Geographen seit Jahrtausenden; sie in ihren Einzelformen nach Gestalt, Grösse, Lage und Anordnung zu beschreiben, ist die Aufgabe der darstellenden Geographen aller Zeiten gewesen, die damit Schritt zu halten suchten mit der allmählich fortschreitenden Entschleierung des Antlitzes. Die Geschichte der „Entdeckungen" ward zum Hauptinhalt der Geschichte der Erdkunde.

Freilich spielte bis zum Ende des 18. Jahrhunderts dabei fast nur die räumliche Erweiterung unserer Kenntnisse im horizontalen Sinn eine Rolle. Ja, wenn von einem „Weltbild" die Rede ist, das dieses oder jenes Zeitalter beherrscht habe, so versteht noch heute ein jeder darunter nur den Verlauf der Küstenumrisse von Kontinenten und Inseln oder der Hauptniveaulinie der Erdoberfläche (S. 245).

Und in der Tat, der einfache Gegensatz von Wasser und Land oder die Flächenverteilung des flüssigen und trockenen Elements am Boden des Luftmeeres ist, selbst abgesehen von allen Erhebungsformen des Landes, von grundlegendster Bedeutung für alle tellurischen Verhältnisse, die sich an der Erdoberfläche abspielen. Mit dieser Verteilung hängen vor allem die klimatischen Erscheinungen nebst allen ihren Folgen eng zusammen, weil Wasser und festes Erdreich sich gegenüber der Aufnahme und Abgabe von Sonnenwärme so verschieden verhalten. — So haben Seereisen und Weltumsegelungen eines der wichtigsten Probleme der physikalischen Geographie lösen helfen, und die Geschichte der Erschliessung der groben Züge des Erdantlitzes mag eine passende Einführung in jene Fragen bieten (§ 118). Bereits kennen wir von der Erdoberfläche $^{19}/_{20}$ der Hauptsache nach, wenn auch keineswegs noch in allen einzelnen Verhältnissen.

Die dritte Dimension der durch Erfahrung erschlossenen Erdoberfläche, den Gegensatz von Hoch und Tief, sehen wir erst durch Humboldt und Ritter in den Vordergrund geographischer Betrachtung gestellt (S. 23). Freilich konnten es für weite Gebiete der Erde nur tastende Versuche sein, denn noch war das letzte Zeitalter der Entdeckungen, das wir erleben durften, nicht angebrochen. In diesem tritt die Erschliessung Afrikas und Mittelasiens, sowie das Vordringen in höhere polare Regionen für die Fortschritte der Erdphysik an Bedeutung wesentlich zurück gegenüber dem Eindringen in die Tiefen der Ozeane. Nun erst vermögen wir uns ein annäherndes Bild des Gesamtreliefs der festen Erdrinde zu machen. Aber weit über den Kreis rein die Gestaltung betreffender Fragen hinaus ist die Erschliessung der Tiefseeregionen mit ihrer ungeahnten Fülle von Lebewesen und den eigenartigen Ablagerungen am Grunde des Meeres für das Verständnis der Gesamtentwickelung unserer Erde von Bedeutung. Es lassen sich jetzt dem Studium der Umbildungen der Oberflächenschicht auf Festland und seichtem Meeresboden die wichtigen Beobachtungen der Tiefseebildungen anreihen.

Erst in jüngster Zeit beginnen die Versuche, auch die Natur der höhern Luftschichten zu ergründen, Ergebnisse zu zeitigen. Die Vorstösse, welche man mittelst des Luftschiffs in die Atmosphäre hinein gemacht, haben uns bereits tausende Meter weiter vom Erdmittelpunkt fortgeführt, als wir auf den höchsten Gipfeln der Erde von diesem entfernt sein würden. Doch kennen wir in Wahrheit nur die untern Luftschichten etwas genauer.

Immerhin erstrecken sich unsere unmittelbaren, an Instrumenten abgelesenen Beobachtungen über die Erdoberfläche bereits auf eine

Schicht von etwa 30 — 35 Kilometer Dicke. Innerhalb einer etwas engern bewegt sich die wechselvolle Oberfläche der festen Erdrinde, nämlich nach unsern heutigen Kenntnissen zwischen rund je 9 bis 10 Kil. ober- und unterhalb der mathematischen Erdoberfläche, von der wir bisher ausgingen, und welche wir für die folgenden Betrachtungen mit dem Meeresspiegel zusammenfallend denken können. Die physikalische Geographie hat es wesentlich mit dieser durch Erfahrung erschlossenen Schicht, der empirischen Erdoberfläche, zu tun (S. 31).

Neben der räumlichen Erweiterung der Erforschungen hat der Umschwung in der gesamten Naturanschauung, wie er durch Geologen und Biologen seit zwei Menschenaltern angebahnt ist, auch auf die physikalische Geographie immer mächtigeren Einfluss ausgeübt. Merkwürdig spät hat sich in ihr der längst in Tier- und Pflanzenkunde durchgeführte methodische Grundsatz Bahn gebrochen, dass ohne Einblick in den innern Bau die äussern Erscheinungsformen in ihrem Zusammenhang nicht verstanden werden können; dass also die so lange rein nach äusserer Gestalt, Grösse, Lage beschriebenen und ausgemessenen geographischen Gebilde, wie Festland und Inseln, Rumpf und Glieder der Landmassen, Strand und Küste, Flachland und Gebirge, nicht wahrhaft in ihren Eigenarten erkannt werden können ohne Berücksichtigung ihrer stofflichen Zusammensetzung und des innern Baues der Oberflächenformen. Wir dürfen also auch in den Uebersichten über die Gesamtoberfläche der Erde nicht mehr ausschliesslich bei Mass und Zahl stehen bleiben.

Durch diesen Umschwung ist zweifellos die Geologie zu einer der wichtigsten Hülfswissenschaften der Geographie geworden, mit deren Grundlehren, soweit sie sich auf Gesteinsbildung und den Aufbau der Erdrinde (die Geotektonik) beziehen, sich jeder Jünger der Erdkunde vertraut machen sollte. Dies ist weniger als bei andern Naturwissenschaften auf dem Wege des Bücherstudiums möglich. Doch gibt es zweckmässige Anleitungen zu Beobachtungen (§ 116). Unter den heutigen Verhältnissen scheint es noch erforderlich, einige Hauptpunkte über geologische Vorgänge und Erdgeschichte diesem Werke einzuverleiben, um zu erläutern, in welchem Sinne gewisse Begriffe und Kunstausdrücke, die sich in der geographischen Literatur einzubürgern beginnen, von uns verstanden werden. (§ 128 — 142.)

§ 118. Terra cognita und Weltbild[1]. Die geographische Karte besticht uns mit täuschender Sicherheit, als sei ein jeder Linienverlauf des Lagenplans oder des Geländes das Ergebnis vermessender Aufnahmen. Und doch beruht auch heute noch ein ausserordentlich grosser Teil des geographischen Inhalts der Karten rein auf den ergänzenden Vermutungen ihrer Urheber. Sei es, dass es sich um eine sog. Originalkarte eines kleinen Erdstücks handelt, sei es, dass man es mit der kartographischen Verarbeitung eines grossen Materials, wie die Jahrhunderte es aufspeichern, zu tun hat.

[1]) Manche hier kurz berührte Gedanken finden sich ausgeführt in F. Ratzels trefflichem einleitenden Abschnitt zur Anthropogeographie II, 1891, unveränd. Abdruck 1912: Die Umrisse des geographischen Bildes der Menschheit.

Als Typen solcher Karten, die sich der Hauptsache nach auf Wiedergabe des wirklich Beobachteten oder Vermessenen beschränken, kann man die (allerdings selten veröffentlichten) Routen- oder Itinerarienkarten einzelner Reisender, ferner Fluss- und Küstenaufnahmen betrachten. Aehnlich legten von jeher und legen noch heute die Seekarten wesentlich nur die Uferlinien des Meeres und der Flussmündungen nieder. Seit den Blütezeiten der nautischen Kartographie der Italiener im 13.—16. Jahrh. zeichnet uns die Seekarte die schmalen Säume längs des Ufers, landeinwärts soweit das Auge des Schiffers reicht, seewärts soweit das tastende Senkblei die Untiefen fühlt.

Von jeher hat man jedoch den Begriff der Terra cognita weiter gefasst als das wirklich durchforschte Gebiet und darunter die Länder- und Wasserflächen verstanden, über welche mehr oder weniger sichere Kunde in den Mittelpunkten geographischer Wissenschaft einlief. Die Geschichte der Entdeckungen ist eine Geschichte der räumlichen Erweiterung der Terra cognita. Jedoch nicht nur an ihren äussern Grenzen, deren Inbegriff man wohl als den geographischen Horizont eines Zeitalters bezeichnet, sondern auch rücksichtlich ihrer bessern Durchforschung. Innerhalb ihrer jeweiligen Grenzen durchlief und durchläuft noch heute die sog. Terra cognita fast alle Stadien des Erkennens, vom fest Vermessenen durch Gut-, Halb- und Fastbekanntes bis zu Gebieten, von denen nur dunkle Kunde zu uns gelangt. Die letztern liegen keineswegs nur an den vom Mittelpunkt der Terra cognita entferntesten Grenzen, sondern oft inmitten eines rings durchforschten Gebietes. Das sind die weissen Flecken unserer Karten, welche freilich nur dann vom Kartographen ohne Namen und Zeichen gelassen werden, wenn er zur Ausfüllung der Lücken unserer Erkenntnis anreizen will.

Man hat versucht, für die Gegenwart Karten der Erdoberfläche nach dem Grade des Bekanntseins durch Flächentöne zu gliedern[2]); ein fast unmögliches Beginnen, da sich festere Grenzen zwischen dem Halb- und Fastbekannten u. s. f. nicht ziehen lassen. Noch schwieriger ist es, ähnliche Darstellungen für frühere Zeitalter zu entwerfen. Man sieht sich immer wieder genötigt, in Ermangelung eines Bessern auf die äussere und innere horizontale Begrenzung der Terra cognita das Augenmerk zu richten und an dieser einzelne Punkte oder Linien festzulegen.

§ 119. Die Entwickelung des Weltbildes vom Standpunkt europäischer Kultur[3]). Es hat im Altertum nicht an Stimmen gefehlt, welche die Geographie

[2]) S. z. B. V. A. Malte-Bruns Planisphère indiquant l'état des connaiss. géogr. en 1875, Bull. Soc. Géogr., Paris 1875, Massst. im Aeq. 1 : 83 000 000; A. Oppel, Die Entwickelung der Erkenntnis vom Mittelalter bis zur Gegenwart in Stufen von Jahrhunderten, Wandkarte M. im Aeq. 1 : 20 000 000, Winterthur 1891. Etwas anderes ist die Uebersicht, welche den kartographischen Standpunkt der einzelnen Länder der Erde vergegenwärtigt, aber im grossen ganzen stimmen beide Darstellungen überein; J. G. Bartholomews Sketch-map to show the geogr. value of the best maps of all countries of the world at 1890. Scott. Geogr. Mag. 1890, Massst. i. Aeq. ca. 1 : 100 000 000; ferner F. Schrader, État des connaissances topograph. à la fin de 1892, 3 Taf. 1 : 40 000 000 in l'Année Cartogr. IIIème Suppl., Paris 1903. L. Carrière, Karte der Grenzen und Genauigkeit unserer heutigen Kenntnis vom Relief der Erdoberfläche, 1 : 93 000 000. Pet. Mitteil. 1911, II, Taf. 46 mit Text S. 347 ff. — [3]) Neben den Werken über

auf die Beschreibung des „bekannten Erdkreises“ beschränken wollten. Indessen sehen wir zu allen Zeiten die Geographen darüber hinausschweifen und sich in Vermutungen über die Erstreckung der Land- und Wasserflächen jenseits der Terra cognita ergehen. Dies Verfahren gipfelt im Entwurf eines Weltbildes, einer Zeichnung des Erdantlitzes in seinen grossen Zügen nach Festlandsmassen und Weltmeeren.

1. Im östlichen Becken des Mittelmeeres stand die Wiege der griechischen Geographie. Rhodos (36° N.) kann als der Mittelpunkt des geographischen Horizonts bis über die Zeiten des Herodot angesehen werden. Schon im homerischen Weltbild, das man sich als kreisförmige Scheibe, rings vom Okeanos umflossen, denken muss, hat aber die Terra cognita eine grössere Erstreckung von West nach Ost — etwa 40 Längengrade — als von Nord nach Süd — etwa 20 Breitengrade. Die phönizische Schiffahrt und die Ausbreitung griechischer Kolonien erweitert die Terra cognita für die Geographen der Ionischen Schule über das gesamte Becken des Mittelmeeres mit Einschluss des Schwarzen; die Perserkriege lenken die Blicke ostwärts bis zum Indus. Die Linie längs des 36. Breitengrades von den Säulen des Herkules bis zum Himálaja (Taurus Indicus) wird für zwei Jahrtausende die orientierende Hauptachse der bekannten Welt. Um diese gruppiert sich in mehr oder weniger elliptischer Gestalt die Oekumene, d. h. die bewohnte Weltinsel; am breitesten noch immer so ziemlich im Meridian von Rhodos gedacht, auf dem im N die Mündung des Borysthenes (Dnjepr), im S der Nil bis über Meroë (17° N) bekannt war. Das äussere Weltmeer fängt an, sich in den Vorstellungen zu einzelnen Becken zu gliedern: Atlantischer Ozean jenseits der Pforten des Herkules, das Erythräische Meer im Süden Indiens.

Das dritte Stadium wird durch die Fahrten des Pytheas (um 325 v. Chr.), der den Nordwesten Europas mit Thule als Grenzpunkt in den Gesichtskreis der Griechen zieht, eingeleitet, andererseits durch die Züge Alexanders des Grossen (334—323 v. Chr.), welche die dauernde Verbindung östlicher Gebiete bis zum Ganges[4]) mit dem Hellenentum zur Folge haben. Die Lehre von der Kugelgestalt der Erde ist mittlerweile Gemeingut der Wissenschaft geworden (§ 53). Man setzt die Ausdehnung der Weltinsel in Beziehung zur Erdgrösse. Indem Eratosthenes (um 200 v. Chr.; § 54) und Strabo († 24 n. Chr.) die westöstliche Längsachse zu rund 70 000 Stadien annehmen, legte sich dieselbe um den halben Umfang des geschichtlichen Aequators (36° N. Br.), wogegen die nordsüdliche Erstreckung wenig mehr als ein Sechsteil des Meridiankreises (63°) umfasste. In Wahrheit erstreckte sich ihr geographischer Horizont jedoch über kaum 40 Millionen qkm oder die vierfache Fläche Europas, nur $^1/_{13}$ der Erdoberfläche. Das Mittelmeer wird nun völlig zum Mare internum, dem innern Meer.

Damit schliesst das griechische Altertum nicht ab. Die Fahrten der Karthager längs der Westküste Afrikas, die nähere Kunde vom Fluss Nigris in Westafrika (Niger), die Versuche, die Quellen des Nil zu erreichen, die Seefahrten vom Roten Meere an Afrikas Ostküste entlang und über die indischen Golfe bis nach Chinas Küsten, vor allem die Anknüpfung von Handelsbeziehungen der Sinae mit den Völkern Baktriens, sind massgebend für die weitere Ausdehnung der

---

Geschichte der Geographie oder der Entdeckungen (s. § 1) sei hingewiesen auf K. Kretschmers einleitende Kapitel: Das Weltbild der Alten und des Mittelalters etc. in dem S. 3 zitierten Werk, vergl. Taf. 1—3 seines Atlas; ferner Vivien de St. Martin, Hist. de la géogr. 1873, Atlas. Speziellere Ausführungen der hier gegebenen Uebersicht s. in der Entdeckungsgeschichte der einzelnen Erdteile (Bd. II u. III dieses Lehrbuchs). — [4]) Der Mittelpunkt der Weltinsel rückt in den Meridian des Kaspischen Meeres. Asien wird damit der grösste Kontinent; ebenbürtig liegen sich Europa und Afrika im westlichen Dritteil der Oekumene zu beiden Seiten des Mittelmeers gegenüber.

Terra cognita nach Süden und Osten. Ptolemaeus (um 150 n. Chr.) fasst das Gesamtwissen in seiner Weltkarte zusammen, die aber, wohl bemerkt, von allen Spekulationen jenseits der Terra cognita absieht, und also kein „Weltbild" im Sinne der frühern darstellt. Seine Karte[5]) der „bekannten Erde" dehnt sich annähernd über einen vollen Quadranten der Erdoberfläche aus; aber indem sie die orientierende Mittelachse vom Mittelmeer (36° Br.) in die Breite des Wendekreises ($23^1/_2{}^0$ Br.) rückt, nimmt sie fast den dritten Teil der Ptolemaeischen Gesamt-Erdoberfläche ein. Führen wir sie auf die wahren Dimensionen zurück, so erstreckt sich die Terra cognita des Ptolemaeus dennoch auch schon über mehr als $^1/_5$ der Erdoberfläche (100 Mill. qkm). Neben dem Mittelmeer schliesst die Ptolemaeische Karte den Indischen Ozean als ein zweites internes Meer in diese Landmassen ein.

2. Die schematischen Weltbilder des frühern Mittelalters übergehen wir; die Errungenschaften der griechischen Geographie gingen für dasselbe grossenteils gänzlich verloren. Die orientierende Hauptachse des Weltbildes rückt wieder in die Breite des Mittelmeers. Jerusalem wird für Jahrhunderte der Mittelpunkt der kreisförmigen Weltscheibe. — Erst nach den Kreuzzügen beginnt neues Leben. Norditalien wird Zentrum aller Bestrebungen zur Erweiterung des geographischen Horizonts. Die Ansicht von der Umschiffbarkeit Afrikas zeigt sich schon in den ersten Zeiten eines Vordringens der italienischen Schiffahrt an die atlantischen Küsten Europas im 13. Jahrh., gleichzeitig beginnt erneute Berührung mit Inner- und Ostasien infolge des Hervorbrechens der Mongolenhorden (13. Jahrh.). Die Reisen des Venetianers Marco Polo[6]) (1272—95) sind dadurch von welthistorischer Bedeutung geworden. Der Seeweg, den er und Spätere zwischen China und Indien einschlugen, zerstörte das Trugbild eines indischen Binnenmeeres und liess es auch im 15. Jahrh., als des Ptolemaeus Geographie im Abendland wieder bekannt ward, nicht mehr aufkommen. Was aber die Grösse betrifft, welche die Kosmographen des 15. Jahrh. ihrem Weltbilde gaben, so reichten die Grenzen desselben über die halbe Erdkugel hin, die sie sich freilich meist zu klein dachten. In Wahrheit erstreckte sich die Terra cognita am Ausgang des Mittelalters kaum über ein Kugeltrapez von mehr als 160 Längen- und 60 Breitengraden nördlich des Aequators, oder $^1/_5$ der Erdoberfläche, wie bei Ptolemaeus. Nur lag jetzt die Mittellinie desselben nördlicher und senkte sich daneben ostwärts dem Aequator zu, von Gibraltar über Alexandrien etwa zur Mündung des Ganges verlaufend. Die übrigen Teile der Erdoberfläche dachte man sich keineswegs ausschliesslich vom Wasser bedeckt. Die Annahme einer jenseitigen Weltinsel, eines Antipodenlandes, das meist auf der südlichen Halbkugel als Terra australis gesucht ward, beschäftigt die Kosmographie des Altertums wie des Mittelalters lebhaft, meist in enger Verbindung mit der Frage, ob es bewohnt sei oder nicht. Doch gehen wir über diese vagen Vermutungen hinweg.

3. Eine wahrhaft neue Gestalt hat das Weltbild erst im Zeitalter der Entdeckungen (1450—1550) erhalten[7]). Die unzweifelhafte Tatsache, dass Normannische Seefahrer über Island und Grönland das Festland Amerikas ums Jahr 1000 erreicht haben, ist für die wissenschaftliche Geographie des spätern Mittelalters ohne Bedeutung geblieben. Nachdem Italiener bereits im 14. Jahrh. die atlantischen Inselgruppen der Kanarien nebst Madeira und Azoren entdeckt hatten, begannen im 15. Jahrh. die Portugiesen sich zu regen. Es bedarf einer Zeit von 80 Jahren, bis sie die Südspitze Afrikas (1486) erreichen. Rasch folgt dann die Eröffnung des Seewegs nach Ostindien durch Vasco da Gama (1498)

[5]) Dieselbe findet sich in fast allen Atlanten der alten Welt in der gleichen Weise aus dem Text wiederhergestellt. — [6]) Vergl. Entdeckungsgeschichte Asiens in Bd. III. — [7]) Vergl. Nordenskiölds Facsimile-Atlas 1889, Tafeln.

und die Erreichung der asiatischen Inselwelt, selbst Chinas (1517). Mittlerweile hatte der Italiener Christoph Kolumbus in spanischen Diensten 1492 das Wagnis vollführt, den westlichen Ozean quer zu durchkreuzen, und auf halbem Wege nach dem erstrebten Ostrand Asiens Inselgruppen und bald auch festländische Küsten entdeckt. In zwei Jahrzehnten wird die langgestreckte Uferlinie des Atlantischen Ozeans von Labadror bis zum La Plata aufgerollt und damit werden diesem Meere die Umrisslinien eines gewaltigen Flusstales gegeben, wie es uns die Karten noch heute zeigen. Südamerika erkennt man alsbald als einen Mundus novus an. Die spätern Entdeckungen haben die schon frühzeitig vermutete Dreiecksgestalt dieses Kontinentes bestätigt. Viel langsamer klären sich die Anschauungen über Nordamerika. Fast bedeutender noch als die Fahrten des Kolumbus ist für die Hydrographie der Erde die erste Weltumsegelung (1519—22) geworden, auf welcher der Portugiese Magalhães in spanischen Diensten durch die nach ihm benannte Strasse schlüpfend das mächtigste Meerbecken der Erde, den Grossen oder Stillen Ozean, nicht nur entdeckte, sondern auch quer bis zu den Philippinen befuhr. Nach Norden wuchs der letztere erst allmählich in der Erkenntnis über den Wendekreis hinaus. Das 16. Jahrh. vergeht, ohne Klarheit über einen etwaigen Zusammenhang Nordostasiens mit der Masse Nordamerikas zu bringen, wiewohl auch zahlreiche Karten schon eine Meeresgasse zwischen beiden Landmassen vermutungsweise einzeichnen.

So ist das Weltbild gegenüber Altertum und Mittelalter rasch ein völlig anderes geworden. Und wenn es dennoch unserm heutigen noch nicht gleicht, so rührt dies hauptsächlich von einem Phantasiegebilde spekulierender Kartographie her, welche bald nach der Fahrt des Mangelhães begann, die Nordküsten des Feuerlandes mit denen im Süden der asiatischen Inselwelt (Australien) zu einer mächtigen Landmasse zu verbinden: der Terra australis nondum cognita. Kein Wunder, dass man während des 17. und 18. Jahrh. meist der Ansicht war, dass Wasser und Festland sich gleichmässig in die Erdoberfläche teilen. Nur in Holland bewirkt die Fahrt Abel Tasmans (1642), welcher von Batavia aus in weitem Umkreis das heutige Australien umfuhr und damit einen sehr beträchtlichen Teil von der Terra australis lostrennte, dass man bereits im 17. Jahrh. ein Ueberwiegen der Wasserfläche annahm.

4. Endgültig ist die irrige Annahme eines so mächtigen Südpolarlandes erst durch die Weltreisen Cooks (1768—80) beseitigt. Durch seine Fahrten hat das Weltbild zwischen den Polarkreisen in der Hauptsache diejenige Gestalt angenommen, wie wir es heute auf unsern Karten finden. Nachdem er auf der ersten Reise die Grenzen Neuhollands und die Inselschwärme Polynesiens festgelegt (1768—70), trieb er auf der zweiten den vermeintlichen australischen Kontinent bis hinter den Polarkreis zurück. Die dritte Reise galt dann der Entschleierung der Nordwestküste Amerikas, durch welche die Entdeckungen Berings und der Russen (1727—42) zu allgemeiner Anerkennung gelangten. Das Ueberwiegen der Meeresfläche um mehr als das Doppelte ward nun nicht mehr bezweifelt. Man kannte nunmehr bereits gegen 93% der Erdoberfläche in den rohen Landumrissen.

§ 120. Die heutigen Grenzen der Terra cognita. Im 19. Jahrhundert sind die polaren Grenzen derselben trotz aller Anstrengungen nur unbedeutend hinausgeschoben.

Am meisten geschah dies im Norden Amerikas (Atlas, Nr. 33, mit Markierung der äussersten Vorstösse gegen den Pol), seitdem die Engländer 1818 das seit zwei Jahrhunderten verlassene Problem einer nordwestlich (von Europaaus) um Amerika herumführenden Durchfahrt mit Eifer aufgenommen und in dem Jahre 1853 zum Abschluss gebracht haben. Der von den Engländern damals

entdeckte ausgedehnte Archipel ist 1900/02 von dem Norweger Sverdrup bis zu $81^1/_2{}^0$ entschleiert. Daran schliessen sich die Versuche, im engen Hals des Smith-Sundes, am Nordende der Baffins-Bai, vorzudringen, bis man jenseits des 82.° die Küsten zurückfliehend fand, und der Amerikaner Peary (1909) nördlich von Grönland, wie es scheint, sich dem Pol bis auf wenige Kilometer näherte. Seit desselben Peary kühner Querreise von der Baffins-Bai aus über die Eismassen Grönlands in nordöstlicher Richtung (1891) ist dessen Ausdehnung nach NO so ziemlich festgestellt. — Im N Spitzbergens gelangte der Brite Parry schon 1827 auf Schlittenreisen bis zu 83°. Die österreichische Polarexpedition 1872—74 hat uns mit dem Archipel des Franz-Joseph-Landes nördlich des 82° bekannt gemacht. Im Osten desselben ist kein Land bekannt, das nördlicher als 78° läge. Insbesondere hat Nordenskiölds kühne Umfahrung Asiens 1879—80 nur bekannte Küsten berichtigt. Im Norden der 1820—23 entdeckten Neusibirischen Inseln erreichte man 1881 fast 78°. Das Unternehmen des Norwegers Fridtjof Nansen, sich durch eine Eisdrift von den Neusibirischen Inseln westwärts treiben zu lassen, gelang. Er selbst kam (1895) bis 86° 14′, der Italiener Cagni nördlich von Franz-Joseph-Land (1900) bis 86° 33′.

Am Südpol hat man lange Zeit den 70.° nur an wenigen Stellen überschritten. Dies geschah zuerst fast allein in der grossen Periode antarktischer Forschung von 1820—42, wo u. a. Bellingshausen die polare Kappe rings umfuhr, Wilkes 1840 die nach ihm benannten Küsten (Polarkreis) südlich von Australien festlegte, und James Ross 1842 den grossen Vorstoss in den Golf des Victorialandes, an dessen Küsten sich mächtige Vulkane erheben, machte; er erreichte die Breite von 78° 10′ S. Eine neue Periode der Südpolarforschung hat erst in jüngster Zeit begonnen. In dieser haben Belgier, Schweden, Schotten, Deutsche, Engländer und Norweger gewetteifert und durch ihre in verschiedenen Quadranten gemachten Vorstösse die Existenz eines mächtigen antarktischen Festlandes unzweifelhaft nachgewiesen. Im S von Afrika reicht dieses bis zum Polarkreis: Kaiser Wilhelm II. Land mit dem Gaussberg, von v. Drygalski 1902 entdeckt; die Briten haben auf Schlittenreisen im S des Victorialandes unter Shakleton die Breite von 88° 25′ erreicht, und im Dezember 1911 gelangte der Norweger Amundsen bis zum Südpol; die Schotten haben unter Bruce im tiefen Weddell-Meer ssö. von Südamerika das Coats-Land ($72^1/_2{}^0$) gesichtet.

Schätzungsweise kann man hiernach zurzeit den Raum der unerforschten Gebiete im Norden zu 3 bis 4, im Süden zu 14 Mill. qkm berechnen, daher man die Oberfläche der mehr oder weniger bekannten Erde zu rund 493 Mill. qkm oder fast 97% der Gesamtoberfläche annehmen kann. Es gilt also noch etwa 17—18 Mill. qkm oder weniger als die doppelte Fläche Europas (10 Mill.) zu erschliessen.

§ 121. Flächenverteilung von Land und Wasser[8]). Wenn ein starkes Ueberwiegen der Meeresflächen gegenüber dem des trocknen Landes schon seit Cooks Zeiten von den Karten der Gesamterde abgelesen werden musste, so ist es doch erst in neuerer Zeit gelungen, das Verhältnis beider zwischen die engern Grenzen von 1 : 3 und $1 : 2^1/_3$ einzuschliessen. Neben der einfachen Erschliessung noch un-

[8]) Für die §§ 121—132 vergl. besonders Penck, Morphologie der Erdoberfläche I, 1894, S. 95—184, sowie für die numerischen Angaben H. Wagner, Das Areal der Landflächen und die mittlere Erhebung der Erdkruste; Kritische Studie, in Gerlands Beiträgen zur Geophysik II, 1895, S. 667—772 und O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie I, 1907.

bekannter Gebiete ist die notwendige Voraussetzung die genauere Festlegung aller Küstenlinien der Erde auf Karten und sodann die Ausnutzung dieses kartographischen Materials durch möglichst gute, praktisch verwertbare Ausmessungsmethoden.

Was den ersten Punkt betrifft, so kann man entweder die unerforschten Gebiete ganz von der Betrachtung ausschliessen, oder, wie dies in zahllosen andern Fällen geschieht, die Lücken der Kenntnisse durch gewisse Vermutungen ergänzen. Von diesem Standpunkt darf man aus den tatsächlich durch Nansen nachgewiesenen Eisdriften der polaren Gebiete zwischen Nordasien und Grönland schliessen, dass dort grössere Landmassen nicht vorhanden sind. Zur Zeit kennt man ca. 350 000 qkm Landfläche nördlich des 80°; wir nehmen statt dessen rund 400 000 qkm an[9]). Rücksichtlich der südpolaren Regionen haben, wie angedeutet, die neuesten Expeditionen die Existenz eines antarktischen Kontinentes mit Sicherheit festgestellt; seine äusseren Umrisse kann man heute wenigstens annähernd bestimmen. Danach lässt sich für denselben eine Fläche von rund 14 Mill. qkm annehmen, sodass man der Landfläche der Erde 5 Mill. qkm mehr zuweisen muss als vor einigen Jahren, wo wir rein vermutungsweise die uns noch unbekannten Gebiete rings um den Südpol (18 Mill. qkm) einfach zwischen Land und Wasser verteilten.

Von den Küstenlinien der Erde, die im Rohen (ohne die Antarktis) etwa 260 000 km betragen[10]), muss reichlich der vierte Teil noch als ganz flüchtig vermessen betrachtet werden. Ihre Festlegung kann leicht die Resultate der Kartenausmessung noch um einige hunderttausend Q.-Kilometer verschieben. Viel schwerer fällt aber der Genauigkeitsgrad ins Gewicht, welcher bei Ausmessung der Karten erreicht wird. Die sorgfältige planimetrische Auswertung von Küstenkarten grossen Massstabes in Verbindung mit häufigen Kontrollrechnungen verdient hierbei den Vorzug vor andern Näherungsverfahren[11]).

Nach unsern heutigen Kenntnissen darf man die Ausdehnung aller Landflächen zu rund 149 Mill., des Wassers zu 361 Mill. qkm annehmen. Es stellt sich also das Verhältnis des vom Land bedeckten Teils der Erdoberfläche zur Meeresfläche etwa wie 5 : 12, genauer wie $29,_2\,\%$: $70,_8\,\%$ oder wie 1 : $2,_{42}$.

Hierbei sind, wie angedeutet, in den unbekannten arktischen Gebieten rund 14 Mill. qkm hypothetisch dem Lande, 6 Mill. dem Meere zugerechnet. Beschränkt man die Berechnung auf die besser erforschten Gebiete in der Zone zwischen 80° N und 70° S (490,$_5$ Mill. qkm), so resultiert das Verhältnis 1 : $2,_{62}$ (135,$_5$: 355,$_0$) oder rund 3 : 8[12]).

---

[9]) Im J. 1894 nahm ich für das noch zu entdeckende Land rings um den Nordpol noch 600 000 qkm an, um für die Landfläche nördlich des 80° rund 1 Mill. qkm einzusetzen. Damals war von Nansens Resultaten noch nichts bekannt. Infolge der letztern und der Erschliessung grosser Tiefen im arktischen Meere habe ich 1903 für das hypothetische Land nördlich des 80° neben den bekannten etwa 400 000 qkm nur 100 000 qkm eingestellt, 500 000 qkm dem Meere zurückgebend (s. 7. Aufl. dieses Lehrbuchs S. 251). O. Krümmel (a. a. O. S. 7) bekämpft statt dessen noch 1907 meine, bereits von mir selbst 1903 berichtigten Ansichten von 1894. — [10]) Penck, Morphologie I, 98. Eine Uebersichtskarte der genau oder ausreichend oder bloss für Zwecke der Schiffahrt vermessenen Küsten der Erde veröffentlichte 1904 G. W. Littlehales im Report of the 8. Internat. Geogr. Congress, Wash. 1905, 578. — [11]) Vergl. Wagner a. a. O. S. 721. — [12]) Penck nahm 1894 nach Wagners und Supans Bevölk. d. Erde VIII, 1891 : 135,$_{44}$ Mill. qkm Land, 353,$_{31}$ Wasser, also 1 : $2,_{609}$ an; Karstens, Die mittl. Tiefe des Ozeans, 1894, unter etwas andern Voraussetzungen für die polaren Gebiete 142,$_1$: 367,$_9$ = 1 : $2,_{60}$.

Land- und Wasserhalbkugel. Ein Blick auf die Karte genügt, um zu erkennen, dass die Flächenverteilung von Land und Wasser in den einzelnen Erdgürteln eine sehr verschiedene ist. In dem zwischen 40°—70° N gelegenen überwiegt sogar das Land (ca. 60%), in allen übrigen das Wasser in einem nach S steigenden Masse. Die gesamte Nordhälfte der Erde enthält etwa 40% Land und 60% Wasser, auf der Südhalbkugel erreicht die Landfläche, selbst mit Einschluss der vermutungsweise angenommenen antarktischen Gebiete (14 Mill.), nur 19%. Jedoch bildet der Aequator für diese Verhältnisse keine ausgesprochene Scheide. Man hat daher seit 170 Jahren einer eigenen Landhalbkugel eine Wasserhalbkugel gegenübergestellt[13]), deren Pole dort gesucht werden müssen, wo tatsächlich der zugehörige Grenzkreis die grösstmögliche Land- bezw. Wassermasse einschliessen würde. Als solchen Pol der Landhalbkugel kann man zur Zeit einen Punkt nahe der Loiremündung in Frankreich annehmen[14]). Bei dieser Annahme entfallen etwa 125 Mill. qkm Land auf die Landhalbkugel, dagegen (einschliesslich 14 Mill. qkm am Südpol) nur 24 Mill. qkm auf die Wasserhalbkugel. Von ersterer sind daher nur 51%, von letzterer dagegen 90½% mit Wasser bedeckt[15]). Eine Halbkugel ist an sich 255 Mill. qkm gross.

Ein neues Verfahren, den Pol der Landhalbkugel zu bestimmen, besteht darin[16]), dass man die vom Grenzkreis geschnittenen strittigen Gebiete von Südamerika und Südostasien auf eine Antipodenkarte zeichnet. Alsdann sucht man auf dieser durch Verschiebung des Grenzkreises die günstigste Lage zu finden, welche von Südasien und Südamerika der Landhalbkugel den grössten Landgewinn zuweist[17]).

Zonenverteilung. In den einzelnen Zonen stellt sich das für klimatische Fragen besonders wichtige Verhältnis von Land- zu Wasserflächen nach unsern jetzigen Kenntnissen etwa wie folgt[18]):

---

[13]) Man führt die erste Idee jetzt auf Phil. Buache (1746) zurück; s. Beythien (Anm. 14), 12. — [14]) H. Beythien, Neue Bestimmung des Pols d. Landhalbkugel, Preisschrift, Kiel 1898. — [15]) Unsere Atlanten verlegen den Pol gern in die Bevölkerungszentra Mitteleuropas, Berlin (Berghaus, physik. Atlas, Stieler Handatlas), London, Paris. Das ist vom Standpunkt der physikalischen Geographie natürlich nicht gerechtfertigt. Auf Taf. 6 des Atlas ist er (aus Rücksicht auf die Uebersichtlichkeit der Projektion) in den Schnittpunkt des 50.° Br. und 0.° L. verlegt. Die Landhalbkugel enthält daher bei dieser Darstellung 118,7 Mill. qkm = 46,6%, die Wasserhalbkugel 30,3 Mill. qkm = 12% Land. — [16]) O. Krümmel in Pet. Mitteil. 1898, 106. — [17]) Die Bemühungen Pencks (Geogr. Zeitschr. V, 1899, 121 ff.), die Beythienschen Zahlen noch durch Berücksichtigung der sphäroidischen Erdgestalt zu berichtigen, stehen kaum im Verhältnis zur Unsicherheit der erforderlichen Flächenbestimmungen. — [18]) H. Wagner in Pet. Mitteil., 1895, S. 40, woselbst Zahlen für die einzelnen Erdteile. Nur in der nördlichsten Zone sind gegen damals (1894) 0,6 Mill. qkm Land jetzt dem Wasser zugerechnet und ebenso ist dem Festland der Antarktis nunmehr eine Fläche von 14 Mill. qkm (gegen früher 9) zugewiesen. Wenig abweichende Zahlen für die 5°-Zonen teilt O. Krümmel auf Grund neuerer Berechnungen der Meeresfläche mit (Handb. d. Ozeanogr. I 1907, 13); weitere Bestätigung erhalten die obigen Zahlen durch A. Baldits umfassende Berechnung der Eingradzonen (sur la répartition des terres et des mers à la surface du globe; Ann. du Bureau centr. météorol. de France. Mémoires; Année 1906, Paris 1910, 25—82; vergl. Pet. Mitt. 1912 I, 148 u. II, Augustheft).

Zone	Erdoberfläche (nach Bessel)	Landfläche	Wasserfläche	Prozente	
	(in Millionen Quadrat-Kilometer)			Land	Wasser
80—90° N	3,9	[0,4]?	[3,5]?	[10]?	[90]?
70—80	11,6	3,4	8,2	29,3	70,7
60—70	18,9	13,5	5,4	71,4	28,6
50—60	25,6	14,6	11,0	56,9	43,1
40—50	31,5	16,5	15,0	52,3	47,7
30—40	36,4	15,6	20,8	42,8	57,2
20—30	40,2	15,1	25,1	37,6	62,4
10—20	42,8	11,3	31,5	26,3	73,7
0—10	44,1	10,1	34,0	22,8	77,2
Nordhälfte	255,0	100,5	154,5	39,4	60,6
0—10° S	44,1	10,4	33,7	23,6	76,4
10—20	42,8	9,4	33,3	22,1	77,9
20—30	40,2	9,3	30,9	23,1	76,9
30—40	36,4	4,2	32,2	11,4	88,6
40—50	31,5	1,0	30,5	3,2	96,8
50—60	25,6	0,2	25,4	0,8	99,2
60—70	18,9	[1,9]?	[17,0]?	[10,0]?	[90]?
70—80	11,5	[12,1]?	[3,4]?	[78]?	[22]?
80—90	3,9				
Südhälfte	255,0	48,5	206,5	19,0	81,0

§ 122. Die Massenerhebungen der Erdrinde. Im Grunde haben wir den Verlauf der festen Erdoberfläche bisher nur längs eines einzigen Horizontalschnitts, nämlich der Berührungslinie von Wasser und Land, betrachtet. Die Errungenschaften der letzten Jahrzehnte gestatten uns auch, die Unebenheiten des Geländes mit einiger Sicherheit messend festzustellen und in die Meerestiefen zu blicken. Fast jeder Atlas bietet bereits in grossen Zügen ein Bild des Gesamtreliefs der trocknen Erdrinde wie des Meeresbodens mittelst Einzeichnung von Höhen- und Tiefenkurven (Isohypsen und Isobathen S. 245), und es fehlt nicht an Versuchen, sie trotz der vielfachen Unsicherheit ihrer Linienführung ziffernmässig auszuwerten.

Landblock und Wasserblock. Nach vergleichender Prüfung dieser Versuche[19]) konnte man bisher die mittlere Erhebung aller Landflächen über den Meeresspiegel zu rund 700 m annehmen[20]), wobei der Antarktis aus Mangel genauerer Kenntnis der Höhenverhältnisse die gleiche mittlere Höhe beigelegt ward. Nachdem man aber für letztere auf indirektem Wege eine solche von weit grösserem Betrag, nämlich von rund 2000 m, wahrscheinlich gemacht hat (§ 241)[21]),

[19]) Zu den früheren Versuchen, kritisch behandelt in H. Wagners Abhandlung (S. Anm. 8), 1894, trat derjenige hinzu, welchen O. Krümmel in der 2. Aufl. seines Handbuches der Ozeanographie I. 1907 mitgeteilt hat. Beziehen sich seine neueren Ausmessungen auch nur auf die Meeresflächen, so berücksichtigen sie doch alle neuesten Tiefseekarten und Lotungen und verdienen in den Hauptergebnissen durchaus den Vorzug vor den 1888 von Murray angestellten Messungen, die bisher den meisten zusammenfassenden Uebersichten direkt oder mittelbar zu grunde lagen. — [20]) Wagner a. a. O. S. 742. — [21]) Vergl. W. Meinardus, Die mutmassliche mittlere Höhe des antarktischen Kontinents; Pet. Geogr. Mitteil. 1909, S. 304 ff.

muss auch die obige Mittelzahl auf 820^m erhöht werden. Das ergibt ein Gesamtvolumen der Landhöhen von $122,_2$ Mill. kbkm (149 Mill. qkm $\times$ $0,_{820}{}^{km}$). Die mittlere Tiefe des Weltmeeres (mit allen Nebenmeeren), die wir während eines Jahrzehnts zu $3\,500^m$ annahmen, wird man heute, wo sich sowohl das arktische Meer als ein ziemlich tiefes Becken erwiesen hat, als auch im Grossen Ozean weite Tiefflächen und im Südatlantischen beträchtliche Tiefbecken erkannt sind, zu $3\,700^m$ schätzen dürfen[22]). Die gesamte Wassermasse der Erde entspricht einem Wasserblock von 361 Mill. qkm Grundfläche und $3,_7{}^{km}$ Höhe, besitzt also 1336 Mill. kbkm Inhalt (Fig. 60 *BGMNJ*). Alle Erhebungen der Erdkruste über diesem mittleren Meeresboden schliessen sich dann zu einem Landblock (Fig. 60 *ABCD*) zusammen von 149 qkm Fläche und $4,_{520}{}^{km}$ ($= 3\,700 + 820^m$) Höhe, sowie $673,_5$ Mill. kbkm Volumen. Wollte man diesen Landblock über die gesamte Erde ausbreiten, so würde er eine Kugelschale von etwa 1320^m Dicke ($= 673,_5$ Mill. kbkm : 510 Mill. qkm) über dem mittlern Meeresboden bilden, seine Oberfläche würde also $3700^m - 1320^m$ oder

$$- 2380^m \text{ (rund } 2400^m)$$

unter dem jetzigen Spiegel des Meeres ruhen. Diese Fläche nennt man das mittlere Niveau der starren Erdkruste.

Ohne Rücksicht auf die Meeresbedeckung hat also die feste Erdkugel, so viel wir heute wissen, nicht einen mittlern Radius von $6370,_3{}^{km}$ (S. 120) sondern nur von etwa $6367,_9{}^{km}$ ($= 6370,_3 - 2,_4$). Das Weltmeer über die Oberfläche dieser Kugel ausgebreitet würde eine mittlere Tiefe von 2620^m (rund 2600^m) erreichen, also sein Spiegel sich

$$2620^m - 2380^m = + 240^m$$

über den jetzigen erheben[23]). In dieser Höhe etwa, also 240^m über der mathematischen Erdoberfläche, liegt das mittlere Niveau der physischen Erdoberfläche, d. h. die Grundlage des Luftmeeres.

Kontinentalblock und Meeresraum. Den Tiefenkarten der Ozeane entnehmen wir die wichtige Tatsache, dass Flachsee sich nur in der Nähe und zwischen den Landmassen findet, während die Weiten der Ozeane durchweg Tiefseebecken darstellen. Ein Sinken des Meeresspiegels um etwa 200^m würde die grossen Umrisse der Landflächen nicht wesentlich im Kartenbild umgestalten (Atlas Taf. 6, Erdansichten), trotzdem die Mehrzahl der Inseln dadurch „landfest" gemacht werden würden. Ausserhalb dieser Tiefenlinie von rund 200^m sinkt der Meeresboden rascher bis zur Tiefe von $2 - 3000^m$ herab, um sich dann äusserst langsam zu grössern Tiefen auszubreiten.

---

[22]) O. Krümmel erhielt genauer $3680^m + 100^m$ (Handb. I. 143), somit für den Wasserblock, dem er $361,_1$ Mill. qkm Fläche gibt, nur 1330 Mill. kbkm. — [23]) Die Unsicherheit aller dieser Werte lässt es zwar ratsam erscheinen, sie durchweg möglichst abzurunden. Aber im Schlusseffekte erscheint dies doch kaum angängig. Denn für das mittlere Niveau der physischen Erdoberfläche oder die Grundlage des Luftmeeres ist es nicht gleichgültig, ob wir dieselbe zu + 200 ($= 2600^m - 2400^m$) oder zu $+ 240^m$ annehmen (vergl. § 241). Wenn Krümmel (a. a. O. 143) dieses Niveau zu 205^m fand, so ist zu bedenken, dass er 1907 die Resultate von Meinardus noch nicht berücksichtigen konnte.

Dadurch scheidet sich unschwer die eigentliche Massenerhebung der Erdrinde oder der Kontinentalblock (Fig. 60 *ABGH*) von den grossen Flächen der Tiefseeregionen ab.

Der unruhige Verlauf der Umrisslinien dieses Kontinentalblocks lässt uns diese Verhältnisse nur schwierig auf der geographischen Karte mit einem Blick übersehen. Ein einzelnes Profil, durch die Erdrinde gelegt, fasst gleichfalls die gesamte Massenerhebung nicht zu einem Ganzen zusammen. Trägt man aber die Flächen, die den einzelnen Höhenstufen der Erdrinde zukommen, als Abszissen, die entsprechenden Höhen als Ordinaten in ein Koordinatensystem ein, so entsteht in der sog. hypsographischen Kurve der Erdrinde ein schematisches Bild der Massenverteilung an ihrer Oberfläche, da die Profilfläche nunmehr dem Rauminhalt der Erhebungen oder Vertiefungen entspricht (Fig. 60). Es wird noch zahlreicher mühevoller Arbeiten bedürfen, bis man diese hypsographische Kurve mit Sicherheit konstruieren kann. Diese letztere muss zwei Bedingungen erfüllen. Sie muss erstens durch den Punkt hindurchgehen, welcher das Verhältnis von Land und Wasser kennzeichnet (Fig. 60, Punkt *B*), und sodann muss die Profilfläche des Kontinentalblocks (oberhalb des mittlern Krustenniveaus) gleich sein der Profilfläche der Tiefenregion des Meeres (unterhalb dieses Niveaus). Zur Zeit dürfte folgende Verteilung der Höhenstufen der Wahrheit einigermassen entsprechen[24]), obwohl auf das Unsichere der Schätzung besonders hingewiesen werden muss. Es liegen

	Mill. qkm.	%		Mill. qkm	%
über 3000 m	6	1,2	unter 0 bis — 200 m	29	5,7
+ 2000 bis 3000 m	10	2,0	— 200 „ — 1000 m	13	2,5
+ 1000 „ 2000 m	24	4,7	— 1000 „ — 2000 m	19	3,7
+ 500 „ 1000 m	27	5,3	— 2000 „ — 3000 m	36	7,1
+ 200 „ 500 m	33	6,5	— 3000 „ — 4000 m	79	15,5
+ 0 „ 200 m	48,5	9,6	— 4000 „ — 5000 m	113	22,2
unter 0 m	0,5		— 5000 „ — 6000 m	67	13,1
Land	149	29,2	unter 6000 m	5	1,0
			Meer	361	70,8

In der Fig. 60 entspricht 1 mm der Grundlinie je 5 Mill. qkm der Erdoberfläche und 1 mm der Senkrechten je 200 m (= 0,2 km), also 1 Quadratmillimeter dem Kubikinhalt von 1 Mill. Kubikkilometer.

Die fünf Erhebungsstufen der starren Erdrinde. Die hypsographische Kurve lässt mit einem Blick am Kontinentalblock

---

[24]) Nachstehende Tabelle ist aus der ältern Wagnerschen und der neuen Krümmelschen (für das Meer) kombiniert unter Berücksichtigung des neuen Flächenverhältnisses von Land zu Wasser (149 : 361 Mill. qkm statt früher 144 : 366), letztere Reduktion lässt Krümmel (a. a. O. 86) seltsamer Weise ausser acht.) Bei den Landflächen liegen die besondern Schwierigkeiten in der Frage, wie man die 28 Mill. kbkm der Antarktis (= 14 Mill. qkm × 2 km Mittelhöhe) auf die einzelnen Höhenstufen verteilen soll. Es sind der obersten Stufe (über 3000 m) 1 Mill. qkm zugewiesen, der 2. (2 — 3000 m) 5 Mill., der 3 (1 — 2000 m) 6 Mill. Gegenüber dem frühern Versuche, die Tiefenstufen abzuschätzen, zeigte sich die Notwendigkeit, derjenigen von mehr als 5000 m einen wesentlich grössern Raum zuzuweisen. Die Krümmelsche hypsographische Kurve ist von 2000 m abwärts beibehalten. Eine Korrektur haben jedoch die ersten Tiefenstufen erfahren auf Grund einiger neuen planimetrischen Ausmessungen. Vergl. W. Kegel, Planimetr. Berechnung der Schelfflächen, Inaug.-Diss. Göttingen 1910; P. Reichmann, Neue Berechnung der Fläche des Kontinentalabhanges, Inaug.-Diss. Göttingen 1909.

drei Stufen unterscheiden: ein Kulminationsgebiet, wie wir den Inbegriff aller sich über 1000 m erhebenden Landflächen nennen wollen, eine flache Kontinentaltafel und einen Kontinentalabhang. Das Bemerkenswerte ist, dass die Kontinentaltafel nicht am Meeresspiegel, sondern erst an der Grenze der Flachsee endigt. Die Flach-

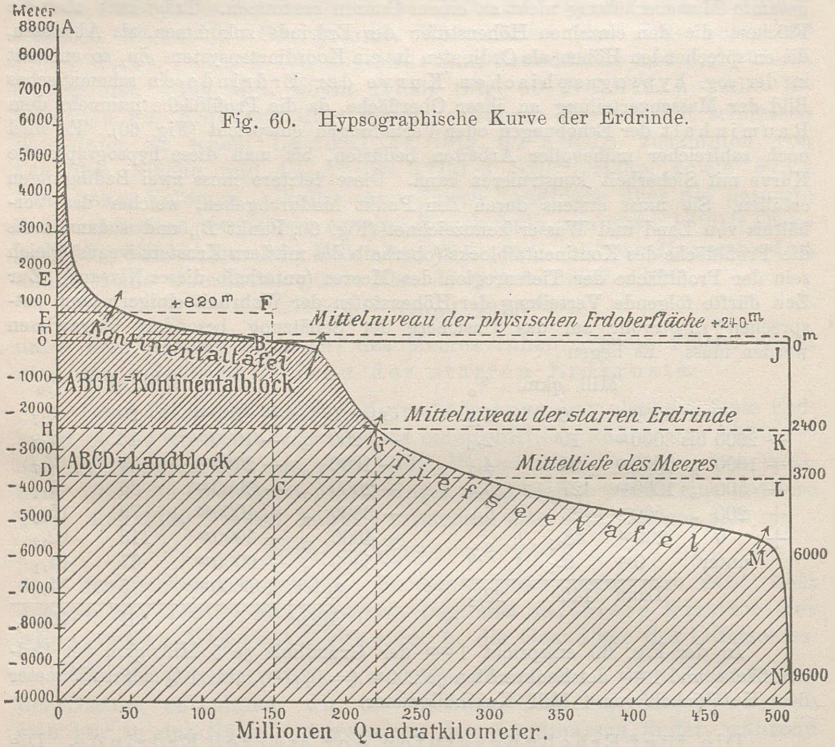


Fig. 60. Hypsographische Kurve der Erdrinde.

see ist also gewissermassen nur eine oberflächliche Ueberspülung, eine Transgression des Meeres über die unterste Stufe der Kontinentaltafel. Man hat jüngst für diese im Relief der festen Erdoberfläche so charakteristische Stufe, die wie ein Gesims die Kontinente umrandet, den Namen Schelf[25]) einzuführen versucht. Nicht so scharf ist der Fuss des Blocks oder die untere Grenze des Abhanggebietes gekennzeichnet. Es ist also bis jetzt willkürlich, ob man sie in — 3000 m, — 2500 m oder dorthin verlegt, wo das Mittelniveau der Erdkruste nach unserer Berechnung zu suchen ist: — 2400 m. Bis auf weiteres wird sich letzteres empfehlen für Flächen- und Raum-

[25]) Der Name ist dem Englischen entnommen. „Continental shelf" nannte zuerst H. R. Mill jene grosse, die Kontinente umrandende Flachseebank (Brit. Association 1888, vergl. Proc. R. Geogr. Soc. 1888, 667). Vergl. O. Krümmel, Handbuch, I, 103 ff.

berechnungen. — Deutlich scheidet sich in der Tiefseeregion alsdann eine ausgebreitete Tiefseetafel[26]) von einem kleinen Depressionsgebiet ab, welches die tiefsten Senken in der Erdkruste zusammenfasst.

Weitaus der grösste Teil der starren Erdoberfläche, wohl mehr als $^4/_5$, wird also von den beiden mächtigen Tafeln eingenommen, von denen die kontinentale mehr als 4000 m höher als die Tiefseetafel liegt. Das extreme Gebiet der grössten Anschwellung dürfte nach den neuern Annahmen fast soviel Raum als der Kontinentalabhang einnehmen. Der gesamte Kontinentalblock bezeichnet, wenn im Mittelniveau der Erdkruste abgeschnitten, den Teil der Erdkruste, welcher abgetragen und in die Tiefseebecken geschüttet werden müsste, um die Rinde auszuebnen.

Nach unsern Voraussetzungen nimmt der Kontinentalblock etwa $43,_5{}^0/_0$ der Erdoberfläche ein (222 Mill. qkm) und besitzt bei einem Volumen[27]) von rund 592 Mill. kbkm eine mittlere Höhe von ca. 2666 m, übersteigt also das Niveau der physischen Erdoberfläche ein wenig. Berechnet man aus der hypsographischen Kurve in ähnlicher Weise die Mittelhöhe der fünf Stufen der Erdkruste, so ergibt sich in starken Abrundungen, die absichtlich das Unsichere der Rechnung andeuten sollen, das folgende Verhältnis:

	Fläche			Mittelhöhe
Kulminationsgebiet (über + 1000 m)	$7,_8{}^0/_0$	= 40 Mill.	qkm	+ 2150 m
Kontinentaltafel (von + 1000 m bis — 200 m)	$27,_1$ „	= 138 „	„	+ 250 m
Kontinentalabhang (von — 200 m bis — 2400 m	$8,_6$ „	= 44 „	„	— 1200 m
Tiefseetafel (von — 2400 m bis — 5500 m)	$52,_3$ „	= 267 „	„	— 4300 m
Depressionsgebiet (unter 5500 m)	$4,_1$ „	= 21 „	„	— 6000 m
	Summa 100 $^0/_0$	= 510 Mill.	qkm	— 2400 m

§ 123. Gliederung von Land- und Wasserflächen in Erdräume. Von grösserer Bedeutung als die gesamte Flächenausdehnung und die Massenverhältnisse ist die Frage nach der räumlichen Anordnung der Landmassen an der Aussenseite unsres Erdballs und damit nach der wirklichen Gestaltung des Kontinentalblocks sowie des Weltmeeres. Fortan gilt es, aus der grossen Mannigfaltigkeit der Formen, wie sie uns aus jeder Weltkarte entgegentritt, die einfachen Grundzüge zu erkennen oder aber die Erdoberfläche in die natürlichen Erdräume einzuteilen. Jedes Stück derselben, das sich in mehr oder weniger deutlicher Weise von den Nachbargebieten abgrenzen lässt, nennen wir einen Erdraum. Mit diesem Namen deutet man genugsam an, dass nicht allein der horizontale Umriss längs der Küsten, sondern auch die dritte Dimension der Höhe und Tiefe dabei massgebend eingreift. Stufenweise schreiten wir von den beiden grössten Erdräumen, die uns soeben beschäftigt haben — Kontinentalblock und Weltmeer —, zu kleinern Kategorien fort. Wir lassen uns dabei stets von der Karte leiten und lesen die festzustellenden Tatsachen,

[26]) Uebereinstimmend mit Krümmel (a. a. O., 148) ist jetzt als Grenze zwischen Tiefseetafel und Depressionsgebiet die Tiefe von 5500 m angenommen. — [27]) Schon im J. 1895 habe ich den leider erst später erkannten Irrtum begangen (a. a. O. S. 765), anzunehmen, dass der Kontinentalblock ausgeglättet über seiner Grundfläche das Niveau der physischen Erdoberfläche (+ 220 m) erreichen müsste. Das ist tatsächlich eine unbegründete Forderung.

wo möglich, unmittelbar von ihr ab. Als misslich empfinden wir freilich den Umstand, dass jede Weltkarte die ausserhalb der Mitte (oder Mittellinie) gelegenen Landumrisse arg verzerrt, und dass am Globus gleichzeitig kaum mehr als $^1/_3$ der Erdoberfläche überschaut werden kann. Und doch handelt es sich zunächst nur um die Uebersichtskarte, auf der des kleinen Massstabes und der notwendigen Generalisierung wegen (S. 242) die feinere Gliederung aller Formen im horizontalen wie vertikalen Sinn verschwindet oder zurücktritt, sodass der Rohbau der Erdoberfläche um so mehr in die Augen springt.

Die Zweiteilung von Weltmeer und Landmasse. Die einzige wahrhaft über den Zusammenhang der Kontinentalmassen orientierende Karte unserer Atlanten ist die der „Landhalbkugel". Planigloben und Mercatorkarten zerreissen denselben. Wir sehen aus jener, dass sich die Landmassen eng um den Nordpol gruppieren. Im Norden haben sie, gegenüber der auffallenden Tatsache, südwärts in keilförmige Enden auszulaufen, ihre „breiten Schultern". Fast geschlossen ist der kontinentale Ring zwischen 60° — 70° N (Polarkarte, Atlas, Taf. 33). Die schmale und seichte Meeresgasse der Beringstrasse bildet kaum eine Unterbrechung. Die benachbarten Meeresteile sind Flachsee. Auf der europäischen Seite wird der breitere Zugang des Atlantischen Ozeans zum nördlichen Eismeer durch die Inselbrücke zwischen Schottland und Grönland eingeengt. So lagert sich rings um den Nordpol eine in verschiedener Hinsicht einheitliche Polarwelt. Der Ausdehnung nach bildet sie jedoch nur ein untergeordnetes und nur teilweise schärfer nach aussen begrenztes Glied unter den Erdräumen.

Im Süden des Polarkreises fliehen die äussern Küsten der Landmassen derart auseinander, dass sie fast einen grössten Kreis der Erdkugel bilden. Das ist der grosse pazifische Gestadegürtel, der sich längs der fest geschlossenen gliederlosen Westküste Amerikas zum inselreichen Ostrand Asiens und Australiens hinüberzieht. Und zwischen den am meisten vorgestreckten Südenden der Kontinente (Australien bis 45° S., Amerika bis 56° S.), die sich quer über den Pol gemessen bis auf 80 Breitengrade nähern, lagert sich die antarktische Erdscholle als verbindendes Glied. Durch diesen, wie wir sehen werden, auch im gesamten Bau sehr gleichförmig verlaufenden äussern Saum des Kontinentalblocks wird das grösste einheitliche Meeresbecken abgegliedert. Mit Recht trägt dieses den Namen des Grossen Ozeans (neben dem des Stillen oder Pazifischen, § 202). Denn er nimmt fast $^1/_3$ der Gesamterdoberfläche ein und übersteigt mit 166 Mill. qkm (ohne Nebenmeere) die Grösse der innern Ozeane zusammengenommen (155 Mill. qkm)[28]. Man könnte eine äussere

[28]) Die Ozeane sind hierbei nach der konventionellen Abgrenzung, welche die Engländer 1845 vorgeschlagen haben (vergl. § 202, Benennung und Begrenzung der Ozeane), durch die Meridiane des Kap Hoorn (67½° W), des Nadelkaps (20° O) und des Südkaps von Tasmanien (147° O) von einander geschieden, aber nicht, wie früher, nur bis zum südlichen Polarkreis berechnet, sondern bis zu den hypothetischen Küsten des Südpolarkontinents; die Arealzahlen nach Krümmel a. a. O. 144.

oder pazifische Erdhälfte unterscheiden, welche den grossen Ozean und seine Umrandung umfasst.

Inmitten der Landhalbkugel ist das mächtige Tal des Atlantischen Ozeans in breiter Zickzacklinie eingesenkt und gliedert den Kontinentalblock in die beiden grossen zusammenhängenden Landmassen der sog. Alten Welt und der Neuen Welt. Die erstere entspricht der bewohnten Weltinsel der Alten, ihrer Oekumene, die letztere nimmt gewissermassen die Stelle der einst vermuteten Insel der Gegenfüssler (Antoekumene) ein. Indem sie in verhältnismässig später Zeit von Westen her in den Gesichtskreis der europäischen Kulturvölker getreten ist, ward sie als Mundus novus sive occidentalis der alten östlichen Weltinsel entgegengesetzt. Seitdem bildete sich der Gegensatz zwischen einer östlichen und westlichen Halbkugel aus, den das Altertum nicht kannte. Wir pflegen die erstere am Ostrand des Atlantischen Meeres beginnen zu lassen, unbekümmert um die Verschiebung des Nullmeridians nach Ost um 20° (§ 40). Nur unbedeutend überschreitet die „Alte Welt" mit ihren äussersten Ausläufern im NO. (Ostspitze Asiens) und SO. (Neuseeland) den Grenzkreis dieser östlichen Halbkugel. Die geschlossene Masse der alten Welt überwiegt mit 93 Mill. qkm an Fläche beträchtlich diejenige der neuen oder Amerikas (42 Mill. qkm), um so mehr, wenn wir zu ersterer die abgesprengten Glieder der austral-asiatischen Inselwelt nebst Australien selbst hinzunehmen. Der östliche Teil des Kontinentalblocks übertrifft also den westlichen um mehr als das Doppelte.

Erdteile und Einzelozeane. Der auffallendste Zug in dem Umrissverlauf der alten Welt ist die südwärts gerichtete Auskeilung in zwei plumpe Endstücke — Südafrika und Australien. Dadurch gewinnt der dritte der grossen Ozeane, der zwischen beiden gelegene Indische, seine selbständige Bedeutung. Nach Süden sich stetig erweiternd, steht das Becken dieses Weltmeeres ($73^1/_2$ Mill. qkm) dem des Atlantischen ($81^1/_2$) an Grösse der Oberfläche nur wenig nach. Im Süden Afrikas, dessen Endland den 35° S nicht überschreitet, umfasst die breite Verbindungszone des Indischen und Atlantischen Ozeans reichlich 30 Breitengrade. Südlich von Australien (45° S) beträgt dieselbe zwischen dem Indischen und Grossen Ozean nur 20 Breitengrade.

Eine weitere Gliederung der drei Hauptozeane durch den Kontinentalblock tritt uns nur beim Atlantischen aus der Karte entgegen, indem sich das atlantische Tal mit seinen verhältnismässig parallelen Gestaden zwischen Westafrika und der Ostspitze Südamerikas bis auf 3000 km verengt und damit das nordatlantische vom südatlantischen Becken scheidet, jedoch ohne dass die Grenze auch durch eine unterseeische Querschwelle etwa verschärft würde.

Dagegen zerlegt eine den Kontinentalblock quer durchziehende mächtige Bruchzone den westlichen wie den östlichen Flügel desselben in mehr oder weniger abgegliederte Landmassen, für welche sich seit alter Zeit der Name der Erdteile schlechtweg

oder der Festländer (Kontinente)[29] ausgebildet hat. Diese Bruchzone verläuft in mächtigem Bogen durch die Landmassen und markiert sich am deutlichsten durch die grossen und tiefen Einbruchsbecken der zwischengelagerten Mittelmeere.

Sie gliedert vor allem nach zwei Seiten den grössten der Erdteile, Europa-Asien oder kurz „Eurasien" genannt, ab; schärfer nach Südosten, wo zwischen 10° N und 10° S das tropische inselreiche „Australasiatische Mittelmeer" den kontinentalen Zusammenhang mit dem Südkontinent Australien völlig unterbricht. Das langgestreckte, fast ganz geschlossene Romanische Mittelmeer (30°—45° N) scheidet die gedrungenen Massen Afrikas von den reichgegliederten Küsten des westlichen Eurasiens, und das tropische Amerikanische Mittelmeer (10°—30° N) teilt die neue Welt in die einander ähnlichen Dreiecksmassen von Nordamerika und Südamerika.

Nun ist bekannt, dass der westliche Ausläufer jenes grössten Kontinents Eurasien — ein Name, den erst die Wissenschaft unserer Tage ihm beigelegt hat, — seit Beginn wissenschaftlicher Geographie als selbständiger Erdteil gegolten hat; und in der Tat rechtfertigen dies zahlreiche geographische Verhältnisse, die später zu entwickeln sind, vollkommen. Denn es wird gelingen, diesen Erdteil Europa als eigenartig gestaltet, sowie eigenartig auf Klima, Organismen und Menschen wirkend, und zwar — das ist der springende Punkt — im Vergleich mit den übrigen Erdteilen, nachzuweisen. Aber vom Standpunkte der reinen Morphologie, wie sie uns jetzt beschäftigt, gehören Europa und Asien einem einzigen Landkomplex an, da eine ähnliche Scheide erster Ordnung, wie sie durch die oben geschilderte Bruchzone bewirkt ist, zwischen Europa und Asien nicht besteht.

Nimmt man für jetzt alle auf dem Kontinentalsockel ruhenden Inseln als zugehörige Stücke der Einzelerdteile an, so verteilt sich das Areal der bekannten Landfläche etwa, wie folgt. Die echtozeanischen Inseln können ihrer Kleinheit wegen hierbei vernachlässigt werden. Annähernd ordnen sich die Erdteile auch in gleicher Weise nach ihrer mittlern Erhebung über dem Meeresboden[30]).

	Fläche	Mittlere Höhe
Die alte Welt	93 Mill. qkm	rund 725 m
Die neue Welt	42 „ „	„ 650 m
oder		
Eurasien	54,2 „ „	ca. 830 m
Afrika	29,8 „ „	„ 650 m
Nordamerika	24,1 „ „	„ 700 m
Südamerika	17,8 „ „	„ 580 m
Australien	8,9 „ „	„ 350 m
zum Vergleich		
Asien	44,2 „ „	„ 950 m
Europa	10 „ „	„ 300 m

[29]) A. Hettner, Die Terminologie der Oberflächenformen (Geogr. Zeitschr. XVII. 1911, 135), bekämpft die Uebertragung des Wortes Kontinent durch „Festland", weil auch Inseln Festland seien, doch ist auch ihm kein geeignetes Wort für Kontinent bekannt. Was sich derart eingebürgert hat, bietet kaum Gefahr der Verwechslung. — [30]) Vergl. wegen dieser Werte Wagner (1895) a. a. O. 742 ff. Obige Zahlen der mittleren Höhe entspringen nicht einer neuen

§ 124. Die kontinentale Gliederung[31]. Obwohl man in der rohen Umrissgestalt der Einzelkontinente mannigfache Anklänge an einfache geometrische Figuren oder nicht selten Aehnlichkeiten unter einander zu entdecken vermag, so kann man diesen Betrachtungen doch nur insofern Bedeutung zuschreiben, als sie dem Gedächtnis manche Anhaltspunkte für die Auffassung der Formen bieten. Irgend welche Gesetzmässigkeit besteht nach unsern jetzigen Kenntnissen bei der grossen Gliederung nicht. Doch wollen die Formen beschrieben sein. Hierbei soll uns nicht das logische System der Klassifikation die Hauptsache bilden, sondern die Aufstellung von typischen Formen uns den Wegweiser bieten, um den Blick auf die Karte zu heften. Der Leser muss im Einzelfall selbst zu entscheiden suchen, ob die klassifizierende Bezeichnung eines Gebildes treffend ist, und wo möglich die angeführten Beispiele sich selbst durch andere zu ergänzen suchen.

Für jetzt handelt es sich für unsere Betrachtung immer nur um die aus der Weltkarte ins Auge springenden Grossformen der Kontinentalmassen; die feinere Gliederung und Ausgestaltung ihrer Ränder, die wir als Kleinformen zusammenfassen wollen, werden uns erst später beschäftigen.

Wir schreiben jedem Kontinent eine bestimmte Grundform, einen Rumpf zu, bei dem wir von allen einzelnen Vorsprüngen der Festlandsmasse oder ihrer Zergliederung durch Meeresabschnitte absehen. Kein einziger Erdteil besitzt die ungegliedertste und massenhafteste aller Umrissformen, die Kreisform, oder besser die einer geschlossenen Kugelkappe (Kalotte), vielmehr weichen sie sämtlich sehr beträchtlich von einer solchen ab. Ihre Küsten selbst haben nur selten auf längere Strecken einen gebogenen Verlauf; wo es der Fall, haben wir es mit einem besonders plumpen Kontinentalgebilde zu tun wie bei Afrika und Australien. Meist laufen die Kontinentalküsten unter einem Winkel zusammen, sodass die Dreiecksgestalt wie bei Nord- und Südamerika oder die des Fünfecks wie bei Eurasien ins Auge springt.

Der Name von Endländern[32] ist für die grossen kontinentalen Zuspitzungen, in denen sich nach dieser oder jener Seite der Rumpf des Erdteils verjüngt, nicht unzweckmässig. Die auffallendste Erscheinung im Erdantlitz ist die bereits erwähnte Zuspitzung der drei Südkontinente; am ausgeprägtesten ist das Endland bei Südamerika; bei Afrika umfasst es fast die Hälfte des Kontinentes; bei Australien markiert es sich im Grunde nur durch die vorgelagerte

---

eigenen Berechnung, sondern einer kritischen Auswahl und Abrundung anderweit berechneter Mittelwerte. Für Südamerika ist die Berechnung H. Haacks (Inaug.-Diss., Halle 1896) eingestellt. Eine neuere Berechnung, in Kiel von Lorenzen ausgeführt, ergab für Asien den Wert 940 m (Diss. Kiel, 1907). Penck nimmt (Scobels Geogr. Handbuch 1909, 1125) jetzt nur noch für Nordamerika (730), Afrika (670), Australien (360) etwas grössere Zahlen an, nähert sich im übrigen gegenüber seinen Berechnungen von 1894 (Morph. I, 151) obigen Angaben. — [31]) Vergl. hierzu W. Prechts Untersuchungen über horizontale Gliederung, Erg.-Heft z. Zeitschr. für wissenschaftl. Geogr. 1889; A. Hettner, Typen der Land- und Meeresräume, Ausland 1891. — [32]) Precht a. a. O., 10.

Insel Tasmanien, die durch eine ganz flache Meeresstrasse vom Kontinent getrennt wird. Auch das Hochland von Mexiko ist echtes Endland, wenngleich seine Trennung von Zentralamerika nicht völlig durchgeführt ist. In Endländer laufen auch Nordamerika nach NW (Alaska) und Asien nach NO (Tschuktschen-Halbinsel) aus und schliessen dadurch den grossen Ozean im Norden ab. Als Endland ist schliesslich Europa aufzufassen, wenn wir Eurasien als eine einheitliche kontinentale Masse ansehen.

Als Zwischenländer[33]) hat man festländische Verbindungsstücke zwischen Kontinentalmassen bezeichnet, weil sie gleichzeitig eine trennende Schranke zwischen zwei benachbarten Meeren sind. Die typische Form sehen wir in Zentralamerika, wenngleich dieses vermöge seiner auffallenden Abschnürung an den Enden und seines Oberflächenbaues dem Verkehr der zu verbindenden Erdteile wenig Anhalt bietet. Ein Zwischenland ist Syrien und in gewissem Sinn ganz Arabien zwischen Asien und Afrika. Doch können auch Zwischenländer die Verbindungsstücke äusserer kontinentaler Glieder mit dem Rumpf des Erdteils bilden. Je nach der eigenen Abgliederung des Zwischenlands wird man dieses den Gliedern oder dem Rumpfe des Kontinentes beizählen müssen. Finland ist ein Glied, Frankreich ein Rumpfteil Europas. — Verschmälert sich das Zwischenland im Verhältnis der benachbarten Gebiete beträchtlich, so spricht man von Landengen oder Isthmen. Sie haben als verhältnismässig leicht zu überwindende Naturschranken des Verkehrs die hervorragendste Bedeutung, und dies um so mehr, je ausgedehntere Kontinentalmassen sie verbinden (Landengen von Sues und von Panama).

Halbinseln nennen wir die Stücke der Landmassen, welche vom Rumpf derselben längs ihres Umfanges mehr oder weniger deutlich durch nasse Grenzen abgetrennt sind. Dies kann einmal durch Eingriffe des Meeres geschehen, welche die flachen Umgebungen solcher Festlandsstücke überfluten, wie beispielsweise Malakka dadurch zur Halbinsel geworden oder wie die flache Ostsee Skandinavien und die Hudsons Bai Labrador zur Halbinsel gemacht haben. Häufiger ist der Fall, dass kontinentale Massen aus dem Rumpf herausgebrochen und in die Tiefe gesunken sind (Tafelbrüche), wodurch dem Meer in der Form tief in das Land schneidender Buchten der Zutritt gewährt wird; Arabien, Korea, Kamtschatka, die südeuropäischen Halbinseln, Kleinasien sind dadurch zu Halbinseln geworden. Auf diese Weise können Landstücke immer mehr den ursprünglichen Zusammenhang mit dem Stammland verlieren. Man hat sie als abgegliederte Halbinseln bezeichnet. Umgekehrt kann eine Erdscholle, die einem Kontinent benachbart ist, dadurch, dass sich der Boden des trennenden Meeres hebt oder durch Aufschüttung trocken gelegt wird, dem letztern als Halbinsel angegliedert werden, wie Vorderindien an Asien. — In bezug auf Grösse und Gestalt, wie auf das Verhältnis, in welchem die meerumspülten Küsten zur festen Landgrenze stehen, kommen auf

[33]) Precht a. a. O., 8.

der Erde die verschiedenartigsten Halbinseln vor. Abgerundete Vorsprünge des Kontinentalrumpfes rechnen wir nicht zu den Halbinseln. Von Endländern hat der Sprachgebrauch jedoch mehrere unter diese Gruppe gestellt (Alaska). Aber eine Halbinsel ist ein Glied der Landmasse, an welche sie angeheftet ist, und muss sich daher auch nach dem plastischen Bau des Verbindungsstückes einigermassen leicht vom Rumpfe trennen lassen, ohne diesen in seiner Grundgestalt zu beeinträchtigen. Als Landgrenze ist daher nicht immer die kürzeste Verbindungslinie zwischen den Eckpunkten der einspringenden Küstenwinkel zu nehmen. Selten wird die trockene Grenze mehr als $^1/_4$ des Gesamtumfangs der Halbinsel ausmachen. Je schmaler das verbindende Landstück im Verhältnis zur Meeresgrenze und je senkrechter die Achse der Halbinsel gegen diese Landgrenze gerichtet ist, ein um so selbständigeres Glied wird sie darstellen. — Auch die gegenseitige Grösse spielt dabei eine Rolle. Es ist also eine gewisse Summe von Merkmalen in Betracht zu ziehen, und daher begreiflich, wenn Zweifel über die Halbinselnatur einzelner Landstücke auftauchen.

So wird dem Somali-Land und Hinterindien zuweilen der Halbinselcharakter abgesprochen; im letztern Fall aber doch mit Unrecht in Anbetracht der begrenzenden Meeresbuchten.

Wenn das Verbindungsstück zwischen Halbinsel und Kontinent zur Landenge wird, so erscheint der Ausdruck einer Fastinsel (wie z. B. bei der Krim) kein ungerechtfertigter. — Weitaus der halbinselreichste Kontinent ist Eurasien und im besondern Masse Europa; trotzdem würde der Rumpf Eurasiens nach Abtrennung sämtlicher Halbinselglieder keine wesentlich andere Gesamtgestalt erhalten. Noch weit weniger ist dies bei den andern Kontinenten der Fall. Nur Europa allein würde in solchem Falle zur Gestalt eines dreieckigen Endlandes zusammenschrumpfen, das mit dem jetzigen Erdteil wenig Aehnlichkeit mehr hätte.

Die Inseln. Es ist nach dem Obigen klar, dass die völlig von Wasser umgebenen Landstücke, welche sich in der Nähe grösserer Landmassen befinden, sich von den Halbinseln vielfach nur durch den Grad der Abgliederung unterscheiden. Sie sind in der Mehrzahl durch Ueberflutung oder völlige Zerstörung verbindender Landbrücken zu Inseln geworden. Zahlreiche Inseln würden durch einen geringen Rückzug des Meeres wieder landfest werden. Als unselbständige Inseln müssen die längs der Meeresküsten aufgereihten „Küsteninseln“ angesehen werden, welche bei ihrer Kleinheit daher auf Uebersichtskarten zum grossen Teile verschwinden. Fast alle grössern Inseln lassen sich als Bruchstücke benachbarter Kontinente nachweisen, sei es, dass sie noch auf dem Sims der Kontinentaltafel oder dem Schelf (S. 280) ruhen, wie Grossbritannien und Irland, sei es, dass sie durch tiefere Einsenkungen des Kontinentalabhangs von ihnen abgerückt erscheinen. Man nennt sie daher „Kontinentalinseln“; unter ihnen bilden die Küsteninseln also nur eine untergeordnete Gruppe. Demgegenüber fehlt den echtozeanischen Inseln dieser nähere

Zusammenhang, sie ragen auf isolierten unterseeischen Erhebungen empor und pflegen selten eine ansehnliche Grösse zu haben. Auch sie können wieder von Küsteninseln begleitet sein. Näheres in § 189—194.

Es gibt unter den Kontinentalinseln nur eine, welche den grossen Halbinselgliedern Asiens an Grösse gleichkommt: Grönland (2200000 qkm); nur 5, welche den Gliedern Europas entsprechen: Neuguinea (785000), Bórneo (734000), Madagaskar (592000), Baffinsland (600000), Sumâtra (421000), und weitere 11 von mehr als 100000 qkm. Der Gesamtheit der Inseln kann (von unbekannten polaren Gebieten abgesehen) ein Areal von $9,_7$ Mill. qkm gegeben werden[34]). Die Gesamtfläche entspricht also etwa derjenigen Europas (S. 284).

§ 125. Das Mass der horizontalen Gliederung[35]). Es ist noch ein Rest aus den Zeiten, in denen unsere Karten sich fast ganz auf Wiedergabe der horizontalen Umrisse beschränkten, wenn man auf Feststellung eines ziffernmässigen Ausdrucks für die grössere oder geringere Vielgestaltigkeit eines von nassen Grenzen abgeschlossenen Erdraums so grossen Wert legt, wie dies neuerdings wieder geschieht. Uebrigens ist klar, dass diese Frage nur ein Spezialfall für einen irgendwie begrenzten Erdraum ist. Alle zu schildernden Methoden lassen sich z. B. ebenso auf ein von politischen Grenzen umschlossenes Staatsgebiet anwenden und gehören daher, streng genommen, in das Kapitel einer eigenen Grenzlehre. Indessen berührt dies Lehrbuch viele allgemeine Fragen nur an der Hand bestimmter Fälle, die sich zur Erläuterung besonders eignen.

1. Die anschaulichste Methode zur Bestimmung der horizontalen Gliederung besteht in dem Vergleich des Flächeninhalts der Glieder eines Erdraums mit dem seines Rumpfes. Denn zunächst gehört zur Wirkung eines Landstücks auf Klima und als Boden für die Ausbreitung von Organismen und den menschlichen Verkehr eine gewisse zu den Nachbargebieten in Beziehung stehende Grösse. Daher ist in jenem Verhältnis der Flächen die Bedeutung ausgedrückt, welche die randlichen Teile oder die Glieder für Erweiterung solcher Wirkungen eines Kontinentes oder sonstigen Landes besitzen.

Die Schwierigkeit liegt hierbei in der Entscheidung, ob wir es — was nur durch eine Betrachtung des innern Baues gelöst werden kann — im Einzelfall mit einem zum Rumpfe gehörenden Endland oder einer Halbinsel zu tun haben, sodann aber in der richtigen Abgrenzung der Halbinseln. Doch spielt letzterer Punkt für das Gesamtresultat keine wesentliche Rolle, da man in allen Fällen nur auf abgerundete Zahlen abzielen wird. Wichtig ist, dass dies Verfahren gestattet, die Inseln gleichzeitig mit als Glieder in Berechnung zu ziehen; jedoch erheischt die Frage der Zugehörigkeit dieser oder jener Insel oder Inselgruppe zu einem benachbarten Festland nicht selten eine schwer zu treffende Entscheidung. Den nähern Nachweis über diese Punkte den entsprechenden

---

[34]) Wagner a. a. O. S. 711. — [35]) Penck I, Morphologie 1899 (117—124), woselbst auch Literatur über alle älteren Versuche, die Gliederung zu messen; berichtigte Zahlen gibt Penck in Scobels Geogr. Handb., 5. Aufl., 1909, 122—124.

Abschnitten über die Länderkunde vorbehaltend, nehmen wir für die kontinentale Gliederung folgendes Verhältnis an (in Mill. qkm):

	Gesamtfläche	Halbinseln	Inseln	also Rumpf	also Glieder	Glieder Proz.
Eurasien	54,20	10,64	3,49	40,06	14,13	26
Europa	10,01	2,70[36])	0,79	6,52	3,49	35
Asien	44,18	7,94[37])	2,70	33,54	10,64	24
Nordamerika	24,1	2,04[38])	4,1	17,95	6,15	25,5
(im engern Sinn)[39])	(23,1)	(1,87)	(3,9)	(17,37)	(5,77)	(25,0)
Australien	8,90	0,42	1,30	7,18	1,72	19
Afrika	29,82	—	0,62	29,20	0,62	2,1
Südamerika	17,78	0,05[40])	0,15	17,58	0,20	1,1

Während also bei Europa $^1/_3$ der Gesamtfläche auf die Glieder entfällt, bei Asien und Nordamerika etwa $^1/_4$, bei Australien $^1/_5$, verschwinden dieselben bei Afrika und Südamerika. Freilich, wenn man Glieder als Bereicherungen der Kontinente auffasst, so geben auch diese Zahlen z. T. eine falsche Anschauung, weil sie uns nichts über die Lage aussagen. Welcher Unterschied besteht hierin zwischen Asien und Nordamerika! Dort sind fast alle Halbinseln und Inseln auf der aequatorialen Süd- und Ostseite gelegen, hier sind sie zum weitaus grössten Teil der unwirtlichen polaren Seite zugekehrt.

2. Die Zugänglichkeit des Innern der Kontinente wird durch die Bestimmung der mittlern Meerferne gleichfalls bis zu einem gewissen Grade zur Anschauung gebracht[41]). Bei dieser Methode sucht man die Landflächen durch Kurven gleichen Grenzabstandes in Zonen einzuteilen und, indem man die Flächen der letztern planimetrisch ausmisst, auf dem gleichen graphischen Wege wie bei der hypsographischen Kurve (S. 280) den mittlern Grenzabstand des betreffenden Landes zu bestimmen.

Diese Zahlen geben an sich noch wenig Anschauung (da sie selbstverständlich bei kleinen Flächen klein, bei grossen gross sind). Bezeichnet man die Areale, welche keinen grössern Küstenabstand als den mittlern haben, als „küstennahe", die andern als „küstenferne", so erhält man folgende Uebersicht in Prozenten[42]):

	Mittlerer Küsten-Abstand	Küstennahe Gebiete	Küstenferne Gebiete
Europa	340 km	62 %	38 %
Asien	780 „	61 „	39 „
Nordamerika	470 „	58 „	42 „
Südamerika	550 „	56 „	44 „
Australien	350 „	55 „	45 „
Afrika	670 „	53 „	47 „

[36]) Einschliesslich des entschieden zu den Gliedern Europas zu rechnenden Zwischenlandes Finland; Penck erhält ohne Finland für Europas Glieder nur 27 %. (a. a. O. 1909, 122). — [37]) Einschliesslich Hinterindien. — [38]) Einschliesslich Neu-Schottland, Melville, Boothia, Alaska (nicht das Territorium) und Kenai, welche Glieder auszuschliessen (Penck, Morphologie I, 120) keine Veranlassung ist. — [39]) Es ist die Frage, ob es sich vom morphologischen Standpunkt rechtfertigt, Zentralamerika (753 000 qkm) und Westindien (238 000 qkm) zu Nordamerika zu stellen. Ohne diese Gebiete wird indessen das Verhältnis von Rumpf und Gliedern bei Nordamerika wenig geändert — [40]) Einschliesslich des Isthmus von Darien bis zur Landenge von Panama. — [41]) Vergl. K. Rohrbach, Ueber mittlere Grenzabstände (Pet. Geogr. Mitteil. 1890 mit Tafeln), und Penck (I, 123). — [42]) Nach Rohrbach a. a. O., 84 u. 91; Penck (1909, p. 124) gibt etwas abweichende

3. Mit Vorliebe hat man das Mass der horizontalen Gliederung auch dadurch zu erläutern gesucht, dass man die Küsten- (Grenz-) länge eines Gebietes zu seinem Flächeninhalt in Beziehung gesetzt hat, um somit die Küsten-(Grenz-)entwickelung zu bestimmen. Dies kann logisch nicht wohl direkt geschehen, weil man nur geometrische Gebilde derselben Gattung vergleichen kann. Anders, wenn man die Küsten-(Grenz-)länge (L) eines Landes mit dem Umfang einer Figur vergleicht, welche bei gleichem Flächeninhalt (F) den kleinsten Umfang (U) besitzt. Dies ist in der Ebene der Kreis, auf der Kugel die Kugelkappe. Bei Landflächen bis zu 1 Mill. qkm genügt meist die Bestimmung des Minimalumfangs aus dem Kreis[43]).

Wenn es sich für uns auch jetzt nur um die rohe Umrisslinie der Kontinente, nicht um die Küstengliederung im einzelnen handelt (§ 184 und 185), so leiden doch auch in dieser Beschränkung alle Versuche an der grossen Schwierigkeit, diese Umrisslinie zu bestimmen (vergl. S. 255). Bedingung ist also, dass man dieselbe auf Karten gleichen Massstabes und womöglich solcher, die von demselben Kartographen gezeichnet sind, ausmisst, indem dann die Generalisation ziemlich gleichmässig durchgeführt sein wird. Erst auf diese Weise erhält man untereinander vergleichbare Zahlen. Es kann daher nicht verwundern, wenn alle Autoren zu sehr verschiedenen Resultaten gekommen sind. Eine neuere Berechnung der rohen Küstenlänge (L)[44]) ergibt folgende Zahlen:

Werte und wie Rohrbach auch solche für Abstufungen der Meerfernen von 0—250 m, 250—500 m, 500—1000 m u. s. f. — [43]) Der Umfang des Kreises (U), welcher mit einem Gebiet gleichen Flächeninhalt (F) hat, findet sich leicht aus der Gleichung $r^2\pi = F$ oder $4r^2\pi^2 = 4\pi F$ zu

$$U = 2r\pi = \sqrt{4\pi F}. \qquad (1)$$

Die Kugelkappe ist an Flächeninhalt bekanntlich gleich dem mit ihrer Sehne (a) gezogenen Kreise (vergl. S. 233), also $F = a^2\pi$. Ist r der Radius des zugehörigen Grenzkreises, h die Höhe der Kugelkappe, R der Erdradius und $O = 4R^2\pi$ (= 510 Mill. qkm) die Erdkugeloberfläche, so ist nach bekannten geometrischen Beziehungen

$$r^2 = a^2 - h^2 \text{ und } a^2 = h \,.\, 2R \text{ (oder } h = a^2 : 2R\text{), folglich}$$

$$r^2 = a^2 - \frac{a^4}{4R^2} \text{ oder } 4r^2\pi^2 = 4\pi^2 a^2 \left(1 - \frac{a^2}{4R^2}\right) = 4\pi \,.\, a^2\pi \left(1 - \frac{a^2\pi}{4R^2\pi}\right);$$

wird nun $a^2\pi = F$ und $4R^2\pi = O$ eingesetzt, so ist

$$U = \sqrt{4r^2\pi^2} = \sqrt{4\pi \,.\, F\left(1 - \frac{F}{O}\right)} = \sqrt{4\pi F} \,.\, \sqrt{\frac{O - F}{O}} \qquad (2)$$

Der erste Faktor entspricht nach (1) dem Umfang des Kreises (r); man kann also leicht aus dem zweiten Faktor schliessen, von welcher Grenze an man diesen letztern ganz vernachlässigen darf. Ist $F = 1$ Mill. qkm, so ist $O - F = 509$ Mill. qkm, also der zweite Faktor (509 : 510) von 1 wenig verschieden. — [44]) Die Küstenlänge nach Penck (I, 121 und Scobels Handbuch 1909, 123), der sie auf Habenichts Wandkarten der Erdteile (1 : 6 bezw. 1 : 3 Mill.) mass. Eine Nachmessung bei Europa auf der gleichen Karte ergab nur 5 % mehr.

	Flächeninhalt des Festlandes ohne Inseln	Kleinster Umfang U	Rohe Küstenlänge L	Küstenentwickelung $U:L$
Nordamerika	20,0 Mill. qkm	15500 km	75500 km	1 : 4,9
Eurasien	50,7 „ „	23950 „	107800 „	1 : 4,5
Europa	9,2 „ „	10700 „	37200 „[45])	1 : 3,5
Asien	41,5 „ „	21900 „	70600 „[45])	1 : 3,2
Australien	7,6 „ „	9700 „	19500 „	1 : 2,0
Südamerika	17,6 „ „	14600 „	28700 „	1 : 2,0
Afrika	29,2 „ „	18600 „	30500 „	1 : 1,6

Die Küstenentwickelung Nordamerikas ist also z. B. ungefähr $2^1/_2$mal so gross als die der drei südlichen Kontinente. Die Methode gestattet die Einbeziehung der Inseln nicht.

§ 126. Die Gliederung der Ozeane[46]). Die Umrandung der grossen Meeresbecken ist durch die Gestadelinie der Kontinente gegeben. Wo zwei oder mehrere offene Stücke derselben in hohlen Winkeln zusammenstossen, entsteht die Meeresbucht oder der Meerbusen. Wo dagegen Stücke der Festlandsränder sich zu sack- oder schlauchartigen Gebilden zusammenschliessen oder sie an ihren mehr oder weniger zusammengebogenen Enden durch Inselkränze verbunden werden, gliedern sich Nebenmeere ab. Meerbusen und Nebenmeere entsprechen also in gewissem Sinn bei der ozeanischen Gliederung dem, was man bei der kontinentalen Halbinseln und Inseln zu nennen pflegt, und zwar gehören im allgemeinen die Meerbusen zu den angegliederten, die Nebenmeere zu den abgegliederten Meeresteilen.

Was zunächst die Meerbusen betrifft, so bedarf es eines Blickes in die Tiefe des Meeres, um zu erkennen, ob wir es hierbei in Wahrheit mit seitlichen Erweiterungen der grossen Ozeanbecken zu tun haben oder nicht. Wie die meisten Halbinseln durch eine Senkung des Meeresspiegels um rund 200 m verschwinden würden, so auch die grosse Mehrzahl der Ausbuchtungen der Gestadelinie, die man deshalb als Schelfbuchten zusammenzufassen vorgeschlagen hat[47]). Dagegen bleibt eine Minderzahl gewaltiger offener Meerbusen bestehen, die man zumeist den kontinentalen Endländern gegenüberstellen kann. In diesen nimmt die Tiefsee den weitaus grössten Teil der Fläche ein und sie greifen nur mit der innersten Umrandung auf den kontinentalen Sockel über.

Als solche typische offene ozeanische Meerbusen springen uns der Golf von Guinea im W. Afrikas, der Arabische und Bengalische Meerbusen zu beiden Seiten der Halbinsel Vorderindien aus einer die Meerestiefen veranschaulichenden Weltkarte sofort ins Auge (Taf. 6). Ihnen reihen sich drei andere von wesentlich flacherm Küstenbogen an, der Peruanische (auch Golf von Arica genannt) an der Westseite Südamerikas, der von Sansibar an der afrikanischen Ostseite und der südaustralische. Drei weitere von erster Ordnung sind bis heute ohne allgemein anerkannten Namen geblieben, der

[45]) Um die Manytschniederung als Grenze anzunehmen, ist die Pencksche Zahl für Europas Küstenlänge um 700 km gekürzt, und diese sind Asien zugelegt. — [46]) O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie I, 1907, 49 ff., woselbst die Mehrzahl der bisherigen Klassifikationen der Meeresräume einer kritischen Durchsicht unterzogen wird. — [47]) Krümmel a. a. O., 46.

Grosse Busen im S. des Endlandes Alaska (Thinkliten-Bucht?), der westatlantische im O. Floridas und der mehr keilförmig sich verjüngende Golf, der sich zwischen den Sundainseln und Australien ostwärts einschiebt. Wer dem Meeresbecken im O. Australiens nicht den Charakter eines Randmeeres zuerkennen will, wird auch dieses den grossen ozeanischen Meerbusen zurechnen. Die Formen wiederholen sich in kleinerer Gestalt im Golf von Vizcaya an der europäischen Westküste oder in den Golfen von Campeche und Honduras im amerikanischen Mittelmeer sowie der Grabenbucht von Aden. Der offene, tiefe und breite Zugang zum benachbarten Hauptmeer ist also das massgebende; ob im Hintergrund der Umrandung sich eine Lücke zeigt, ist von nebensächlicher Bedeutung, da im morphologischen Sinn zumal letztere immer einer Landschwelle, dem Schelf, angehören wird.

Je nach Umrissgestaltung oder Bodenrelief wird man noch mancherlei Unterarten von Meeresbuchten unterscheiden können, die uns hier, wo wir es mit der grossen ozeanischen Gliederung zu tun haben, weniger beschäftigen. Selbstverständlich fehlt es nicht an Uebergängen der mehr oder weniger geschlossenen Meerbusen zu den Nebenmeeren. Sie lassen es begreiflich erscheinen, warum manche derselben einen Doppelnamen führen und bald als Meer, bald als Meerbusen bezeichnet werden. Das Rote Meer heisst auch der Arabische Golf, das Persische Meer auch Persischer Golf.

Treten sich Gegengestade auf längere Erstreckung in mehr oder weniger parallelem Verlauf nahe gegenüber, so bildet sich das Kanal- oder Zwischenmeer, im allgemeinen eine seltenere Erscheinung im Vergleich mit dem häufigen Fall, dass die gegenseitige Annäherung auf Vorsprünge der Landmassen beschränkt ist, die alsdann eine Meeresstrasse oder eine Meerenge zwischen sich lassen (§ 195).

Zwischenmeere kleinerer Ausdehnung sind „der Kanal“ zwischen England und Frankreich, Skager Rak und Kattegat, der Griechische Archipel. Als wirklicher Teil des Ozeans muss „der Kanal von Mozambique“ gelten. Aehnlichen Gebilden fehlt anderwärts noch der Name überhaupt, so dem Kanalmeer zwischen Timor und Nordaustralien (Timor-See?), oder dem mächtigsten derselben zwischen Grönland und Labrador (Labrador-Meer?). Als Strassenmeer kann füglich das Gewässer des arktischen Archipels im Norden Amerikas bezeichnet werden.

Unter dem Begriff der Nebenmeere fasst man alle von den Ozeanen durch Landvorsprünge, Halbinseln, Inseln und Inselketten schärfer abgezweigten Meeresbecken zusammen. Nur selten wird man sie als Teile des Ozeans ansehen können, welche durch kontinentale Landbildung von demselben abgegliedert sind, wie dies im kleinern Massstabe längs der Küsten allerdings vielfach vorkommt. Zumeist handelt es sich um neugewonnene Erweiterungen des Ozeans. Dies ist teils durch Ueberflutung flacher Partieen der Kontinentaltafel oder des Schelfs geschehen (Ueberspülungs- oder Transgressionsmeere), teils indem ursprüngliche Landschollen in die Tiefe sanken und damit dem eindringenden Meere grösseren Raum gewährten (Einbruch- oder Ingressionsmeere)[48]. Der Boden der Nebenmeere

[48]) Diese sachgemässen Bezeichnungen rühren von A. Penck her (Ausland 1885, 669, Morphologie I, 156) und haben sich schon weithin eingebürgert. Es dient gewiss nicht zur Klärung innerhalb einer im Werden begriffenen wissenschaftlichen Nomenklatur, wenn Autoren, die einen Vorschlag nicht anzunehmen geneigt sind, dieselben Kunstausdrücke im direkt entgegengesetzten Sinn anwenden.

ist demnach im wesentlichen ein Bestandteil des Kontinentalsockels. Je nach Zahl, Breite und Tiefe der diese Nebenmeere mit dem Ozean verbindenden Meeresstrassen wird ihre Selbständigkeit eine mehr oder weniger vollkommene sein.

Wegen der Breite des Zugangs tragen daher einige den Namen der Golfe (Kalifornischer G., St. Lorenz G.), und andere wie das Neuseelandmeer zwischen Australien und Neuseeland gelten manchem überhaupt nicht als Nebenmeer.

Nach dem Gesagten bildet die Lage der Nebenmeere im Verhältnis zu den kontinentalen Massen folgerichtig den obersten Einteilungsgrund in Mittel- und Randmeere. Sind die Becken eingebettet zwischen die grossen Landmassen, die wir Kontinente nennen, so gebührt ihnen der Name des Mittelmeers mit Recht[49]). Wir haben daher in Wahrheit nur vier Mittelmeere auf der Erde, die zugleich die grössten Nebenmeere überhaupt darstellen und je aus einem ganzen System von Einzelbecken zusammengewachsen sind. Dahin gehört das Nördliche Eismeer, mit Unrecht früher den Ozeanen ebenbürtig an die Seite gestellt, das Amerikanische Mittelmeer, das Romanische oder das „Mittelmeer" schlechthin im Süden unsers Kontinents und endlich das Australasiatische. In gewissem Sinne gehört auch das Rote Meer zu dieser Kategorie.

Deutlich sagt der Name des Randmeeres[50]), dass sich eine Seite desselben an eine Aussenseite eines Kontinents anlehnt. Die Vorderseite wird daher durch vorspringende Halbinseln oder Inselkränze vom Ozean getrennt, und dadurch unterscheidet sich das Randmeer vom Golf.

In typischer Form ist die Ostseite Asiens von vier Randmeeren begleitet. Auch die zum Australasiatischen Mittelmeere gerechneten Becken der China See (Südchinesisches Meer) und die Andamanen See (Meerbusen v. Pegu) sind Randmeere. Weniger deutlich treten sie bei Australien auf, doch sind Arafura See, Carpentaria Golf und Bass Strasse im S. als solche aufzufassen. Weniger ausgeprägt ist dieser Charakter bei dem mächtigen Meeresbecken im O. Australiens, das zwar im NO durch Salomonen und Hebriden, im SO durch Neuseeland schärfer umrandet ist, aber im S durch ein breites Tor von bedeutender Tiefe mit den südlichen Gewässern in unmittelbarer Verbindung steht. Bei Europa gehören die Irische See und die Nordsee hierher, im Eismeer die Kara See, bei Amerika der St. Lorenz Golf und der Kalifornische.

Keines der genannten Randmeere ist durch vorgelagerte Kontinentalmassen so stark in das Innere der Kontinente gedrückt wie Ostsee und Hudsons Bai; sie sind Binnen-Randmeere. Als flache Ueberspülungen niedrigen Tafelandes hat man sie auch Pfannenmeere genannt. Auch das Persische Meer kann als Ueberflutung der untern Stufe einer langgestreckten Tieflandsmulde

O. Krümmel (a. a. O. I, 41) nennt „Ingressionsmeere" das, was wir Ueberspülungs- oder Pfannenmeere und mit Penck in fast wörtlicher Uebersetzung hinübergreifende (sc. über den Schelf) oder transgredierende Meere nennen, und setzt jenen die „Einbruchsmeere" gegenüber, die wir gerade als Ingressionsmeere bezeichnen. — [49]) E. Wisotzki, Die Klassifikation der Meeresräume, Programm, Stettin 1883. — [50]) Krümmel, Versuch einer vergleich. Morphologie der Meeresräume, Leipzig 1879.

aufgefasst und dieser Kategorie zugeordnet werden. Scheut man, aus dieser kleinen Gruppe eine eigene Kategorie von Nebenmeeren zu bilden, so kann man die genannten mitsamt dem Roten Meere zu der der „kleinen Mittelmeere" zusammenfassen, da sie sämtlich zwischen Kontinentalmassen eingebettet sind.

Die Gesamtheit der Nebenmeere nimmt unter Ausschluss des ostaustralischen Meeres (Neuseeland See) an Fläche ca. 40 Mill. qkm ein. Hiervon entfallen[51])

		Mittlere Tiefe
auf die vier Mittelmeere	rund 30 Mill. qkm	rund 1300 m
die vier kleinern Mittelmeere	„ 2,3 „ „	„ 180 m
die echten Randmeere (ausserhalb der Mittelmeere)	„ 8,1 „ „	„ 1000 m
	Summa 40,4 Mill. qkm	rund 1200 m

Die geringste Erweiterung (ca. $1\,^1/_2$ Mill. qkm[52]) durch Nebenmeere erfährt der Indische Ozean, die grösste der Atlantische, dem allein drei der grossen Mittelmeere zufallen; denn bei seiner ungleich freiern Verbindung mit dem nördlichen Eismeer wird man nicht umhin können, dieses als einen Teil der gewaltigen die Kontinentalmasse in zwei Hälften gliedernden Furche zu betrachten, als welche wir den Atlantischen Ozean schon erkannten. Auf diese Weise erweitert der letztere seine Fläche um fast $^1/_8$, der grosse Ozean durch die Randmeere an seiner Ostseite nur um $^1/_{12}$, sobald wir das Ostaustralische Becken bereits als integrierenden Bestandteil des Ozeans ansehen. Das Verhältnis, dass der Grosse Ozean so gross ist wie die beiden andern zusammengenommen (§ 123), bleibt jedoch auch jetzt noch bestehen.

Grosser Ozean	180 Mill. qkm	mit 3850 m	Mitteltiefe
Atlantischer Ozean	105,4 „	„ „ 3300 m	„
Indischer Ozean	75 „	„ „ 3900 m	„

§ 127. Die Abdachung der Landoberfläche und die grossen Gebirgsgürtel. Das rinnende Wasser gibt uns im allgemeinen einen ersten Anhaltspunkt, um die Neigung der Festlandoberfläche von der Karte abzulesen, auch ohne dass sie mit Bergstrichen versehen ist. Verfolgt man nun die grossen Ströme bis zu ihrem Ursprung oder zu den Regionen, wo die Gefällsrichtung der Flusslinie wechselt, um somit Linien der grossen Wasserscheiden zu ziehen, so ergibt sich sofort ein Hauptgegensatz. Fast $^4/_5$ der heutigen Landoberfläche dacht sich zum Ozeane ab, während der Rest, etwa 30 Mill. qkm, seine Gewässer in abgeschlossenen Becken sammelt. Dies sind die abflusslosen Gebiete oder Wannenlandschaften der Erde[53]). Hier tritt nun die Eigenschaft des Atlantischen Ozeans als des grossen innern Meeres besonders deutlich zu tage. Denn mehr als die Hälfte der trocknen Landfläche dacht sich demselben zu, wogegen dem Grossen Ozeane nur $^1/_7$, dem Indischen nur $^1/_8$ tributär sind. Man hat die Umrahmung des atlantisch-arktischen Gebiets als Hauptwasserscheide der Erde bezeichnet[54]).

---

[51]) S. Näheres in § 203. — [52]) Persischer Golf (233 000 qkm), Rotes Meer (458 000) und Andamanen Meer (800 000). — [53]) Penck I, 185. — [54]) v. Tillo in Pet. Mitt. 1887, 101 und 1889, 24.

Sehen wir von dem antarktischen Kontinent ab, so gliedert sich die Abdachung der Erdoberfläche (mit Einschluss der Meere) demnach etwa wie folgt[55]):

Pazifische Abdachung	200 Mill. qkm	oder	40,3 %
Atlantische Abdachung	175 „	„	„	35,3 „
Indische Abdachung	91 „	„	„	18,3 „
Binnengebiete	30 „	„	„	6 „
Summa	496 Mill. qkm	oder	100 %.

Es erreicht also das atlantische Sammelbecken fast dasjenige des pazifischen. Die abflusslosen Gebiete sind verhältnismässig klein in Nord- und Südamerika (ca. je 1 Mill. qkm), sie wachsen dagegen zu gewaltiger Ausdehnung längs eines grossen Gürtels, der sich durch Nordafrika über Arabien zu dem zentralasiatischen Hochland hinzieht und die mächtige aralokaspische Tieflandssenke mit umfasst. Diese Zone fällt also annähernd zusammen mit dem grossen Wüsten- und Steppengürtel der Erde (Atlas, Taf. 8). Ebenso gehört die innere Hälfte Australiens (4 Mill. qkm) geschlossen zu diesen Wannenlandschaften. Keineswegs verläuft die grosse Wasserscheide der Erde durchweg längs der höhern Erhebungen der Erdrinde. Dies ist im Grunde nur in Amerika der Fall; niedrige Bodenanschwellungen trennen vielmehr durchschnittlich die Binnengebiete der alten Welt und Australiens von den dem Ozean zugeneigten Flächen.

Dagegen tritt uns ein anderer wichtiger Gegensatz aus der Gebirgskarte der Erde entgegen. Fast alle grössern und höhern Gebirgsketten ordnen sich unschwer einem doppelten Gürtel unter. Der eine bildet die gesamte Umkränzung des Grossen Ozeans, und zwar in geschlossenem Verlauf längs der Westseite des amerikanischen Kontinents, dagegen in Inselguirlanden aufgelöst auf der Ostseite der alten Landfeste. Hier lässt sich derselbe über Neuguinea bis Neuseeland verfolgen. Der andere Gürtel ist fast senkrecht auf den ersten gestellt. Ihm gehören die Gebirge der Antillen und von Venezuela an, und innerhalb der alten Welt setzt er sich in ununterbrochener Folge eines westöstlichen Verlaufs aus dem nordafrikanischen Atlas, den Gebirgen Südeuropas und Vorderasiens nebst Tienschan und Himalaja zusammen, bis er in Hinterindien streng nach Süden umbiegt und längs der Sundainseln sich dem grossen pazifischen Gürtel anschart.

Hier sind wir gezwungen, die blosse Anschauung der Erdkarte, die uns bisher die groben Züge des Erdantlitzes kennen lehrte, zu unterbrechen. Es bedarf erst einiger Winke über den innern Aufbau der Erdrinde, um den Zusammenhang zwischen dem Material und den Einzelformen der Landoberfläche zu verstehen. Dann erst lassen sich die Gebiete ausserhalb beider Zonen junger Kettengebirge in verständlicher Weise zu grossen Einheiten zusammenfassen, bei denen Plastik und gleichartiger Bau zugleich zur Geltung kommen.

[55]) Die Areale der Landabdachungen sind hier nach Pencks Berechnungen (I, 189) angenommen und den obigen Arealen der Ozeane hinzugefügt. Vergl. die Karte der Stromgebiete der Erde in flächentreuer Projektion in Berghaus, Phys. Atlas, Abt. II, Taf. 1.

Kapitel II. Das Festland.

I. Innerer Aufbau der Erdrinde.

§ 128. Gesteinsbildung[1]. Unter der grossen Mannigfaltigkeit vorkommender Mineralien interessieren den Geographen einerseits die gebirgsbildenden Felsarten mit ihren Verwitterungsprodukten, andererseits die nutzbaren Mineralien. Für jetzt haben wir es nur mit erstern zu tun, die wir schlechtweg als „Gesteine" bezeichnen. Zu ihnen gehören alle die Bildungen, die durch ihre Ausbreitung und Mächtigkeit sich in hervorragendem Masse am Gesamtbau der Erdrinde beteiligen.

1. Auf vierfache Art sehen wir unter unsern Augen neue „Gesteine" sich bilden. Einerseits quellen feuerflüssige Massen aus tätigen Vulkanen hervor, um im Laufe von Jahren langsam zu erkalten und zu erstarren, andererseits schichten sich auf mechanischem Wege von Wind oder strömendem Wasser zusammengetragene Staubteilchen, vulkanische Aschen, Schlamm und Sandmassen, Gerölle und Geschiebe aufeinander, allmählich sich verschiebend und verfestigend. Oder es schlagen sich drittens die im Wasser chemisch gelösten Substanzen wie Salze, Kalke, Kieselsäure, nieder. Dies geschieht im Meer zum grossen Teil indirekt durch Mitwirkung der Organismen; organogene Gesteine nennen wir daher eine vierte Gattung von Bildungen. Ungemein bedeutend muss die Anhäufung am Meeresboden durch die absterbenden Reste der Milliarden kleiner und grosser Seetiere sein, welche einem Regen gleich unausgesetzt auf jenen herabsinken, auf diesem Wege aber z. T. beträchtlichen Umbildungen und Zersetzungen unterliegen. Dazu tritt der Aufbau der Korallenfelsen durch lebende und höher organisierte Tiere und das Anwachsen des Torfbodens durch absterbende Pflanzenreste. Genau die gleichen leicht überschaubaren Vorgänge haben in früheren Perioden der Erdgeschichte die Felsarten gebildet, die uns jetzt meist zu ausserordentlicher Härte erstarrt oder verfestigt in grosser Mannigfaltigkeit der mineralogischen Zusammensetzung, Struktur und Lagerung entgegentreten. Je älter sie sind, um so mehr müssen sie daneben jenen Umgestaltungen ausgesetzt gewesen sein, welche bei Berührung mit feuerflüssigen oder äusserst erhitzten Gesteinen oder bei gewaltigem Druck auf chemischem oder mechanischem Wege unvermeidlich sind (metamorphosierte Ge-

[1] Joh. Walther, Lithogenesis der Gegenwart, 1894; Löwl, Die gesteinsbildenden Felsarten, 1893; F. Rinne, Praktische Gesteinskunde, 3. Aufl., Hannover 1908; H. Weinschenk, Gesteinsbildende Mineralien, 2. Aufl., 1907.

steine). Der Hauptgegensatz besteht also bei den gesteinbildenden Felsarten, zu denen man selbstverständlich auch alle die lockern Bodenbedeckungen, wie Dünensand, Löss, Bergschutt und eiszeitliches „Geschiebe" zu rechnen hat, darin, dass die einen ihren Ursprung aus dem Erdinnern herleiten, die andern sich durch Anwachsen von äussern Auflagerungen bilden.

2. Ausbruchs- oder Eruptivgesteine. Man nennt die aus dem Erdinnern hervorquellenden oder ausgeworfenen Massen Eruptiv- oder Ausbruchsgesteine (Durchbruchsgesteine), für welche es kennzeichnend ist, dass sie stets auf den von ihnen durchbrochenen Gesteinen auflagern.

Solche sind in allen Zeitaltern hervorgedrungen und ihre verschiedene mineralogische Zusammensetzung — Ausbruchsgesteine bestehen stets aus zahlreichen, durch ein Bindemittel verkitteten Krystallen — muss, wie es scheint, nicht so sehr auf das Alter ihrer Entstehung an sich als auf den Umstand, dass die ältern in weit grösserer Tiefe langsam erstarrt sind, zurückgeführt werden.

Irgend welche Druckkräfte, vielleicht durch das Herabsinken einzelner Schollen der Erdrinde auf das darunter befindliche Magma hervorgerufen, haben die eruptiven Massen an Stellen, an denen die Erdrinde schwächern Widerstand bot, wie am Rande und in den Rissen jener Schollen, emporgepresst. Diese Gesteine treten daher in den ältern Perioden fast allein in der Form von schmalen, langgestreckten Gängen und Spaltausfüllungen oder in Stöcken mit mehr oder weniger kreisrundem Querschnitt auf, hie und da von dem Stock sich seitwärts zwischen die Schichten der begrenzenden Gesteine einschiebend und dort also linsenförmige Körper (sog. Lakkolithen) bildend. Wir würden von diesen ältern Ausbruchsgesteinen nur selten etwas erfahren, wären sie nicht durch die Abtragung der sie überdeckenden Gesteine in zahlreichen Fällen aufgeschlossen und blossgelegt. Die jüngern Eruptivgesteine haben meist das überdeckende Erdreich völlig durchbrochen und sich dann dachförmig in Strömen oder deckenförmig nach allen Seiten hin über dasselbe ausgebreitet. Das Gleiche kann man noch an den heutigen Vulkanen mit ihren Lavaergüssen beobachten.

Die einzelnen Eruptivgesteine dringen zugleich als derbe Massen hervor, in denen kein Wechsel der Lagerung zu beobachten ist, weshalb man sie als Massengesteine bezeichnet. Allerdings haben einige wie z. B. der Granit, die Eigentümlichkeit, in mächtigen Bänken zu zerklüften, welche dann bei der Verwitterung, die in senkrechten Spalten zuerst beginnt, auf dem Rücken des festen Granitstocks grosse Steinpolster zurücklassen. Der Basalt zerklüftet ähnlich in sechskantigen Säulen bei der Erstarrung, aber eigentliche Schichtung in Form horizontaler Schichtungsflächen fehlt ihnen ihrem Ursprung gemäss.

3. Absatz- oder Sedimentgesteine. Ganz anders geht die Bildung derjenigen Gesteine vor sich, die an der Aussenseite der festen Erdoberfläche, sei es auf dem trocknen Festland durch den Wind zusammengetragen, also „subäerisch", sei es unter Wasser durch fortgesetzte Auflagerung neu aus der Ferne zugeführter Stoffe ent-

stehen, die Sediment- oder Absatzgesteine. Weitaus die Mehrzahl derselben zeigt deutliche Schichtung, weshalb sich der etwas engere Name Schichtengesteine gegenüber dem der Massengesteine eingebürgert hat. Dünen werden zumeist nur zu mächtigen Sandhaufen ohne Schichtung zusammengeweht, die Ablagerung in dünnen oder dickern Schichten hebt sich im übrigen durch Wechsel der Färbungen oder auch des Materials der Absätze ab, welcher aus der periodisch wechselnden Zufuhr der letztern herrührt.

So lösen sich hellere Sand- und dunklere Schlammlagen im Sediment der Flüsse ab; es müssen, um ein leicht zu beobachtendes Beispiel herauszugreifen, auf Perioden ausschliesslicher Ablagerung von kalkbildenden Foraminiferengehäusen, wie sie die weisse Schreibkreide zusammensetzen, andere gefolgt sein, in denen auf den nämlichen Meeresboden vorwiegend Reste von Kieselschwämmen und Radiolarien herabsanken, die chemisch zu harten Feuersteinknollen umgewandelt nun die zwischengelagerten Bänke im Kreidefelsen bilden.

Die meisten Schichtengesteine sind auf mechanischem Wege als sog. klastische Gesteine oder Trümmergesteine entstanden. Solche sind, wie Sande, Gerölle, flachgerundete „Geschiebe" reine Oberflächenbildungen. Zu Felsgesteinen werden sie erst durch ein verkittendes Bindemittel. Das feste Felsgestein, das unter losen Schutt- und Geröllmassen hervorschaut, nennen wir das „anstehende Gestein". Sand- und Tongesteine enthalten meist nur feinkörniges Material von Quarzkörnern bezw. kieselsaurer Tonerde und lagerten sich im ruhigen Wasser ab oder verdanken, wenn auf dem trocknen Lande entstanden, zusammentragenden Winden ihren Ursprung. Sind gröbere Geschiebe und Gerölle verkittet, so bezeichnet man die Gebilde als Konglomerate. Sie sind aus Schuttmassen entstanden, welche mächtige Ströme dem Strande einstiger Meere zugeführt haben und daher leicht als Strandbildungen zu kennzeichnen. Ungleich schwieriger ist es, bei See- und Meeresablagerungen zu entscheiden, ob man es mit Flach- oder Tiefseebildungen zu tun hat. In erster Linie sind hierbei die eingeschlossenen Fossilien massgebend, keineswegs etwa die Dicke der abgelagerten Schicht, wie man in Laienkreisen es annimmt (s. u.).

Die Schwierigkeit liegt in der Frage, ob gewisse Tiere, deren Reste uns erhalten sind, in der Tat durchweg nur als Tiefseebewohner existieren können, oder ob sie sich nicht im Laufe der Jahrtausende andern Lebensbedingungen anzupassen vermögen. Dieser Punkt ist auch von besonderer Wichtigkeit in betreff der Organismen, welche als ursprünglich echt marine auch in allmählich schwach salzigen Gewässern — im sog. Brackwasser — fortleben, um dann im Laufe von Generationen selbst vor dem Süsswasser nicht völlig zurückzuweichen. Im allgemeinen ist aber die echt marine Fauna von der lakustren, d. h. die Meerablagerung von der Süsswasser- bezw. Binnenseeablagerung deutlich zu unterscheiden. Die Reste fehlen jedoch nicht selten und man muss von andern Kennzeichen ausgehen. Ohne auf diese schwierigen Punkte hier näher einzugehen, mag nur darauf hingewiesen werden, dass man neuerdings besonders Sand- und Tongesteinsbildungen als „kontinentale", d. h. durch Flussanschwemmungen oder Windablagerungen erzeugte zu betrachten geneigt ist, welche man bisher ausschliesslich als solche marinen Ursprungs ansah.

Endlich ist noch wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass das Material zur Bildung jedes Sedimentgesteins, soweit es sich nicht um Niederschläge von reinen Meeresbildungen organischer Natur handelt, selbstverständlich stets den mehr oder weniger benachbarten Kontinentalgebieten entnommen sein muss. Die gewaltigen Ablagerungen, die uns in den Sedimenten begegnen, lassen uns also indirekt schliessen auf die Grösse der Abwaschung und Abtragung, welche bereits trocken gelegte und zu Gebirgen und Hochländern aufgerichtete Landgebiete in den verschiedenen Zeitaltern erfahren haben müssen, um das Material zu Neubildungen abzugeben.

§ 129. Gesteinslagerung[2]. Die Dicke oder „Mächtigkeit" der Einzelschicht, wie einer ganzen Schichtengruppe, ist eine ausserordentlich verschiedene. Sie steigt nicht selten auf hunderte von Metern und zeigt dadurch, welche gewaltigen Zeiträume zu ihrer Ablagerung erforderlich waren. Flachseeablagerungen von bedeutender Mächtigkeit konnten sich nur dann bilden, wenn neben der Auflagerung ein allmähliches Sinken der fraglichen Erdscholle nebenher ging.

Wo keine spätere Störung der Lagenverhältnisse eingetreten ist, ruht stets die jüngere Bildung auf der ältern. Man nennt das aus einheitlichem Material aufgebaute Einzellager ein Flötz, das Gestein, auf welchem es ruht, sein „Liegendes", dasjenige, welches es überdacht, sein „Hangendes", ihre das Flötz einschliessenden Flächen die Schicht- oder Grenzflächen. Verjüngen sich Schichten nach einer Richtung, so „keilen sie sich aus"; brechen sie plötzlich an einem andern Gestein oder an der Erdoberfläche ab, so zeigen sich hier ihre „Schichtenköpfe" (Fig. 61), gleichviel in welcher Richtung der Querschnitt die Grenzflächen dabei durchschneidet.

Die Lagerung der Gesteinsmassen zu verfolgen ist nun (neben der verschiedenen Härte des Materials, s. § 136) für den Geographen die erste und wichtigste Aufgabe, um die äussern Formen der Erdoberfläche mit dem innern Bau gedankenvoll zu verknüpfen.

Beobachten lässt sich die Lagerung im allgemeinen nur an natürlichen oder künstlichen „Aufschlüssen" (Erdrutsche, Flussuferauswaschungen, Flussdurchbrüche, Bergstürze, Wegedurchschnitte, Steinbrüche, Tunnel etc.), also an oft weit von einander entfernten Punkten, und es erfordert grosse Uebung, den Lagerungsverlauf der Gebirgsschichten hieraus für grössere Strecken vermutungsweise abzuleiten[3]. Zur Veranschaulichung ist die seitliche Ansicht unbedingtes Erfordernis. Neben der Abbildung des einzelnen Aufschlusses spielt dabei das schematische Profil, der ideale Querschnitt durch den Boden die Hauptrolle. Man darf beim geologischen Profil niemals vergessen, dass es im allgemeinen nicht, wie beim geographischen Profil, das Ergebnis wirklicher Vermessung ist, sondern nur die Vorstellungen seines Urhebers auf Grund von Schätzungen und

[2]) Vergl. neben den in § 116 genannten Werken auch das für das Studium fremdsprachiger Literatur nützliche Werkchen von Margerie und Heim, Die Dislokationen der Erdrinde, Zürich 1888 (Synonyme in 3 Sprachen). — [3]) S. Näheres bei v. Richthofen, Anfertigung geol. Karten und Profile in Neumayers Anleitung (s. oben § 116) II, 1888, 137—144, 3. Aufl. 1905 I, 225—232; K. Keilhack, Praktische Geologie 1896, Kap. 16—30.

Schlüssen wiedergibt. Auch wo es sich um genauere geologische Profile handelt, pflegt dasselbe willkürlich, also nicht nach bestimmtem Verhältnis überhöht zu sein [4]). — Für unsern Zweck handelt es sich aber noch darauf hinzuweisen, dass für den Geographen beim Studium geologischer Literatur der Verfolg der Gesteinslagerung, besonders der Richtung des Streichens und Fallens (s. u.) hervorragendes Interesse hat und er also Werke und Arbeiten, die diese Gesichtspunkte in den Vordergrund rücken, in erster Linie zu Rate zu ziehen hat.

Der Entstehung gemäss wird die ursprüngliche Lage der Absatzgesteine eine annähernd horizontale oder schwebende (wie der Bergmann Flächen von geringerer Neigung als etwa 15° nennt) sein. Sind sie durch Bewegungen der Erdrinde, sog. tektonische Vorgänge, wie durch Absenkung, Aufbiegung, Faltung u. s. f. in eine schiefe (geneigte) Lage gebracht, so nennt man sie gestört oder disloziert; mit einem bergmännischen Ausdruck bezeichnet man die rein wagerechte Schichtenstellung als „söhlige", die senkrechte als „saigere".

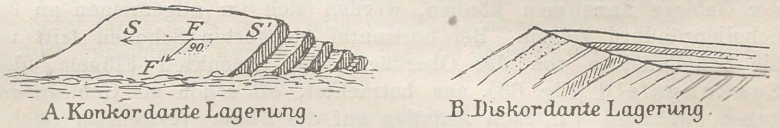
Ueber die Stellung gestörter Schichten gibt ihr Streichen und Fallen Rechenschaft. Die Streichungsrichtung wird durch den Winkel bestimmt, den eine längs der Schicht-(Grenz-)fläche gezogene Horizontallinie (Streichungslinie (Fig 61 *SS'*) mit der Meridianrichtung macht. Die Fallrichtung, welche die Neigung der Schicht gegen die Horizontalebene angeben soll, wird durch den Winkel gemessen, den die auf der Streichungslinie senkrecht gezogene Falllinie (Fig. 61 *FF'*) mit der Horizontalebene macht.

Zur Bestimmung beider in der Natur bedient man sich des Kompasses. Der bergmännische Kompass pflegt jedoch nicht nach Graden, sondern nach Stunden (je 15°), und zwar widersinnig, d. h. linksherum, eingeteilt zu sein, sodass Ost und West vertauscht sind, um die Streichungsrichtung direkt ablesen zu können, wenn man die Nordsüdlinie des horizontal gehaltenen Kompasses der Streichungslinie parallel stellt. Ein flaches Senkel, welches auf der Scheibe mit besonderer Kreiseinteilung einspielt, gibt alsdann bei senkrecht gehaltenem Kompass die Fallrichtung an. Um bei ebener Oberfläche die Nordsüdlinie parallel der Fallrichtung stellen zu können, besitzt das Kompassgehäuse einen geeigneten Vorsprung oder ist mit rechtwinkeligen Kanten versehen. — Die Mächtigkeit der Schicht wird stets durch eine zur Grenzfläche senkrechte Linie gemessen. Das ist bei Aufschlüssen leicht, sobald diese die Grenzflächen annähernd senkrecht schneiden; in anderen Fällen bedarf es einer einfachen Reduktion, sobald man — und hierin liegt die Schwierigkeit — die Neigung zwischen der verdeckten Grenzfläche und dem aufgeschlossenen Querschnitt direkt bestimmen kann. — Verwickelter ist die Aufgabe, aus fertigen geologischen Karten, die uns ja den Schnitt der Grenzflächen zweier Gesteinsschichten oder -gruppen mit der Erdoberfläche nur in der üblichen kartographischen Horizontalprojektion darstellen, die Streichungsrichtung, den Fallwinkel und die Mächtigkeit der Lager zu berechnen. Es handelt sich dabei freilich immer nur um einfache stereometrische Aufgaben, nämlich Berechnung von Neigungswinkeln verschiedener Ebenen. Die Geologen begnügen sich meist mit rohen Schätzungen aller dieser Verhältnisse [5]).

[4]) Mit Recht eifert v. Fritsch, Allg. Geologie 1888, 71 ff., im Abschnitt „Geologische Profile" gegen die fast ausschliessliche Anwendung der überhöhten Profile und ihre Folgen. — [5]) Höchst selten begegnet man in Hand- und Lehrbüchern der Geologie der Behandlung dieser (kartometrischen) Aufgaben. Eine Ausnahme macht v. Fritsch, der (Allg. Geol. 1888, 59—70) die wichtigsten ausführlich und anschaulich vorführt.

Für die Beurteilung des relativen Alters benachbarter Schichten ist ihre gegenseitige Lagerung massgebend. Gleichförmig oder konkordant nennt man diese, wenn die Schichten annähernd parallel übereinander liegen. Die Fallrichtung ändert daran nichts (Fig. 61 A). Gleichviel, ob sie sich horizontal ausbreiten, geneigt oder gebogen sind oder senkrecht stehen, — man muss annehmen, dass konkordante Schichten überhaupt nicht oder gegebenen Falls von den gleichen Störungen betroffen sind. Anders, wenn eine Schicht sich in anderer Neigung an eine zweite Schichtenreihe anlehnt oder über deren Schichtenköpfe hinwegstreicht und somit die gegenseitige Lage eine ungleichförmige oder diskordante wird. In solchem Fall (Fig. 61 B) wird man die an- oder übergelagerte Schicht von geringerer Neigung

Fig. 61 A. B.

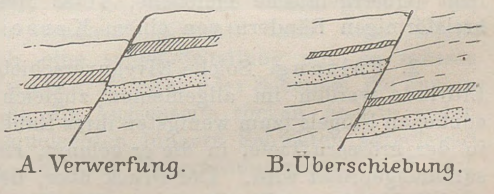


oder Biegung als die jüngere ansehen müssen, die sich erst bilden konnte, als die ältere bereits gestört war. In sehr vielen Fällen greifen jüngere Ablagerungen weit über ältere stark aufgefaltete oder dislozierte Schichten hinüber. Man spricht dann von einer Transgression der einstigen Meere, aus denen sich jene jüngern Schichten absetzen, und beschränkt den Ausdruck gern auf die Fälle, wo die mittlern Bildungen der Erdrinde zwischen beiden fehlen, wo also z. B. nach einer langen Festlandsepoche ohne Neubildungen das Meer wieder vorgedrungen ist und Absätze geliefert hat.

§ 130. Störung der Lagerung (Dislokation). Die beiden Hauptformen geotektonischer Störungen (Dislokationen) sind einerseits die Verwerfung oder der Bruch und andererseits die Faltung.

1. Bruch. Bildet sich ein Spalt im Erdreich, so gerät nicht selten ein „Flügel" des gebrochenen Rindenstücks ins Gleiten und Sinken, wodurch ursprünglich zusammenhängende Massen oder Schichten in verschiedenes Niveau, meist auch in ungleichförmige Lage gelangen. Besonders häufig ist dies bei grössern Spaltbildungen zu beobachten, wo ganze Gebirgspartieen in die Tiefe sinken und die Schichtenköpfe des stehengebliebenen Flügels an den Spaltenwänden zum Vorschein kommen (Fig. 62). Oder es rutscht ein Flügel teilweise längs der schiefen Fläche der Fuge, die man kurzweg als „Verwerfung" bezeichnet, unter den andern Flügel herab, wodurch dasselbe Bild hervorgerufen wird, als sei der eine Teil auf den andern hinaufgeschoben. In der Tat muss eine solche „Ueber-

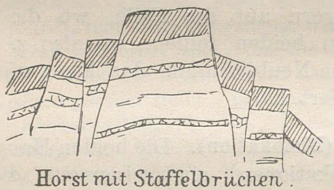
Fig. 62.



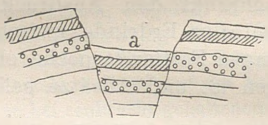
schiebung" für einzelne Fälle auch unmittelbar angenommen werden (Fig. 62). In allen diesen Fällen spricht man von Brüchen oder Verwerfungen. Das Charakteristische ist also, dass sie im wesentlichen durch Vertikalverschiebungen hervorgerufen sind. Die Sprunghöhe oder der vertikale Unterschied der verworfenen Gesteine ist oft für das Auge des Laien unmerklich, erhebt sich aber nachweislich in vielen Gegenden auf Hunderte, ja Tausende von Metern, wodurch es erklärlich wird, dass nicht selten Schichten- und Massengesteine gänzlich verschiedenen Alters hart nebeneinander und in das gleiche Niveau zu liegen kommen. Das rings von solchen Sprüngen umgebene Landstück heisst eine Scholle und ein aus einzelnen Schollen zusammengesetztes Land ein Schollenland.

Auffallende Unebenheiten des Bodens, die selbst die Eigenart der Gebirge annehmen können, werden sich im allgemeinen an den Schollenrändern zeigen. Bei horizontal gelagerten Schollen tritt uns die Schollenstufe von der Oberfläche des gesenkten Flügels, dem Senkungsfeld (Fig. 63), aus betrachtet, oft schon als Gebirge entgegen, während wir nach Aufstieg auf die Platte von einem solchen nichts bemerken. Ist ein Stück der Erdrinde stehen geblieben, während rings um dasselbe die Rindenteile herabgesunken sind, so bezeichnet man das erstere wohl als Horst (Fig. 63, Horst von Staffelbrüchen

Fig. 63.



Horst mit Staffelbrüchen.



a Senkungsfeld.

umgeben). Ob ein solcher vorliegt, kann immer nur die unmittelbare Beobachtung feststellen und sehr selten aus der Karte erkannt werden. Dagegen heben sich unter den Senkungsfeldern die beiden Hauptformen zuweilen schon von der orographischen Karte ab. Bei parallelen Rändern eines solchen spricht man von einer Grabenversenkung, wie sie in zahlreichen Fällen der Bildung von Seen und Tälern zu grunde liegt (Oberrheinische Tiefebene, Totes Meer), bei mehr oder weniger kreisförmigen Rändern von einem Kesselbruch.

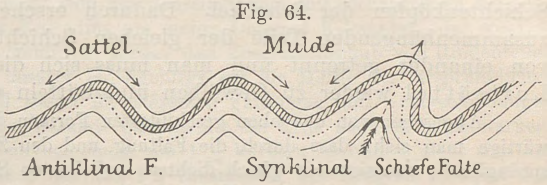
2. Faltung. Solche Niveauverschiebungen zwischen Stücken der Erdrinde werden im allgemeinen zugleich mit einer Biegung des gesunkenen Flügels (zum wenigsten ihres Randes) verbunden sein, da dieser in der grössern Tiefe, in die er gelangt, zumeist auf kleinern Raum zusammengepresst wird. Der Druck aber, den ein solches Stück der Verwerfungsklüfte auf die Wände ausübt, pflanzt sich naturgemäss seitlich fort und beginnt auch die stehen gebliebenen Teile der Erdrinde aufzufalten, falls deren Gesteinsarten noch plastisch genug sind, um

solchem Druck nachzugeben, oder dieser Druck gross genug ist, die Widerstände zu überwinden.

In diesem seitlichen, also zur Erdoberfläche tangentialen Druck erkennen wir heute die Hauptursache der Schichtenfaltung, wie die Entstehung ganzer Faltengebirge. In der Tat sehen wir die Schichten unserer grossen Gebirge vielfach zu steilen Falten auf kleinern Raum zusammengeschoben und vermögen in ihrer Umgebung gewöhnlich festere Erdschollen zu entdecken, welche hierbei als Widerlager gedient und also mittelbar eine stärkere Auffaltung veranlasst haben, als die gleichen Gebirgszüge sie anderwärts ohne solche Widerstände erfuhren. Auf seitlichen Druck sind auch die immer häufiger beobachteten Ueberschiebungen ganzer Gebirgsteile über andere längs den geneigten Kluftflächen zurückzuführen. Ebenso beobachtet man gerade innerhalb von Faltengebirgen, dass hervorgebrochene Schollen horizontal längs eines mehr oder weniger senkrechten Bruches gegeneinander verschoben werden, ohne dass sie dabei in ein anderes Niveau gelangen (Blattverschiebung).

Bei gebogenen Schichten unterscheiden wir Sättel und Mulden, je nachdem die Biegung nach aussen erhaben oder hohl ist. Die Schichtenstellung der Schenkel oder Flügel, welche einen Sattel bilden, heisst antiklinal, weil sie vom Scheitel des Sattels abfallen (Fig. 64); die Mulde dagegen wird stets von synklinalen, d. h. nach der Mittellinie zu geneigten Schichtenflächen, gebildet. Nicht selten ist die Faltung eine so schwache, dass man die Schichtenstellung von der ebenen oder schwebenden Lage kaum unterscheiden kann und nur durch Auffindung eines Gegenflügels auf eine Sattel- oder Muldenstellung aufmerksam wird. Die Krönung des Sattels bildet das Gewölbe, ein Name, den man gern bei schwach gebogenen Schichten anwendet, während man sonst vom Sattelkamm spricht. — Bei stark zusammengepressten Falten kommen umgekehrt die Schichten beider Falten in annähernd parallele Lage (isoklinale oder monokline Lage), und bei noch höherer Pressung ereignet es sich, dass die zusammengeschobenen Falten nach oben und unten, wo der seitliche Druck geringer ist, fächerförmig auseinander weichen. Nimmt dann eine solche stark gequetschte Falte noch eine schiefe Stellung ein, so müssen notwendig im obern (überkippten) Flügel oder Schenkel die innern und somit ältern Schichten an die Aussenseite rücken und in widersinniger Weise auf die eingequetschten jüngern Schichten aufgelagert erscheinen (Fig. 65). Ueber die neue Ueberfaltungstheorie s. § 162.

Fig. 64.



3. Als eine Art von Mittelbildung zwischen Faltung und Bruch hat man auch noch die Flexur (Tafelabbiegung) unterschieden. Hierbei tritt zwischen einem stehengebliebenen und einem absinkenden Flügel

keine volle Zerreissung, sondern mehr eine Dehnung (Zerrung) ein. Die Folge wird im allgemeinen eine Verdünnung der Schichten an Stelle des bei weiterem Sinken unvermeidlichen Bruches oder der Verwerfung sein. Man hat es also dabei bereits mit gebogenen Schichten zu tun,

Fig. 65.

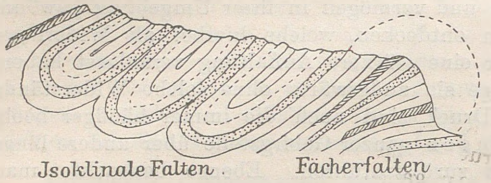
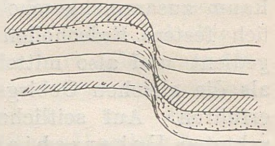


Fig. 66.



ähnlich wie dies auch bei der Aufbiegung oder Schleppung des Schollenrandes eines einsinkenden Rindenstücks eintritt (Fig. 66).

Stark gefaltete Gebiete finden sich fast ausnahmslos bei ältesten Gebirgsarten, an deren Oberfläche, wie besonders den Sättelkämmen, die Abtragung häufig schon weite Fortschritte gemacht hat. Daher begegnet man an deren Aussenseite nur selten mehr den Schichtenflächen der sie zusammensetzenden Schichten, sondern allein den Schichtenköpfen der Schenkel. Dadurch erscheinen die ursprünglich zusammenhängenden Teile der gleichen Schichten räumlich oft weit von einander getrennt und man muss sich dieselben durch die sog. Luftsättel wieder zu Gewölben und Sätteln ergänzen (Fig. 65).

Abgesehen von den oben geschilderten Formen des innern Baus vergegenwärtige man sich, dass durch die Faltung und den Zusammenschub in die ursprünglich voraussichtlich gleich dichten und harten Schichten ein Unterschied gebracht worden ist. In einem Fall handelt es sich um eine Dehnung, im andern um ein Zusammenpressen auf kleinern Raum. Im allgemeinen gehört der Sattelkamm zu den mehr gedehnten, die Muldenbiegung zu den verdichteten Schichten eines Faltensystems; der erstere wird also den Angriffen der Atmosphärilien und der Abtragung geringern Widerstand entgegenstellen, was uns bei der Talbildung weiter beschäftigen muss.

§ 131. Ursachen der Rindenverschiebung[6]. Ueber den Mechanismus der eben geschilderten sog. tektonischen Vorgänge, die man kurzweg wohl auch als „Gebirgsbau" zusammenfasst, sind wir heute noch vielfach im Unklaren, und solange die Einzelerscheinungen nicht überzeugend aus den Anschauungen heraus erklärt sind, welche man sich über die Ursachen der Krustenverschiebungen gemacht hat, ist es begreiflich, dass auch die bestechendste Theorie ihre nüchternen Gegner findet.

Sicher ist, dass sich in der Gesamtauffassung über die hier in Betracht kommenden Vorgänge ein völliger Umschwung gegenüber den

[6]) Vergl. eine kurze Vorführung der meisten neuern Theorien bei Penck I, 1894, 449 ff., und besonders in Rudolphs Berichten, Geogr. Jahrb. XVI, 1893, XIX, 1895 und XXI, 1898, XXX, 1907. Vergl. auch Kaysers Lehrb. d. allg. Geologie I, 4. Aufl., 1912, 799—812; V. Uhlig, Ueber Gebirgsbildung, Vortrag, Wien 1904.

Zeiten der sog. Elevationstheorie, wie sie durch Alexander von Humboldt, Leopold von Buch u. A. in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts verkörpert war, vollzogen hat. Nach dieser ward der Spannkraft der im Erdinnern eingeschlossenen heissen Dämpfe die alleinige Rolle der die grossen Unebenheiten der Erdoberfläche erzeugenden Kraft zugesprochen. Sie ist zu Fall gebracht, als man erkannte, dass die Vulkane sich nur durch Aufschüttung von innen nach aussen auftürmen (§ 134).

Die Mehrzahl der Forscher auf diesem Gebiet sieht vielmehr heute in der Abkühlung der Erde die letzte Hauptursache der Schrumpfungen an der Erdoberfläche, weil mit der Abkühlung des Kerns naturgemäss eine Schrumpfung der äussern Erdrinde[7]) verbunden sein müsse (Kontraktionstheorie). Das tatsächliche Vorhandensein von mehr oder weniger stark gebogenen oder in förmliche Falten gelegten Schichtengesteinen, die ursprünglich nur durch allmähliche horizontale Auflagerung kleiner und kleinster Gesteinspartikel gebildet sein können, beweist zunächst, dass Teile der Erdrinde früher einen nicht unbeträchtlich grössern Flächenraum eingenommen haben müssen als heute.

Begegnen die Versuche, den Betrag dieser Verkürzung des Querschnitts gefalteter Schichten, die ein Gebirge zusammensetzen, im einzelnen zu schätzen[8]), auch noch Zweifeln, so scheint sich aus denselben doch mit Sicherheit zu ergeben, dass eine Verkürzung des Erdradius um einige Dutzend Kilometer oder weniger als 1% (= 64 km) schon genügen würde, den Zusammenschub von Rindenteilen der Erde von der Breite unserer Hochgebirge auf die Hälfte der ursprünglichen Horizontalausdehnung und damit die stärksten Faltungen und Ueberschiebungen zu erklären. Nicht dass der gesamte Querschnitt der Erde dadurch in so starkem Masse verkürzt würde, denn bei einem um 1% kürzern Erdradius zieht sich der Erdumfang naturgemäss auch nur um 1% zusammen; ein Erdgrad verkürzt sich von 111 km auf 110 km, ein grösster Erdkreis um ca. 400 km. Aber die eigentlichen Faltenzonen beschränken sich nur auf einen verhältnismässig kleinen Bruchteil der sie durchschneidenden grössten Kreise, während weitaus der grösste Teil der letztern durch horizontal gelagertes oder ganz schwach gebogenes Erdreich zieht. Freilich gilt dies nur für die spätern Epochen der Erdgeschichte. Denn die ältesten Felsgebirge unserer Erde, d. h. das was man das Grundgebirge genannt hat, ist, wo auch immer dasselbe zu tage tritt, in starke Faltungen und Stauchungen gelegt gefunden worden. Offenbar ein Beweis, dass in jenen ältesten Zeiten eine weit grössere Verkürzung des Erdhalbmessers und stärkere Zusammenschrumpfung ihrer Rinde als in spätern stattgefunden hat.

---

[7]) Hauptvertreter dieser Anschauung ist Eduard Suess. Vergl. Antlitz der Erde, welches Werk das Tatsachenmaterial in betreff der geotektonischen Aenderungen der gesamten Erdoberfläche im Laufe der Erdgeschichte übersichtlich zusammenzufassen suchte, um sie sämtlich auf den „Zusammenbruch der Erdrinde" zurückzuführen. A. Heim geht in seinem wichtigen Werk „Mechanismus der Gebirgsbildung", 1878, von der Einzelerscheinung aus. — [8]) M. P. Rudzki (Sur l'âge de la terre, Bull. Acad. Sc. Krakau Febr. 1901, 72—94) schätzt die Grösse der Erdoberfläche, welche Faltungserscheinungen zeigt, zu $65^1/_8$ Mill. qkm oder $12,_8$ % der Gesamtoberfläche und die mittlere Zusammenziehung zu $1,_{14}$ %, sodass jene Flächen einst um $65^1/_3 . 0,_{14} = 9,_1$ Mill. qkm grösser gewesen seien oder nach Abziehung der von vulkanischen Gängen erfüllten Teile um $8,_1$ Mill. qkm $= 1,_{16}$ % der jetzigen Erdoberfläche. Das entspräche einer Verkürzung des Erdradius um $0,_8$ % = 51 km. Rudzki kommt in seiner „Physik der Erde" (Leipzig 1911) nicht mehr auf diese Berechnungen zurück.

Diese Schrumpfung des Kerns muss nun starke Spannungen in der äussern Rinde hervorrufen, gewaltige Pressungen, die schwache Teile zerquetschen, in Schollen zertrümmern oder, wenn sie noch plastisch genug sind, biegen und in den oberflächlichen Partien, die unter keiner zu schweren Belastung von oben stehen, in Falten zusammenschieben, ja überschieben. Dadurch entsteht umgekehrt die Möglichkeit, dass andere Regionen ins Sinken geraten, bis sie, in den Tiefen wiederum auf kleinern Raum zusammengepresst, zur Vermehrung der seitlich sich fortpflanzenden Schubkraft gegen benachbarte Gebiete beitragen. Hiernach würde also der Zusammenschub der Erdschollen durch seitlichen (tangentialen) Druck die Hauptursache der Gebirgsbildung mit stark ausgeprägten Vollformen und überhaupt der meisten Niveauunterschiede einzelner Erdschollen sein. Dieser Gedanke schliesst die Möglichkeit nicht aus, dass einzelne schon starrer gewordene Erdschollen infolge solchen allseitigen auf sie wirkenden Druckes als Ganzes und ohne von neuem in Falten gelegt zu werden zwischen sinkenden Rindenstücken emporgepresst werden, also eine tatsächliche Erhebung erleiden und in etwas grössere Entfernung vom Erdmittelpunkt kommen als zuvor. Je weiter man den innern Bau der äussern Erdrinde kennen gelernt hat, um so mehr zeigt sich, dass die eigentliche Plastizität des Gesteinsmaterials sich mit dem fortschreitenden Alter der Erde auf immer kleinere Flächenräume beschränkt. Bildeten in den ältesten Zeiten nur einzelne Urgesteinsschollen Widerstände, längs deren sich die benachbarten Gebiete durch Gegendruck in Falten legen konnten, so scheinen in spätern Epochen auch einzelne Gebirgskomplexe, die aus gefalteten Massen- oder Schichtengesteinen bestehen, die gleichen Rollen der starreren Stauchungswiderstände zu übernehmen, wenn sie sich auch nicht ganz einer erneuten Zusammenschiebung oder Erhebung entziehen.

Vulkane und Erdbeben sind nach dieser neuen Auffassung im allgemeinen nur Begleiterscheinungen der Gebirgsbildung oder Rindenverschiebung, nicht, wie man früher annahm, Ursachen der Störungen und knüpfen sich daher meist an Bruchlinien der Rinde an.

Behufs Nachbildung aller dieser Vorgänge hat man begonnen, Versuche im Laboratorium anzustellen[9]), die freilich in ihrer Anwendbarkeit auf die Erdrinde immer noch Zweifeln begegnen, weil man den Grad der Plastizität der Erdschichten und die Grösse der Druckkräfte doch noch zu wenig abschätzen kann.

Auf eine andere Ursache der Kontraktion, unabhängig von der Abkühlung, ist neuerdings wieder hingewiesen, nämlich die allmähliche Verlangsamung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde[10]) infolge der ihr entgegenwirkenden Gezeitenbewegung (Gezeitenreibung). Da-

[9]) Das Hauptwerk ist noch Daubrées Géologie expérimentale, Paris 1873; s. ferner Reyer, Theoretische Geologie, Wien 1888, sowie dessen z T. höchst instruktive „Geolog. u. geograph. Experimente" I—III, 1892—94; St. Meunier, La géologie expérimentale, Paris 1899. — [10]) C. R. Van Hise, Estimates and Causes of Crustal Shortening. Journ. of. Geol. Chicago VI, 1898, 10—64.

durch wird die Fliehkraft verlangsamt, womit andererseits auch eine Gestaltsänderung der Erde d. h. eine Verminderung der Abplattung und zugleich eine solche der Erdoberfläche, verbunden sei. Die Grösse dieser Aenderungen lässt sich berechnen [11]).

Sie beträgt bei einem Uebergang einer Abplattung von $^1/_{30}$ (welche man für die Zeiten annehmen könnte, wo der Tag nur 8^h hatte) zur heutigen (rund $^1/_{300}$) für die ganze Erde 1 534 000 qkm. Bei Verringerung der Abplattung verschieben sich die Parallelkreise; die Teile der Erdkruste in niedrigen Breiten (bis etwa $\pm$ 35°) nähern sich dem Erdmittelpunkte, die Teile in mittlern und höhern Breiten entfernen sich weiter von ihm, worin man eine Senkung der erstern und eine Hebung der letztern erblicken könnte. Zugleich findet durch diese Vorgänge ein tangentialer Druck, herrührend aus den niedern Breiten, gegen die mittlern statt, der zwischen dem 35° und 45° Br. am grössten ist. Dies alles mit den Zonen der vorwiegenden Gebirgserhebungen in Verbindung zu bringen ist freilich nicht gelungen, vor allem nicht in betreff des grossen meridionalen Faltengürtels der Erde rings um den Stillen Ozean.

Dass übrigens neben den eben geschilderten Ursachen der Rindenverschiebung auch noch andere Vorgänge mitwirken [12]), ist nicht ausgeschlossen, nur werden sie in ihrer Tragweite von denen, welche sie zur Erklärung der Tektonik heranziehen, meist überschätzt. So hat man für die Hebungen die unausgesetzte Abtragung des Erdreichs, für Senkungen die immer stärkere Belastung durch die entsprechende Auftragung abgeschwemmter Materialien verantwortlich gemacht, von dem Gedanken ausgehend, dass die Erdrinde ständig nach Herstellung eines Gleichgewichts ihrer einzelnen Teile strebe (Duttons Theorie der Isostasie [13]). Es erscheint weiter nicht undenkbar, dass die grössere Abkühlung einer Erdscholle infolge Auflagerung gewaltiger Eisdecken, wie wir sie für einzelne Erdstriche während der sogenannten Eiszeiten annehmen müssen, ihre Zusammenziehung und damit ihre Senkung bewirkt haben kann, während sie sich nach dem Weichen des Eises im Laufe der Jahrtausende wieder aufbläht und damit hebt. Ob freilich diese Vorgänge so beträchtliche Niveauunterschiede hervorbringen können, wie man sie z. B. in Schweden und Nordamerika an der Hand alter Strandlinien festgestellt hat (§ 135), ist fraglich. Ausserdem erklären beide eben genannten Theorien kaum, wie sich der Wechsel zwischen solchen anscheinend sich hebenden Schollen und nahbenachbarten Gebieten, die umgekehrt langsam dem Erdmittelpunkt zustreben d. h. sich senken, oft auf kleinem Flächenraum vollzieht.

Weiter glaubt man die Beobachtung gemacht zu haben, dass die Schichten, aus denen die Hochgebirge zusammengesetzt sind, vielfach von einer ausserordentlichen Mächtigkeit — bis 10, 15, 20 km — seien, was voraussetze, dass sie an Erdstellen entstanden sind, wo die Erdrinde im Laufe der Zeiten zu grossen Tiefen herabgesunken sein müsste. Solche Gebiete mächtiger Sedimentanhäufung hat man

[11]) A. v. Böhm, Abplattung und Gebirgsbildung, Leipzig 1910, woselbst alle hier in Betracht kommenden Fragen eingehend behandelt sind. — [12]) G. v. d. Borne, Die physikalischen Grundlagen der tektonischen Theorien in Beitr. z. Geophysik, IX, 1908. — [13]) C. E. Dutton, Some of the greater Problems of Physical Geology (Bull. Philos. Soc. Washington XI, 1892), vergl. Pet. Geogr. Mitt. 1894, LB. 22.

Geosynklinalen genannt[14]) und sie als die bevorzugten Zonen der Gebirgsbildung aufgefasst. Dabei soll die Erwärmung, welche diese Geosynklinalen durch das Aufsteigen der Geoisothermen (S. 137) erfahren, Veranlassung zur Ausdehnung und damit zum Zusammenschub der Schichten bieten (Reade's thermische Theorie[15]).

Man darf bei allen diesen Erklärungsversuchen, deren hier nur einige flüchtig angedeutet werden konnten[16]), nicht vergessen, dass wir erst am Anfang einer neuen Periode geotektonischer Spezialforschung stehen. Man fängt an, erstmalige Beobachtungen über Lagerungsverhältnisse, also das tatsächliche Material von neuem durchzuprüfen.

II. Heutige Bewegungen der Erdrinde.

§ 132. Einleitung. Die oben geschilderten Vorgänge, also von innen bewegende (endogene) Kräfte, sind es, welche den Rohbau der äussern Erdkruste zuwege gebracht haben. Nach unsern jetzigen Kenntnissen scheinen im Laufe der Erdgeschichte gewisse Zeiten grosser Umwälzungen und lebhafterer Bewegung der Erdrinde mit solchen gewechselt zu haben, in denen die letztere sich in grösserer Ruhe befand (§ 145). In eine solche Ruheperiode fallen auch die Jahrtausende, welche wir die historische Zeit oder geologische Gegenwart nennen. Dennoch fehlt es auch in dieser nicht an Bewegungserscheinungen, die sich unmittelbar beobachten lassen und beweisen, dass die Erdrinde noch unausgesetzt in Umgestaltung begriffen ist.

Sie sind natürlich am ehesten geeignet, unsern Vorstellungen über vergangene Vorgänge Vorschub zu leisten. Wir können uns in diesem Werke aber nur auf Hervorhebung der wichtigsten Tatsachen einlassen und aus der ungemeinen Fülle theoretischer Erwägungen über die Ursachen der Erscheinungen nur Hauptpunkte andeuten.

Wenn die feineren Schwingungen des Bodens ziemlich allgemein auftreten werden, so sind die stärkern Zuckungen, die wir Erdbeben nennen, in der Hauptsache auf gewisse grosse Teile der Erdoberfläche beschränkt, die sich als Zonen grosser Gebirgsfaltung auch äusserlich erkennen lassen, während andere Erdschollen verhältnismässig stabil und freier davon sind. Langsame Aufwölbungen oder Einsenkungen einzelner Gebiete finden vielleicht in zahlreichern Gegenden statt, als wir heute wissen; wir können sie aber bisher nur längs des Meeresstrandes als sog. Strandverschiebungen schärfer beobachten. Endlich finden sich punkt- oder strichweise noch immer solche Stellen vor, an denen das feuerflüssige Magma die äussersten Erdschichten durchbricht und neue sichtbare Erhebungsformen aufschüttet, die Vulkane. Den Geographen, der sich zugleich mit den Wirkungen der Erscheinungen beschäftigt, haben begreiflicher Weise von jeher

---

[14]) E. Haug, Les géosynclinaux et les aires continentales; Bull. Soc. géol. de France, 1900, 617—711. S. Pet. Geogr. Mitt., 1901, LB. 302. — [15]) Mellard Reade, The origin of mountain ranges, London 1886. — [16]) Die Mehrzahl der einschläglichen Argumente skizziert übersichtlich A. Wegener im Anschluss an eine neue Arbeitshypothese über die „Entstehung der Kontinente durch horizontale Verschiebung der Kontinentalschollen". Pet. Mitt. 1912, I. April — Juni.

unter den genannten Erscheinungen die Erdbeben und die vulkanische Tätigkeit auf das lebhafteste beschäftigt, weil sie, wenn auch nur lokal, die gewaltigsten Naturvorgänge darstellen, die an der Zerstörung menschlicher Ansiedelungen und Kulturwerke arbeiten.

Bodenschwingungen[17]). Nur kurz verweilen wir bei jenen äusserst geringen Bodenschwankungen, die man erst in neuester Zeit wahrzunehmen gelernt hat, seit man Instrumente grösster Empfindlichkeit für jegliche Erschütterung des Bodens aufstellte wie z. B. das Horizontalpendel oder die Wasserwage. Es handelt sich hierbei teils um periodische, aber sehr langsame Hebungen und Senkungen des Bodens, wie sie durch die verschiedene Erwärmung desselben am Tage oder durch Sonn- und Mondattraktionen hervorgerufen werden (körperliche Gezeiten), teils um unregelmässiger auftretende Schwingungen, die durch den Wechsel des Luftdrucks oder die Reibung des Windes längs des Bodens, wohl auch durch den Wellenschlag gegen die Meeresküsten verursacht werden. Es beweisen diese Beobachtungen jedenfalls, dass einzelnen Teilen des Bodens eine grosse Elastizität zukommt.

§ 133. Erdbeben[18]). Plötzliche Zuckungen einzelner Erdstellen haben infolge ihrer verheerenden Wirkungen auf die von einem Erdstoss betroffenen Gegenden begreiflicher Weise seit allen Zeiten die Chronisten beschäftigt, sodass wir über zahlreiche Erdbeben, welche die Kulturländer des klassischen Altertums heimgesucht haben, eingehend unterrichtet sind. Doch erfahren wir ausser Zeit des Ereignisses, Namen und Zahl der besonders betroffenen Ortschaften, Verluste an Menschenleben etc. verhältnismässig wenig. Erst seit dem 18. Jahrhundert beginnt die Sammlung von Tatsachen, welche mit ein und derselben Erderschütterung zusammenhängen, und damit die wissenschaftliche Erörterung der Erscheinung[19]). Das gewaltige Erdbeben von Lissabon am 1. Nov. 1755 bildet dafür einen Markstein. Es zeichnete sich dadurch aus, dass weit entfernte Seen wie diejenigen am Alpenrand in deutliche Bewegung gerieten. Man begann den Wirkungskreis kartographisch fest zu legen und erkannte, dass gewisse Gegenden der Erde als besondere Erschütterungsgebiete

---

[17]) S. Geogr. Jahrb. XVIII, 1895, 385. Man fasst diese Untersuchungen als „Mikroseismometrie“ zusammen; Sieberg, Erdbebenkunde (Anm. 18) nennt sie „Bodenbewegungen aussertellurischen Ursprungs“; hier ist Tellus im engsten Sinn für den festen Erdball genommen. — [18]) Uebersichtlich ist der betreffende Abschnitt in Uhligs neuer Bearbeitung von Neumayrs Erdgeschichte, 1895. Den neuern Forschungen auf dem Gebiet der instrumentalen Erdkunde trägt mehr Rechnung A. Siebergs Handbuch d. Erdbebenkunde, Braunschweig 1904, das jedoch mehr die Ergebnisse der Einzeluntersuchungen nebeneinander stellt. Eine übersichtliche Darstellung älterer und neuerer Ergebnisse bietet Comte de Montessus de Ballore, La science séismologique. Les tremblements de la terre, Paris 1907. Vergl. auch E. Kayser, Lehrbuch der Geologie I, Erdbeben und seismische Erscheinungen, 1912, 673—723; Supan, Phys. Erdkunde, 1911, 412—38. — [19]) S. z. B. v. Hoff, Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, IV. u. V. Bd., Gotha 1840, Chronik der Erdbeben und Vulkanausbrüche.

angesehen werden mussten. Man hat die Erdbeben bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts in direkten Zusammenhang mit vulkanischen Ausbrüchen gebracht und als deren stete Begleiter angesehen. Aber je aufmerksamer man wurde und je mehr man diese unregelmässigen Bewegungen der Erdrinde mittelst eigener Instrumente zu beobachten angefangen hat, um so mehr ward erkannt, dass es sich bei den Erdbeben um viel weiter verbreitete, sich fast täglich und stündlich wiederholende Erscheinungen handelt.

Man unterscheidet seitdem die Hauptklasse der tektonischen Erdbeben (Dislokationsbeben), welche wesentlich an die Gebiete gebunden sind, die man als die Zonen junger Faltengebirge (S. 295) oder auch als die der grossen Synklinalen der Erde bezeichnet hat[20]). Die ausserhalb dieser Gürtel gelegenen Regionen wie z. B. das russische Flachland und Nordasien sind infolge der Abwesenheit grösserer Störungslinien fast ganz verschont von den Verheerungen, welche Erdbeben anrichten. Gewisse Haupterschütterungsgebiete verbleiben auch nach der heutigen Auffassung die vulkanischen Gegenden, eben weil Vulkane auch Begleiterscheinungen tektonischer Vorgänge zu sein scheinen.

Eine Statistik[21]) makroseismischer d. h. von fühl- und sichtbaren Erscheinungen begleiteter Erdbeben, die zwar auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen kann, immerhin aber über 171 000 Erdbeben umfasst, weist $52{,}5\,\%$ derselben auf der Geosynklinale, die sich quer von Mittelamerika ausgehend durch die alte Welt zieht, $38{,}5\,\%$ auf der den Stillen Ozean umkreisenden Synklinale nach, sodass auf alle übrigen Gebiete nur $9\,\%$ jener Zahl entfallen würden. Man wird annehmen müssen, dass diese Angaben in betreff der Ozeane noch zu lückenhaft sind, immerhin lokalisieren sie die Erdbebenregionen schon gut nach tektonischen Gesichtspunkten.

Unter den Dislokationsbeben gibt es neben solchen, die auf nur kleine Entfernungen verspürt werden (sog. Nahbeben), andere von gewaltigem Erschütterungsgebiet[22]). Mehr von örtlichem Charakter sind dagegen solche Erdbeben, welche von der Bewegung vulkanischer Massen und Dämpfe gegen die Erdrinde herrühren und vielfach den Ausbrüchen tätiger Vulkane vorherzugehen oder sie zu begleiten pflegen, daher auch im engern Sinne an vulkanische Gebiete geknüpft sind: vulkanische Erdbeben. Endlich bilden die Einsturzbeben eine besondere Klasse als Folgen eines jedenfalls in einzelnen Gesteinsschichten häufig vorkommenden Vorgangs, indem vom Wasser ausgewaschene Höhlungen in sich zusammenstürzen und die Wände und Decken dadurch in Mitleidenschaft gezogen werden.

In den Wirkungen sind die genannten Arten vielfach ganz gleichartig, am verheerendsten dort, wo der Erschütterungsstoss unmittelbar die

---

[20]) S. Comte de Montessus de Ballore, Les tremblements de la terre, Géographie séismologique. Paris 1906, mit 92 Kärtchen. Wesentlich auf diesem Werk beruht die kartographische Darstellung, die F. Frech in den „Tektonischen und seismologischen Uebersichtskarten der Erde", Massst. im Aeq. 1 : 80 000 000 in Pet. Mitt. 1907, Taf. 19, veröffentlichte. — [21]) S. Montessus de Ballore, Les tremblements de la terre S. 26. — [22]) S. Berghaus, Phys. Atlas I. Abteil. 1892 Taf. 3 Erdbeben v. Lissabon.

Erdoberfläche trifft und die darauf befindlichen Gebäude und Gegenstände auf- und niederhebt, sodass sie in sich zusammensinken (Erdbeben von Ischia 1883). Seitwärts pflanzt sich der Stoss wellenförmig fort und schwächt sich allmählich ab. Die Beschaffenheit des Bodens, durch welchen sich die Stösse fortbewegen, übt hierbei einen grossen Einfluss aus. Feste Gesteinsschichten lassen ihn durchwandern ohne recht eigentliche Erschütterung mit ihren verheerenden Folgen und bilden sog. Erdbebenbrücken; lockere Bodenarten geraten dagegen in starke Bewegung. Hier zeigen sich denn auch oft Bruchspalten oder Schollenverschiebungen deutlich an der Oberfläche, das Erdreich scheint nicht selten in Fluss zu geraten.

Früher beschränkte man sich darauf, die fühlbaren Wirkungen der Erdbeben (makroseimische Erscheinungen) nach der Stärke und Zeitfolge möglichst zuverlässig zu sammeln und nach jener Linien gleicher Erschütterungsstärke oder sog. Isoseisten, nach dieser solche gleichen Eintreffens der Bewegung — Homoseisten (in Minuten) — geographisch festzulegen. Im Mittelpunkt dieser bald kreisförmigen, bald länglich gestreckten Kurven suchte man dann das Epizentrum, das im allgemeinen nicht einen Punkt, sondern eine kleinere oder grössere Fläche darstellt. Verschiedene Verfahren wurden dann angewandt, um den unter dem Epizentrum gelegenen Herd des Bebens zu finden. Im allgemeinen scheint er in keiner bedeutenden Tiefe unter der Erdoberfläche zu liegen, selten wohl tiefer als 30 km.

In neuerer Zeit ist die Erdbebenkunde oder Seismologie eine eigene Zweigwissenschaft der Geophysik geworden. Die ältern Seismometer wie z. B. die Quecksilberschalen, die bei leisester Erschütterung Teile des Quecksilbers in bestimmte Rinnen des Beckenrandes laufen und dadurch Stärke und Richtung des Stosses abschätzen lassen, sind durch selbst registrierende Seismographen ersetzt, die jede leiseste Erschütterung nach der Zeitfolge aufzeichnen. Im Jahre 1911 gab es bereits gegen 300 Erdbebenstationen, die mit solchen feinen Apparaten versehen sind und deren Aufzeichnungen in Zentralstellen gesammelt und zu Erdbebenkatalogen vereinigt werden. Zur richtigen Erkenntnis der Arten der Fortpflanzungswellen der Erdbeben und ihres Verlaufes längs der oberflächlichen Erdrinde oder durch tiefere Teile des Erdkerns ist man erst gekommen, seit man die Erdbebenpendel durch Dämpfung von den Eigengeschwindigkeiten der Instrumente befreit hat und die stark vergrösserten Diagramme auf langsam sich drehenden Rollen auffängt; denn erst dadurch lernte man die einzelnen Phasen der sich bei jedem Beben über einander lagernden Wellen von einander zu scheiden.

Ein erstes Ergebnis dieser mühsamen Untersuchungen ist, dass den Hauptwellen, die durch eine grosse Amplitude der Schwingungen, also durch starke seitliche Ausschläge, die jeweilige Stärke der Hauptstösse am Erdbebenherd erkennen lassen, zwei weit rascher vorauseilende „Vorläufer“ von so geringer Amplitude vorhergehen, dass sie den ältern Instrumenten ganz entgingen. Unter diesen Vorläufern treten die ersten in Form von Longitudinalwellen, also Bewegungen der Erdteilchen in der Richtung der Fortpflanzung, die zweiten als Transversalwellen quer zu letzteren auf. Fest steht ferner, dass die ersten dieser Vorläufer eine mit der Entfernung der Beobachtungsstation vom Herd allmählich wachsende Geschwindigkeit von 8 bis 12, 13 km in der Sekunde besitzen, wenn man diese längs des grössten Erdkreises misst, die zweiten Vorläufer nur eine solche von 4 bis etwa 7 km, während den Hauptwellen kaum eine grössere Geschwindigkeit als 2 bis 4 km zukommt. Hieraus kann geschlossen werden, dass letztere sich in der Tat nur in der oberflächlichen Schicht der Erdrinde fort-

pflanzen, die Vorläufer sich dagegen in ihrem voraussichtlich gebogenen Verlauf um so mehr dem Erdmittelpunkt nähern oder mehr durch das Erdinnere gehen, je weiter der Beobachtungsort vom Herde liegt [23]).

Neuerdings glaubt man zugleich bei Beobachtung sehr ferner Beben bemerkt zu haben, dass diese Zunahme der Geschwindigkeit der „Vorläufer" gewisse Unterbrechungen erfährt, sobald die Wellen bei ihrem Lauf durch die Erde sich dem Erdmittelpunkt nähern. Danach scheinen Unstetigkeitsflächen im Gesteinsmantel und Erdkern einzelne mächtige Schichten verschiedener Dichten zu scheiden. Sie würden nach den letzten Berechnungen in rund 1200, 1700 und 2500 km Tiefe von der Erdoberfläche aus gerechnet liegen [24]). (Vergl. oben S. 141.)

Seebeben und Erdbebenfluten. Wie man auf dem Lande gewisse Schütterungsgebiete unterscheidet, so hat die Sichtung des Materials, welches Schiffsberichte geliefert haben, auf ähnliche Regionen in den Ozeanen geführt. Solche finden sich z. B. im Karibischen Meer, zwischen den Azoren und Portugal, im aequatorialen Gebiet des Atlantischen Ozeans, im Mittelmeer und längs der Küsten des Pazifischen Ozeans [25]). Schiffe, welche über diese Gewässer hinweg fuhren, berichten über eigentümliche Geräusche und Stösse, die sie erfahren haben, ohne dass im allgemeinen am Seespiegel oder an benachbarten Ufern eine nennenswerte Bewegung des Wassers beobachtet ward. Man nimmt an [26]), dass man es hierbei mit Beben des Meeresbodens zu tun hat, welche sich wellenförmig auf die Wassermasse fortpflanzen.

Von weit grösserer Wirkung sind dagegen die sog. Erdbebenfluten, die viel seltener vorkommen, aber rücksichtlich ihrer Ausbreitung und zerstörenden Gewalt zu den grossartigsten Naturereignissen gehören.

Meist weicht hierbei an den betreffenden Küsten das Meer zuerst zurück, um nach einiger Zeit als eine hohe und mächtige, alles niederreissende Welle zum Ufer zurückzukehren und dies in Pausen zu wiederholen. Diese Bewegung breitet sich über die grössten Meeresbecken aus [27]). So vermochte man die grosse Flutwelle des Erdbebens von Peru im J. 1868 quer über den ganzen Ozean bis nach Australien zu verfolgen [28]). Beim Ausbruch des Krakatoa in der Sundastrasse im J. 1883 (s. u.) traf der Wellenberg nach 17 Stunden um Afrika herum laufend am Kap Horn [28]) ein. Die niedrigen Koralleninseln der Südsee stehen solchen Fluten wehrlos gegenüber.

Da manche bedeutende Erdbeben, die ihr Zentrum unmittelbar am Strande hatten, wie dasjenige von Charleston 1886, welches die ganze Osthälfte der Vereinigten Staaten erschütterte, das Meer kaum irgend in Mitleidenschaft zogen, andererseits unterseeische Vulkanausbrüche, wie im Mittelmeer, nachweislich solche Flutwellen erzeugt

---

[23]) E. Wiechert und K. Zöppritz, Ueber Erdbebenwellen; Nachr. d. k. Ges. d. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Kl. 1907, Heft 4. — [24]) Vergl. L. Geiger u. B. Gutenberg, s. o. S. 141, Anm. 41. — [25]) E. Rudolph, Ueber submarine Erdbeben und Eruptionen in Gerlands Beitr. z. Geophysik, I, 1887, mit Karte, und II, 1895. — [26]) Das. I, S. 226 u. passim. — [27]) Auch das grosse Erdbeben von Lissabon 1755 scheint sein Zentrum im nahen Osten gehabt zu haben und ist sicher von einer solchen Erdbebenflut (Lissabon) begleitet gewesen, doch beruht die Darstellung der Ausbreitung dieser Flutwelle bis Nordamerika und Island (Berghaus, Phys. Atlas, 2. Aufl. 1850 und 3. Aufl. 1892, Taf. 3) nicht auf sicherm Material. — [28]) Berghaus, Phys. Atlas, 1. Abt. 1892, Taf. 3.

haben, so müssen diese Erdbebenfluten vielleicht überhaupt auf Vulkaneruptionen zurückgeführt werden. Die unterseeische Eruption würde dann den gewaltigen Aufruhr des Meeres hervorbringen, der an den Küsten die Fluten erzeugt [29]).

§ 134. Vulkanische Tätigkeit [30]). Im Gegensatz zu den eben geschilderten Bewegungen der Erdrinde versteht man unter vulkanischen Erscheinungen alle diejenigen, welche mit einer Herausbeförderung erhitzter Stoffe an die Erdoberfläche verbunden sind. Diese besteht zuweilen ausschliesslich in Aushauchung von Wasserdampf und Gasen. Dieselben sind geeignet, das durchdrungene Erdreich aufzulockern, aber bleiben immer nur Nebenerscheinungen. Zuweilen quellen aus zahlreichen Oeffnungen eines Geländes Massen schlammigen, mit Wasserdampf und Gasen durchtränkten Erdreichs und schütten sich allmählich zu kleinen, kegelförmigen Schlammvulkanen auf, die an der Spitze einen kleinen Krater besitzen. Niemals aber handelt es sich hierbei um ein Empordringen vulkanischen Gesteins; und da man solche Gasentwickelungen nicht selten unter lockerm und durchfeuchtetem Sediment auftreten sieht, so erkennt man, dass die Ursprungsstätten nicht tief liegen können [31]).

Aehnlich verhält es sich mit den Springquellen oder Geysir, die für einzelne Vulkangebiete — wie Island, Neuseeland, den Yellowstonepark innerhalb der Felsengebirge Nordamerikas, — bezeichnend sind. Aus niedrigen Sinterkegeln werden in längern oder kürzern Zwischenpausen Strahlen heissen Wassers durch die Gewalt der sich am Grunde der Quelle zuerst bildenden Dampfmassen emporgeworfen. Diese Dampfbildung entzieht dem überhitzten Wasser Wärme, sodass eine Zeit vergeht, bis die Spannkraft des Dampfes den Druck der Wassersäule von neuem überwindet. Ist schliesslich die gesamte Wassermasse zum plötzlichen Uebergang in Dampf bereit, so erschöpft sich die Kraft der Erscheinung mit einer letzten Explosion und es tritt eine tagelange Ruhe ein [32]).

Wo aber eine deutlich ausgebildete Röhre besteht, durch welche das in der Erdrinde eingeschlossene Magma mit der Oberfläche in Verbindung treten kann, dringt das gewaltige Glutgemisch zugleich mit Massen von Wasserdampf und explodierenden Gasen an die Oberfläche, sobald die Steigkraft des Magmas die Widerstände der verschlossenen Röhre zu überwinden vermag.

---

[29]) Nach E. Rudolph, s. Anm. 25. Inwiefern freilich sehr rasch hintereinander folgende Erdbebenstösse ähnliche Wirkungen auf das Meer hervorrufen können, ist noch nicht festgestellt. — [30]) Das die ältere Theorie der Vulkane umgestaltende Werk ist das von Poulett-Scrope, Ueber Vulkane, 1862, deutsch von A. v. Klöden, 1872, dem sich später anschloss J. W. Judd, Volcanoes, London, 4. ed. 1888. Die neuern, besonders durch Stübel, Branco u. a. angeregten Anschauungen werden übersichtlich und gemeinfasslich erläutert in H. Haas, Der Vulkan, Berlin 1903. Mit guten Abbild. Vergl. auch Supan, Phys. Erdk., 5. Aufl. 1911, 375—412. Berichte von E. Rudolf u. E. Tams im Geogr. Jahrb. — [31]) Die Schlammvulkane werden daher zuweilen von der Betrachtung vulkanischer Bildungen ganz ausgeschlossen. Vergl. Penck I, 54 ff. — [32]) Theorie von Rob. Bunsen, Ann. d. Physik u. Chemie 1847, Bd. 72, S. 79 ff. Vergl. auch Günther, Geophysik II, 1899, 807 ff.

Die Einzelvorgänge der Eruptionen können hier nur skizziert werden. Dieselben pflegen durch Erschütterungen des Bodens und unterirdische Getöse eingeleitet zu werden, herrührend von den kochenden Bewegungen des empordringenden Glutbreis. Mit Eröffnung eines neuen Kraters oder Entfernung des alten Kraterverschlusses beginnt das Ausströmen der Dämpfe und die Explosionen der Gase über einer von unten beleuchteten mit Funken durchsetzten Säule, sich zu breiten Wolkendecken zusammenballend und ungeheures Material mit hinausbefördernd. Unförmliche Schlackenstücke von oft riesiger Grösse gewinnen auf diesem Wege die Gestalt gerundeter „vulkanischer Bomben“ und fliegen hunderte von Metern weit; Felsstücke der durchbrochenen Erdrinde werden dabei mitgerissen. Weit grösser ist die Masse der zerbröckelten und zerriebenen vulkanischen Sande und Aschen (Lapilli oder Rapilli in Italien genannt), die hoch in die Luft geschleudert werden, sodass sie dieselbe über weite Flächen verdunkeln und weit und breit die Gegend mit ihren Ablagerungen bedecken. Der Wasserdampf, sich in der höhern Atmosphäre rasch verdichtend, gibt zu wolkenbruchartigen Regengüssen und zur Bildung verheerender Giessbäche Veranlassung, welche sich mit der Asche mischen und diese in eine breiartige Masse verwandeln; aus dieser bildet sich durch Verhärtung der sog. vulkanische Tuff (Peperin, Puzzolanerde). Elektrische Entladungen begleiten diese Gewitter. Nicht immer wird die Eruption auch von dem Erguss zusammenhängender geschmolzener Steinmassen, der Lava, begleitet, welche den Krater anfüllend an den Seitenwänden des Eruptionskegels als zähflüssige Massen herabgleiten oder aus plötzlich aufgerissenen Seitenspalten des Berges hervorquellen. Rasch bildet sich auf diesen eine Erstarrungskruste, aber sie bewahren ihre Wärme oft Jahrzehnte. Einzelne Vulkane, wie die der Hawaiischen Inseln, treiben sehr dünnflüssige Lava aus, die rasch fliessend nach allen Seiten flache Ströme ergiesst. Monatelang dringen aus der erkalteten Lava oder Rissen des Kegels Wasserdampf mit Beimischung anderer flüchtiger Stoffe — die sog. Fumarolen — hervor. Eine seltenere Erscheinung ist das Hervorpressen von Teilen der den Berg krönenden Kuppe als kompakte Felsmasse, wie sie nadelförmig bis zu 360 m den Vulkan des Mont Pelée auf Martinique seit dem furchtbaren Ausbruch vom J. 1902 kürzere Zeit überragte [33]). Bei letzterm wirkte zudem nichts so vernichtend als glühend heisse, hochgespannte Gase, die seitwärts aus dem Berge hervorbrachen und mit furchtbarer Gewalt über St. Pierre hinstrichen. —

Die Grösse des Einzelausbruchs charakterisiert man einerseits nach dem Verbreitungskreis begleitender Erscheinungen, andererseits nach der Masse des herausbeförderten Materials. Beides steht nicht immer im gleichen Verhältnis. Der Schall des Explosionsgetöses verbreitete sich beim Ausbruch des in der Sundastrasse gelegenen Krakatoa (Aug. 1883) bis über Ceylon und Manila hinaus [34]), also mehr als 3000 km weit, beim Tambora (1815) auf Sumbawa, einer der Kleinen Sundainseln, kaum halb so weit, aber die Masse der Auswürflinge wird bei ersterem nur auf 18, beim Tambora auf 103 kbkm geschätzt [35]). Die Verbreitung der leichtern unter diesen hängt natürlich von den herrschenden Winden ab. Aschen gelangen oft in Luftschichten mit andern Strömungen, als sie unten herrschen. Beim Ausbruch des Coseguina an der Westküste Zentralamerikas 1835 ward die Asche den Passaten entgegen 1300 km weit nach Jamaica getragen. Fein zerstiebter Staub gelangte beim Krakatoaausbruch in so hohe Luftschichten, dass er sich jahrelang, die Erde mehrmals umkreisend, zu halten vermochte, um eigenartige Dämmerungserscheinungen hervorzurufen [36]).

---

[33]) A. Lacroix. La Montagne Pelée et ses éruptions, Paris 1904. Vergl. K. Sapper in N. Jahrb. f. Mineral., Bd. II, 1 ff. — [34]) Berghaus, Phys. Atlas, 1. Abt. Nr. 3. — [35]) Penck, Morph. I, 437. — [36]) Pet. Geogr. Mitt. 1886. 10—24 nach Verbeeks Hauptwerk.

Theorie des Vulkanismus. Unwillkürlich denkt der Laie, wenn von Vulkanen die Rede ist, an mehr oder weniger kegelförmige Berge. Die Bildung solcher Vulkanberge ist aber nur eine der Formen, in denen sich die vulkanische Tätigkeit äussert. In manchen Teilen der Erdoberfläche sind gewaltige Gebiete deckenförmig mit eruptiven Massen überlagert, deren Mächtigkeit hunderte von Metern übersteigen kann.

Dies gilt besonders von dem Kolumbiaplateau im Bereich der Felsengebirge Nordamerikas und dem nordwestlichen Dekan in Vorderindien mit den wohl 5—600000 qkm einnehmenden Trappdecken. Kleinere Flächen nehmen die gleichen Gebilde in Spanien, Kleinasien und Island ein. Hier muss überall die Erdrinde an zahllosen Stellen den glutflüssigen Lavamassen ohne eigentliche Bergbildung einen Ausweg geboten haben.

Es liegt nahe, diese Form von Deckenbildung durch eruptive Massen bereits einer hinter uns liegenden Periode der Erdgeschichte zuzuweisen, während seit der spätern Tertiärzeit und bis in die heutige hinein an deren Stelle mehr die Bergaufschüttung an einem oder nahbenachbarten Eruptionszentren getreten ist. Diese Wahrnehmung ist einer der Hauptgründe, weshalb man sich von der Fortexistenz eines allen Vulkanen gemeinsamen glutflüssigen Magmaherdes losgesagt hat, den man für die ältesten Zeiten der Rindenbildung der Erde wohl annehmen muss. Eine neuere Theorie [37]) denkt sich den weitern Entwicklungsgang derart, dass sich zunächst über der ursprünglichen Erstarrungskruste durch das unausgesetzte Austreten eruptiver Massen eine Art Panzerdecke gebildet habe, in der dann grössere oder kleinere Einzelherde als Sitze der vulkanischen Tätigkeit für spätere Zeiten zurückgeblieben sind; die letztern müssten sich dann im Laufe der Zeiten an Raum verringert und von einander getrennt haben, der Erdoberfläche dabei näher und näher rückend, um sich schliesslich durch Eruptionen völlig zu erschöpfen.

Nicht jedem einzelnen Vulkanberg kommt nach diesen Anschauungen ein solches Magmanest oder ein eigener peripherischer Herd zu. Einen gemeinsamen wird man aber für diejenigen Vulkangruppen annehmen müssen, bei denen die Eruptionen sich in gleichartigem Wechsel der Beschaffenheit der Auswurfstoffe und Gasausströmungen vollziehen [38]).

Was nun den Mechanismus der Emporhebung des unterirdischen Magmas betrifft, so ist man über diese schwierige Frage noch wenig im Klaren. Hält man an kleinern peripherischen Herden fest, so kann dabei kaum der oft herangezogene Druck sinkender Erdschollen als Ursache des Emporquellens gelten, weil dies doch in Form plötzlicher Eruptionen geschieht, während solche tektonische Vorgänge sich nur ungemein langsam vollziehen. Neuerdings will man das Steigen des Magmas wieder auf ein Stadium des Aufblähens zurückführen [39]), welchem die glutflüssige Masse während der Abkühlung unterliege,

---

[37]) A. Stübel, Das Wesen d. Vulkanismus, Berlin 1897; Derselbe, Ein Wort über den Sitz der vulkan. Kräfte in der Gegenwart, Leipzig 1901. — [38]) A. Bergeat, Stübels Untersuchungen über die Eruptionszentren in Südamerika, Zentralbl. f. Mineral. 1902, N. 23. — [39]) A. Stübel, Vulkanismus, 24 ff.

wie dies bei manchen Schmelzflüssen unter sehr hohem Druck experimentell wohl nachgewiesen ist. Andere halten nach wie vor den erneuten Zutritt von Wasser und damit gewaltige Dampfbildung für die Vorbedingung des Empordringens. Wie dem auch sei, Schwierigkeit bereitet bei Erklärung aller dieser Vorgänge noch immer der Ursprung der gewaltigen Massen Wasserdampfes, welcher den tätigen Vulkanen — wenn auch nicht in allen Stadien der Eruption — sichtlich entweicht und ohne dessen Niederschläge die Bildung von Tuffmassen nicht denkbar ist.

Die Tatsache, dass man die meisten der tätigen Vulkane auf Inseln oder in Küstenländern beobachtete, schien dem Gedanken Vorschub zu leisten, dass eindringendes Meerwasser ein wichtiger, ja unentbehrlicher Faktor vulkanischer Arbeit sei. Indessen sind viele der grössern Vulkane, wie z. B. diejenigen Ecuadors oder Mexikos mehrere hundert Kilometer von der heutigen Meeresküste entfernt; und seit man solche Feuermassen mitten im afrikanischen Kontinente gefunden hat, muss diese Ansicht wohl aufgegeben werden. Gegen die Herkunft des Wasserdampfes aus Sickerwasser, wie es die oberflächlichen Schichten der Erdrinde durchfeuchtet und durch Niederschläge, fliessende und stehende Gewässer der Oberfläche, sowie das Meer in die Tiefen gelangt, um dann teilweise als Quellwasser oder auch als Therme wieder zu tage zu treten — man hat diese, die eigentliche Hydrosphäre bildenden Wasser wohl als „vadose“ zusammengefasst — spricht einerseits die Unregelmässigkeit der eruptiven Tätigkeit gegenüber der als ununterbrochen anzunehmenden Zufuhr solchen vadosen Wassers; andererseits könnte dieses bei der hohen Temperatur im Erdinnern nur in Dampfform zum Feuerherd dringen und also kaum mehr Träger aller der chemischen Beimischungen sein, die man gleichzeitig mit den Wasserdampfmassen den Vulkanen entweichen sieht. Dies hat einige Forscher[40]) zu der Ansicht geführt, dass durch das Magma selbst die Entgasung der umgebenden Erdrinde bewerkstelligt werde. Es steht ja ausser Zweifel, dass bei der Gesteinsbildung gewaltige Massen von Wasser gebunden werden. Bei der im heissen Erdinnern erfolgenden Zersetzung soll dies mitsamt der Fülle begleitender Stoffe in Gasform dem Gesteinsmaterial wieder entzogen und so als „juveniles“, also jugendliches Wasser bei den Eruptionen wieder der Erdoberfläche zugeführt werden.

Die zweite Frage, die im Vordergrund der Erörterung steht, ist die, ob das Vorkommen der Vulkane an Spalten in der Erdrinde gebunden ist. Zuerst ward dies ziemlich schematisch aus der geographischen Anordnung der mehr oder weniger gesellig auftretenden Vulkangruppen geschlossen, die allerdings scheinbar sehr häufig eine reihenförmige ist. Vertieft ward diese Anschauung, als man erkannte, dass ein solches geselliges Auftreten tertiärer, wie neuerer Vulkanmassen ganz vorzugsweise in solchen Teilen der Erdoberfläche erfolgt, die auch nach anderer Richtung als Regionen lebhafter tektonischer Bewegungen, insbesondere als Ränder von Senkungsfeldern etc. zu gelten haben[41]). Hierher gehört in erster Linie die Umsäumung des grossen Ozeans mit ihren zahllosen reihenförmig angeordneten Vulkangruppen (vergl. § 165). Diese sog. Spaltentheorie hatte vor Jahren

[40]) Tschermack, Ueber den Vulkanismus als kosmische Erscheinung (Sitzber. d. Wiener Akad., Math.-Nat. Kl., 75. Bd. 1877). — E. Suess, Ueber heisse Quellen (Verh. deutscher Naturforscher, 1902, Allg. Teil). — [41]) Ed. Suess, Das Antlitz der Erde, I, 1885.

die ältere Hebungstheorie so ziemlich verdrängt. Ihr gegenüber weisen die Gegner einerseits darauf hin, dass solche vermutete Spalten und Verwerfungen, welche dem empordringenden Magma die Wege zur Oberfläche bahnen, bisher gerade dort, wo sich die Vulkane erheben, in den seltensten Fällen geologisch nachgewiesen seien. Andererseits [42]) gibt es tatsächlich Gegenden, wo die horizontal gelagerten Schichtengesteine massenhaft durch Explosionskrater quer und unmittelbar ohne Vorhandensein einer Spalte durchsetzt sind. Dies hat man unzweifelhaft an den Vulkanen der Eifel, am Nordfuss der schwäbischen Alb sowie in Schottland gefunden.

Ist hierdurch die Spaltentheorie in ihrer engsten Anwendung auch erschüttert, so hat man doch unweit eruptiver Durchbrüche so vielfach Störungslinien im Aufbau der Erdrinde nachgewiesen, dass man solche Strecken geringern Widerstandes nach wie vor als Gegenden wird ansehen müssen, die den in voraussichtlich geringer Tiefe befindlichen Magmaherden gestatten, die Erdrinde stellenweise zu durchbrechen, sei es in der Form der geschilderten Explosionskrater, sei es durch grössere Eruptionsschlote.

Die Einzelformen vulkanischer Erhebungen [43]). Wenn auch in Einzelfällen die Ränder durchbrochener Erdschichten etwas aufgewölbt sein können, so ist im allgemeinen die Kegelform vulkanischer Erhebungen nicht, wie man früher innerhalb der sogenannten Hebungstheorie annahm, durch wirkliche Erhebung von unten gebildet, sondern durch Aufschüttung und Aufschichtung der von innen herausgeförderten Stoffe. Die im Laufe der Zeit durch Erosion so stark abgetragenen Vulkanrümpfe haben dies dargetan. Der Einblick in den innern Bau der Berge liess zugleich die sog. homogenen, d. h. aus gleichartigem Material aufgebauten Vulkanberge von den Schicht- oder Stratovulkanen unterscheiden [44]), bei welchen letztern festere Lavaschichten mit lockern Tuff- und Geröllmassen wechselten. Je nach dem Material kommen steile Aufschüttungen bis zu 30°, 35° und mehr längs der Kegelwände vor; so steile Böschungen freilich nur am obersten Aschenkegel oder Kraterrand. Reine Lavavulkane wie die der Hawaiischen Inseln erreichen selten ein steileres Profil als 8°—10°. Nicht alle Vulkanberge zeigen an ihrem Gipfel einen kessel- oder trichterförmig ausgehöhlten Krater als obersten Rand der ehemaligen oder noch tätigen Ausbruchsstellen sondern enden mit einer stumpfen domförmigen Kuppe. Das gilt besonders von den zahlreichen Vulkangipfeln der Auvergne in Frankreich (Puy-Form). Andere sind durch einen pyramidenförmigen Auswuchs am Gipfel, bezw. deutliche Reste eines solchen (aber gleichfalls ohne Krater) ausgezeichnet. Ziemlich scharf stellen sich diesen Formen die Vulkane gegenüber, welche durch einen steil nach innen

---

[42]) W. Branco, Schwabens Vulkan-Embryonen, Stuttg. 1895; derselbe, Neue Beweise ü. d. Unabhängigkeit der Vulkane von präexistierenden Spalten, Neues Jahrb. f. Mineral., 1898, I. — [43]) E. de Martonne, Traité de géographie physique, Paris 1909, Chap. VI; Reliefs volcaniques. — [44]) K. von Seebach, Zeitschr. d. deutschen Geolog. Gesellsch. 1866, Bd. 18, 643.

sich kesselförmig herabsenkenden mächtigen Ringwall, der sog. Somma (Vesuv) oder Caldera, gekrönt sind, in dessen Senke sich vielfach später aufgebaute Aschenkegel erheben. Während man diese verschiedenen Formen früher einfach auf verschiedene Entwickelungsstadien der Vulkane zurückführte, will sie eine neuere Anschauung scharf von einander scheiden (Stübels Vulkantheorie). Diese stellt jene domförmigen mit den Calderavulkanen auf eine Linie und betrachtet sie als monogene, d. h. sie sollen im wesentlichen nur durch eine einmalige gewaltige, wenn auch auf lange Zeit fortdauernde Entleerung des unter ihnen befindlichen peripherischen Herdes bis zu dessen völliger Erschöpfung gebildet sein. In den Dombergen wäre hiernach die Krönung des einmaligen Ausbruches erhalten, in den Calderabergen dagegen die Lavamassen vor ihrer gänzlichen Erstarrung in den Eruptionsschacht und mit diesem zurückgesunken. Die Pyramidenform könnte möglicher Weise durch Emportreiben mächtiger geschlossener Staukuppen entstanden sein, wie sie die Erfahrung wieder an den Peléeausbrüchen von Martinique 1902 kennen lehrte. — Sobald nach grossen Ruhepausen, während welcher der Vulkan durch die Verwitterung und Abtragung mannigfache Umgestaltung seiner äussern Form erfahren haben kann, dieser beginnt durch Krater- und Aschenkegel-Bildung, Lavaströme und andere Begleiterscheinungen sich von neuem aufzubauen, hätte man es mit polygenen Bildungen zu tun. Die meisten noch heute oder in jüngerer Zeit tätigen Vulkane gehören hierher. Sie haben sich hierbei Eruptionsschachte aufgebaut, die leicht auch späteren Ausbrüchen die Wege weisen.

Die Mehrzahl der Vulkane wirft gleichzeitig Material aus, das den durchbrochenen Erdschichten entnommen ist. Es gibt aber auch Fälle, wo ausschliesslich dieses letztere hinausgeschleudert wird, ohne dass glutflüssige Masse folgte. Das scheint besonders bei explosiven Ausbrüchen vorzukommen, die an der Erdoberfläche oft neue kraterförmige Vertiefungen (Maare) bilden. Die Verwitterung legt nicht selten wie in der schwäbischen Alb solche tufferfüllten Durchbruchsschlote bloss (Ueber die Verbreitung der Vulkane § 165).

Eine offene Frage ist noch, ob das Auftreten von vulkanischen Erhebungen über dem Meeresboden andern Gesetzen wie auf dem Festlande folgt. Dass hier neben weiten vulkanischen Gebieten andere vorhanden sind, in denen die Auftürmung von hohen Gipfeln massenhaft und weit zahlreicher als in subaërischem Gebiet erfolgt ist, darf man vielleicht aus den Koralleninseln der Südsee schliessen, deren Sockel fast immer die steilen Böschungen vulkanischer Bildung zeigen[45]). Die meisten hohen ozeanischen Inseln sind rein vulkanischen Ursprungs, keineswegs aber alle (§ 193).

§ 135. Strandverschiebungen. In hohem Grade haben seit Mitte des 18. Jahrhunderts jene Tatsachen die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, welche immer zahlreicher an verschiedenen Küsten der Erdoberfläche für eine zwar langsame, aber doch stetige und deutlich in ihren Folgen wahrnehmbare Verschiebung der Strandlinie — der Grenze zwischen dem Meereswasser und dem festen Ufer — sprechen.

---

[45]) Gerland, Vulkanist. Studien, I; Die Koralleninseln, Beitr. z. Geophysik, II, 25—70; s. a. Pet. Mitt. 1895, 79.

Teils handelt es sich um eine Aufwärtsbewegung der Strandlinie, die man neuerdings, um im Widerstreit der Meinungen über den Ursprung der Erscheinungen einen neutralen Ausdruck zu haben, als positiv bezeichnet, teils um eine Abwärtsbewegung oder eine negative Strandverschiebung[46]).

Die senkrechte Verschiebung der Strandlinie kommt also hierbei in Frage, keineswegs etwa nur diejenige land- und seewärts ohne Höhenänderung, obwohl bei flachen Ufern begreiflicher Weise ein geringes Steigen oder Sinken der Strandlinie im vertikalen Sinn bedeutende Aenderungen im horizontalen zuwege bringt. Die Küsten gehören ja bekanntlich mit zu den veränderlichsten Gebilden der Erdoberfläche. An zahllosen Stellen des Meeresufers wandert die Strandlinie land- und seewärts, oft aus ganz lokalen Ursachen. Der Wogenandrang spült, durch stetige Winde verstärkt, das Ufer ab und zerstört es, sodass also Landverlust eintritt; oder die Strandlinie weicht infolge von Anschwemmungen weichen Erdreichs mit Abdämmung kleiner Küstengewässer immer mehr seewärts zurück und Land wird trocken gelegt. Dies alles kann aber lange Zeit hindurch ohne alle Verschiebung der Strandlinie im vertikalen Sinn vor sich gehen.

Die Abwärtsbewegung[47]) oder negative Strandverschiebung ist leichter zu beobachten und tritt auch dem Laien durch die Muschelbänke und Anhäufungen von Treibprodukten deutlich vor Augen, welche den Boden des trocknen Strandes weithin bedecken; und zwar — das ist der springende Punkt — an Stellen, welche heute die Wogen auch bei den grössten Sturmfluten nicht mehr erreichen. Es wird also hierbei immer Land trocken gelegt. Klippen tauchen unweit der Küste auf, das Fahrwasser der Küstenbuchten und Flussmündungen wird seichter.

In der Tat hat diese Erscheinung an der schwedischen Küste die Bewohner veranlasst, verschiedene Ansiedelungen wie Fischerdörfer, zu verlassen und Kilometer weit abwärts an den neuen Strand zu verlegen. Landmarken, in die Uferfelsen gehauen, haben ergeben[48]), dass der Spiegel der Ostsee im Norden durchschnittlich während der letzten 100 Jahre um etwa 1 m, also jährlich ca. um 1 Cent., in Mittelschweden um ca. $^2/_3$ dieses Betrages, im Süden verschwindend unter die Landmarken gesunken ist.

Positive Strandverschiebung fällt weniger in die Augen. Indessen hat die Entdeckung alter Baureste im Wasser, weiter Torfmoore, ja ganzer versunkener Wälder mit aufrechtstehenden, im Sand vergrabenen Bäumen gleichfalls aufs deutlichste nachgewiesen, dass der Landverlust mit einer Aufwärtsbewegung der Strandlinie im engsten Zusammenhang steht, sei es direkt, sei es, indem dadurch dem Wogenandrang die Annäherung, die Belastung und Zerstörung des Ufers erleichtert wird. In manchen Fällen kann ein Zusammensacken des durchfeuchteten Uferbodens allerdings ähnliche Wirkungen

---

[46]) Diese Bezeichnung rührt von E. Suess her. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt Wien, 1880, S. 171. Der Kritik der beobachteten Erscheinung sind wesentlich die Abschnitte VIII — XIV. im 2. Bde. seines Werkes: Das Antlitz d. Erde, 1888, gewidmet. — [47]) Vergl. F. Hahn, Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten, Leipzig, i. J. 1879, also vor der Suessschen Kritik, erschienen. — [48]) Penck, Morph. II, 1894, 537. Die Zusammenstellungen nach L. Holmström (1888).

hervorrufen, und das Mass der positiven Strandverschiebung hat man mit Sicherheit heute noch nicht bestimmt. Die Gesamtheit der Vorgänge erheischt die Aufstellung zahlreicher selbstregistrierender Pegel an allen Küstenpunkten der Erde zur Entscheidung der interessanten Fragen.

Man hat diese Erscheinungen im 18. Jahrhundert auf eine Niveauschwankung des Meeresspiegels zurückgeführt, dann aber die Bewegung auf die Erdrinde selbst übertragen und daher bis vor kurzem stets von Hebungen und Senkungen der Küsten oder einem Auf- und Absteigen derselben gesprochen. In diesem Stadium sind die Gesamtbeobachtungen auch auf Erdkarten übertragen [49]), aus denen, abgesehen von den unerforschten Gebieten, eine ziemlich regellose Verteilung der Erscheinung hervorzugehen schien. Seit indessen eine strengere Kritik viele Beobachtungen als irreführend oder unrichtig gedeutet nachgewiesen hat, ist man von diesen Versuchen zurückgetreten [50]). Zugleich kehrte man zu früheren Anschauungen zurück und erblickte aus theoretischen Gründen im Schwanken des Meeresspiegels bei unbeweglicher Grundlage des Bodens wiederum die Ursache der Erscheinungen [51]). Indessen gründliche Einzelerforschungen innerhalb beschränkter Gebiete aus neuester Zeit weisen langsame Aufwölbungen bestimmter Rindenteile der Erde, speziell von Schweden, wie es scheint, so ausreichend nach, dass man langsame, sog. saekulare Bodenschwankungen wie in früheren Zeitaltern auch für die Jetztzeit zur Erklärung der fraglichen Verschiebungen wird heranziehen müssen. Aber weil solche Nachweise im einzelnen sehr schwierig zu führen sind, wird man gut tun, zur Zeit negative Strandverschiebung nicht ohne weiteres mit Hebung des Landes, positive mit Senkung desselben gleichbedeutend zu setzen.

Gegen die Ansicht [52]), dass es sich bei diesen Erscheinungen um eine sog. „Umsetzung der Meere“ handelte, wonach zur Zeit das Weltmeer das Bestreben haben sollte, von den Polen mehr nach den aequatorialen Gegenden zu strömen, lässt sich trotz des Umstandes, dass negative, mit Landgewinn verbundene Strandverschiebungen vorwiegend und in grösserm Betrage in höhern Breiten beobachtet sind, sagen, dass dann in diesen Gegenden ein gemeinsames Zurückweichen der Strandlinie zu bemerken sein müsste. Dies ist jedoch nicht der Fall. Ein etwaiges Einsinken der grossen Meeresbecken oder einzelner Teile kann gleichfalls nicht die Ursache sein, da sonst an allen Küsten der Erde Land blossgelegt werden oder der Meeresspiegel sinken müsste, was ebenfalls den Beobachtungen widerspricht.

Nun schien es, als könne der Massentransport von Sedimenten, welche die Flüsse herabführen, den Wechsel der Strandverschiebungen dadurch erklären, dass die längs der Küsten abgelagerten Massen auf

---

[49]) S. d. Karte in R. Credner, Die Deltas, Erg.-Heft z. Pet. Mitt. 1877, in Hahns Werk 1879 (Anm. 47) und Berghaus, Phys. Atl. I, Taf. 3. — [50]) Neumayr hat keine solche Karte. — [51]) Hauptvertreter dieser Ansicht ist Ed. Suess, Antlitz d. Erde, Bd. II, 1888. — [52]) Die Quellen für alle diese Kontroversen findet man am besten in E. Rudolphs u. E. Tams' kurzen Referaten im Geogr. Jahrb. zusammengestellt. S. auch Penck, Morph. II, 525—544, und die übersichtliche Skizze von Philippson in Geogr. Zeitschr. I, 1895, 213—224.

das Meer eine anziehende Wirkung ausübten und seinen Spiegel also höben. Indessen kann dann kaum auf kürzere Strecken die negative Verschiebung beobachtet werden, wie es tatsächlich geschieht, und besonders eine zeitlich so rasche Aenderung nicht eintreten, wie man sie z. B. in Schweden beobachtet hat. Somit dürften langsame Aufwölbungen der Erdrinde, wie man für Schweden sie immer wahrscheinlicher gemacht hat[53]), den Wechsel der Erscheinungen doch am besten erklären, zumal wenn man in die Vergangenheit blickt.

Die alten Strandlinien[54]). Stark in die Augen fallend sind an felsigen Küsten und Buchten die eingekerbten Strandlinien, welche man ganz besonders in Norwegen (dort Seter genannt) und Nordamerika, überhaupt aber in höhern Breiten hoch über dem heutigen Meeresspiegel wahrnimmt. Meist ist ihnen eine Strandterrasse mit Muschelbänken vorgelagert. Kein Zweifel, dass das Meer einst in der Höhe dieser Linien stand, wenn man ihre Entstehung auch mit grösserm Recht auf Zeiten zurückführt, in denen Eisschollen, sich an den Felswänden reibend, diese Spuren hinterliessen. Denn die Meeresbrandung kann unmöglich in den engen Fjordkanälen eine solche erodierende Wirkung ausüben. Andererseits fehlen die Strandlinien zumeist an den Aussenküsten z. B. Norwegens und haben sich dagegen im Innern in solchen Höhen (bis zu 1100 m) nachweisen lassen[55]), dass das Meer diese Gegenden nicht erreicht haben kann. Dies hat zu der Vermutung geführt, dass die Strandlinien in einstigen Binnenseen, die in der Eiszeit gegen die Küste hin durch Gletscher abgeschlossen waren, durch die Reibung des Eisfusses der in sie herabhängenden Seitengletscher gebildet sein könnten. Uns interessieren jene alten Strandlinien hier nur deshalb, weil sie nicht durchweg horizontal verlaufen, sondern meist z. B. in Norwegen mit schwacher Steigung nach innen; ja dieselbe Steigung ist auch in Schweden für solche Terrassen festgestellt, welche mit den gleichartigen, also gleichzeitig lebenden Fossilien bedeckt sind. Da nun auch die ehemaligen Strandlinien in den grossen diluvialen Binnenseen Nordamerikas, deren Reste uns heute nur noch in kleineren Becken erhalten sind[56]), vielfach nicht horizontal verlaufen, wie es bei einfacher Entwässerung oder allmählicher Verdunstung ohne Aenderung der Beckenunterlage der Fall sein müsste, so darf man auch hierin den Beweis für langsame Biegungen der festen Erdrinde sehen.

Im Bereich der grossen archaischen Scholle von Fennoskandia hat man die Niveauverschiebungen in spät-glazialer Zeit durch Einzeichnung von sog. Isobasen oder Linien gleicher Deformationen feststellen können[57]), indem man

---

[53]) S. R. Siegers sorgfältige Studie: Seeschwankungen und Strandverschiebungen in Skandinavien, (Zeitschr. f. Erdk., 24. Bd. 1893, bes. S. 477 ff.). — [54]) Sandler, Z. Strandlinien- und Terrassen-Literatur. (Wiss. Veröffentl. d. Ver. f. Erdk., Leipzig 1891, 295—313, und Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 144 ff.). — [55]) A. M. Hansen, om Seter in Central Norway, (Nature, Bd. 23, 1886). — [56]) Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 147. — [57]) G. de Geer, Verhandl. geol. Ges. Stockholm, XX, 1898; W. Ramsay, Ueber die geolog. Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit. (Zeitschr. Fennia XVI. Helsingfors 1900, 1—146, bes. 122 ff.); E. Geinitz, Das Quartiär in Nordeuropa, 1904.

alle Punkte gleicher Höhe der ehemaligen Strandlinien mit einander verband. Das Gebiet grösster Deformation (um 200—250 m) scheint danach in der Gegend des Bottnischen Meerbusens gewesen zu sein. Andererseits haben die Fossilien der Muschelbänke Skandinaviens wahrscheinlich gemacht, dass seit der Eiszeit mehrere Niveauschwankungen sich abgelöst haben [58]). Das sog. Yoldaameer (nach einer ein polares Klima voraussetzenden Muschel, der Yoldia arctica, benannt) hätte hiernach Skandinavien bis zu einer Höhe von 200 m bedeckt. Dann wich dasselbe zurück, die Ostsee ward in einen Binnensee verwandelt, die sog. Ancylussee, deren Leitfossil in einer Flussschnecke bestand, bis durch erneute positive Strandverschiebung das Litorinameer mit der gemeinen Uferschnecke, Litorina fluviatilis, sich bildete, das auch über die südlichen Gestadeländer übergriff. Seitdem befinden sich, wie oben angedeutet, die Strandlinien Schwedens wieder in rückläufiger Bewegung (negative Strandverschiebung).

III. Umgestaltung der Erdrinde von aussen [59]).

§ 136. Verwitterung und Abtragung [60]). So fest uns das Gerüst, aus dem die Erdkruste aufgebaut ist, erscheinen mag, so ist ein jedes Felsgestein der allmählichen Zerstörung ausgesetzt, sobald es an ihre freie Aussenseite d. h. in den Bereich der Sonnenbestrahlung, der atmosphärischen Luft und des bewegten Wassers und unter den Einfluss einer Vegetationsdecke gelangt. Die Gesamtheit der Vorgänge, wodurch hier die Gesteine mechanisch in kleinere Stücke zertrümmert oder chemisch zersetzt und damit zum Zerfall in lockere Bestandteile gebracht werden, nennen wir die Verwitterung. Sie spielt sich also wesentlich auf der Landoberfläche ab, wogegen die ruhende Wasserbedeckung den Grund der Seen und des Meeres im allgemeinen den oben genannten, von aussen wirkenden oder sog. exogenen Kräften entzieht.

Wie die Sonne überhaupt das belebende und damit umgestaltende Element an der Aussenseite des Erdballs ist, so vermag sie auch direkt an der Auflockerung der obersten Schichten des festen Gesteins mitzuwirken. Rascher und ungleicher Wechsel der Temperatur bringt Gesteine zum Zerspringen; je nach der innern Struktur in schaligen Abblätterungen oder in Durchsetzung mit feinen Spalten. In trocknen Klimaten [61]) wie besonders den Wüsten erhitzt die Sonnenbestrahlung die Gesteine im hohen Grade, während sie sich nachts ebenso rasch und tief abkühlen. Daher das häufig beobachtete Klingen beim Zerspringen der Gesteine in der Wüste, das Abrieseln feinster Blättchen von einer direkt bestrahlten Felswand, welche durch Salzkrystalle bereits gelöst sind, das Zerfallen des Granits in Grus infolge der verschiedenen Erwärmung seiner Gemengteile u. s. f.

---

[58]) Geinitz, Die Eiszeit, Braunschw. 1906, 89—100; Die postglazialen Niveauschwankungen. — [59]) Penck, Morph. I, 202—471; Supan, Phys. Erdk., 5. Aufl. 1911, 466—610; Brückner, Die feste Erdrinde, 1897, 177—278: Die exogenen Vorgänge; A. Rühl, Der Einfluss von Verwitterung und Erosion auf die Bodengestaltung; Umfangreicher Bericht über die 1903—09 erschienenen Arbeiten unter möglichst scharfer Gliederung der Erscheinungen. Geogr. Jahrb., Gotha, XXXV, 1912, 81—142. — [60]) J. Walther, Lithogenesis, 1895, 554 ff. — [61]) J. Walther, Die Denudation in der Wüste. (Verh. d. X. D. Geogr.-Tages 1893, 148 ff.); Ders., Das Gesetz d. Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit, Berlin 1900.

Im Laufe der Zeit zersprengt somit die Sonne die Steinbedeckung weiter Gefilde in immer kleinere Trümmer. — Wo Feuchtigkeit hinzutritt und jahreszeitliche Eisbildung vor sich geht, ist der in die feinsten Ritzen eindringende Spaltenfrost der Hauptbeförderer mechanischer Zertrümmerung des Gesteins, ähnlich wie der Landmann unserer Gegenden den Bodenfrost als Mittel zur Lockerung des Ackerbodens begrüsst, oder wie die im Gletschereis befindlichen Schuttmassen durch das häufige Gefrieren und Auftauen dem Zerreiben zugeführt werden. Das Wasser hat bekanntlich bei 4^0 C. seine grösste Dichte und dehnt sich also beim Herabsinken auf den Gefrierpunkt ein wenig aus. Hochgebirge und höhere Breiten mit Winterfrösten sind der Schauplatz grossartiger Gesteinsverwitterung.

Sie wird befördert durch alles, was die Spaltenbildung begünstigt und die Bindemittel der Gesteinsbestandteile auflöst und fortschafft. Damit ist dem Wasser eine ungemein wichtige Rolle in diesem Vorgang zugewiesen, insofern es zunächst gewisse mineralische Stoffe chemisch aufzulösen vermag, wenn auch nicht immer im reinen Zustand, sondern mit Hilfe der selten fehlenden Kohlensäure oder organischer, durch den Pflanzenwuchs erzeugter Säuren. Es scheiden sich damit die gesteinsbildenden Felsarten in zwei Gruppen. Die einen widerstehen dem Angriff des Wassers bei gewöhnlicher Temperatur, sie sind unlöslich. Hierzu gehören die meisten Silikate, also vor allem der Quarz (die reine Kieselsäure), der mechanisch zu Quarzsand zerfällt, und die Tongesteine (kieselsaure Tonerde), deren Bestandteile als Staub vom Winde oder als feiner Schlick vom fliessenden Wasser aus andern Gesteinen wohl ausgeschlemmt, aber nicht chemisch aufgelöst werden. Zur Gruppe der löslichen Gesteine dagegen gehören Kalk, Gyps (schwefelsaurer Kalk) und das Steinsalz, um nur die verbreitetsten Gesteine zu nennen. Da aber die meisten Felsarten aus Gemengen verschiedenartiger Bestandteile oder auch aus mannigfaltigen Verbindungen, zersetzbaren und unzersetzbaren, bestehen, so läuft die Verwitterung bei ihnen auf eine Zerfällung in die verwitterbaren Teile und unverwitterbaren Rückstände hinaus. Werden dann die Poren oder Haarspalten tiefer liegender Gesteinsschichten durch feine unlösbare Bestandteile zugeschlemmt, so wird der Verwitterung meist eine Grenze gesetzt. Das Wasser läuft ohne einzudringen an diesen Schichten entlang. Die Durchlässigkeit für Wasser spielt also schon bei diesem Vorgang eine wichtige Rolle. Wo starke Verdunstung stattfindet, und mit dem emporgehobenen Wasser die gelösten Stoffe sich in der Oberschicht niederschlagen oder die Poren verstopfen, bildet sich nicht selten eine harte Schutzkruste, während im Innern die Zersetzung weiter geht.

Mineralogische Zusammensetzung, Härte des Gesteins oder Festigkeit des Gefüges, aber ebenso Lagerung, Zerklüftung durch tektonische Vorgänge wie z. B. Schieferung, die das gesamte Gestein durch Tausende von parallelen Spaltflächen bereits durchsetzt, bedingen also grosse Unterschiede in der Art und in der Schnelligkeit des Verwitterungsvorgangs. Manchmal endigt er schon hart unter der äussersten

Kruste des Felsgesteins. Die geschlossene Pflanzendecke bildet im allgemeinen ebenso wie die Firndecke der Hochgebirge einen Schutz gegen zu starken Angriff der Atmosphärilien, indem sie das Wasser zurückhält und die Sonnenbestrahlung mildert. Wo aber die Regenmassen die Aufnahmefähigkeit der Vegetation überschreiten, wo der üppige Pflanzenwuchs beim Verwesungsvorgang den Boden mit Humussäure durchtränkt wie in den Tropen, da greift die Verwitterung tiefer und tiefer ins Gestein; nirgends findet man daher tiefgründigern Boden als dort. Man hat ihn hie und da bis 100 m tief verwittert oder durch diese Vorgänge umgestaltet gefunden.

Dasselbe Gestein vermag nach obigem auch sehr verschiedene Verwitterungsformen anzunehmen, je nachdem die einzelnen Verwitterungsprodukte auf seiner Oberfläche liegen bleiben oder von ihr entfernt werden. Der grosse Vorgang der Abtragung alles lockern Bodens, zu dem wir uns nun wenden, beginnt mit der Abhebung (Ablation) kleinster Partikel, welche sich gelöst haben; nur selten geschieht dies durch ihr eigenes Gewicht, meist unter Beihilfe der bewegten Luft oder des rinnenden Wassers. Die Flächen-Abspülung durch das Regenwasser summiert sich in feuchten Klimaten zu grossartigster Wirkung und erzeugt hie und da typische Verwitterungsformen.

Dahin gehören im lockeren Erdreich die viel genannten Erdpyramiden, wie sie sich in Südtirol finden. Dieselben sind aus der gleichmässigen Decke von Moränenschutt (§ 143) dadurch herauspräpariert, dass grössere Blöcke als Decksteine gedient haben, unter welchen die Regenspülung das Erdreich nicht fortführen konnte, während die letztere, verstärkt durch die vom Deckstein gesammelten Tropfen, den lockern Boden ringsum immer tiefer weggewaschen hat. — An Einzelformen der Verwitterung sind besonders Kalkgebirge reich[62]). Besteht die Oberfläche aus reinem Kalkstein und ist sie von steilerem Gehänge, so gräbt reichlich über sie rinnendes meteorisches Wasser, verteilt in feine Rinnsale, allmählich Rillen in die Oberfläche; die flachen Erhöhungen zwischen jenen gehen in Rippen über; die Rillen vertiefen sich, das Wasser sammelt sich in Querrinnen, durch die auf die gleiche Weise scharfkantige Querrippen ausgearbeitet werden, bis die Gesamtoberfläche mit diesen Gebilden derart bedeckt ist, dass die Ueberschreitung zu den grössten Mühsalen gehört. Dies ist die sog. Karren- oder Schrattenbildung. — Auf ebenen Flächen wittern die Tageswässer im Kalkstein häufig schüssel- oder trichterförmige Vertiefungen aus, wenn Spalten im Gestein dem rinnenden Wasser und den gelösten Stoffen den Austritt nach unten gestatten. Solche Dolinen, im Karstgebirge besonders häufig, pflegen am Grunde Sande und Lehme als Lösungsrückstände zu enthalten. Bilden sich ähnliche Vertiefungen durch denselben Vorgang unter einer fremdartigen Schuttdecke — sie treten immer gesellig auf —, so nennt man die Erscheinung geologische Orgeln.

Zusammengesetzte Verwitterungsformen werden dort entstehen, wo verschiedenartiges Gestein in raschem Wechsel der Lagerung den gleichen Verwitterungsbedingungen ausgesetzt ist. Das tritt besonders bei Berggipfeln und solchen Bergkämmen hervor, an denen Schichtenköpfe zutage kommen. Die weicheren und angreif-

[62]) Cvijić, Das Karstphänomen. (Geogr. Abhandl., Bd. V, 3, Wien 1893). A. Penck, Ueber das Karstphänomen in Schriften d. Ver. z. Verbreitung naturwiss. Kenntnisse in Wien, Jahrg. 44, Heft 1, 1904; vergl. d. Bericht v. A. Rühl (Anm. 59), 111—116.

bareren unter diesen werden schneller verwittern, die härteren aus dem Schutt jener allmählich hervorragen. Doch hängen die wahrhaft typischen, in die Augen fallenden Formen hier mehr von lokalen Verhältnissen ab, ob nämlich der Verwitterungsschutt überhaupt und wie schnell er entfernt wird, oder wie er sich dem stehengebliebenen Felsgerüst anlagert.

Denudation. Dies leitet zu den grösseren Kräften über, welche umgestaltend auf die äussere Erdoberfläche einwirken, indem sie die angehäuften Schuttmassen fortschaffen und oft weit vom Ursprungsort von neuem zur Ablagerung bringen. Wir sprechen von den Wirkungen der Schwerkraft, denen des fliessenden Wassers, des gleitenden Gletschereises, der brandenden Meereswelle und der bewegten Luft, also des Windes. Nicht unwesentlich tragen sie selbst vermöge ihrer Zug-, Druck- oder Stosskraft zur Auflockerung und Abnutzung des Gesteins oder Erdreichs, auf welches sie wirken, bei, wenn auch die Verwitterung, wie sie eben geschildert ist, die wichtigste Vorbedingung ihrer Wirksamkeit ist.

Man hat diese Kräfte als „denudierende" zusammengefasst, ein Name der allerdings nur die negative Seite der Umgestaltung, die Entblössung (Denudation) der Erdkruste von dem lockern Boden betont, für welche andere den Namen „Abtragung" vorziehen. Aber zur Zeit mangelt es an einem Ausdruck, der gleichzeitig auch die nicht minder wichtige Wiederablagerung (Akkumulation) in sich begreift. Stellt man die Denudation[63]) als Gesamtwirkung der von aussen umgestaltenden (exogenen) Vorgänge der Tektonik oder der von innen die Erdrinde aufbauenden (endogenen) gegenüber, so gehört ersterer die Verwitterung selbstverständlich als ein ungemein wichtiges Glied ebenfalls an. Uebrigens wirken diese denudierenden Kräfte selten allein, bei den meisten Vorgängen, die zu schildern sind, unterstützen sie einander.

§ 137. Bodenverlagerung. Schutthalden und Bergstürze. Das eigene Gewicht kann zur Ortsveränderung verwitterten Gesteins nur dann führen, wenn es sich auf so stark geneigter Fläche befindet, dass die Reibung überwunden wird. Zwischen dem oben geschilderten Herabrieseln sandiger Blättchen und dem Herabrutschen und -rollen grösserer Geschiebe an einer Bergwand findet nur ein Unterschied dem Grade nach statt. Bei steiler Felswand bedeckt sich der Fuss rasch mit mächtigen Haufen von Steinschutt, die sich an die Wand anlehnen und nach unten verflachen, den sogenannten Schutthalden. Sie fehlen in der Wüste meist, nicht weil die Verwitterung an sich dort gering wäre, sondern weil der Wind als wichtigste Transportkraft sie sofort über die ebenen Flächen ausbreitet, die einen schroffen Gegensatz zu den steilen Wänden der Erhebungen bilden.

---

[63]) A. Supan (Grundz. 1896, 340; 1911, 466) schlägt den Namen Destruktion für die Arbeitsleistung der Verwitterung und Abtragung vor, aber destruierend, d. h. niederreissend, zerstörend wirkt doch auch der tektonische Vorgang des Bruches. A. Hettner (Geogr. Zeitschr. XVII, 1911, 136) will wie Davis den Namen Denudation nur für Abtragung, die mit Entblössung des Felsens verbunden ist, angewendet wissen, gibt aber keinen Namen für die Gesamtwirkung exogener Kräfte. W. M. Davis bezeichnet, vom Erosionszyklus sprechend, diese Gesamtwirkung mit dem Namen „Erosion", wogegen sich zahlreiche deutsche Forscher ausgesprochen haben.

Wird eine grössere Gesteinsmasse, gleichviel ob aus festem Gestein oder aus Gebirgsschutt bestehend, der Unterlage beraubt, so stürzt sie in die Tiefe, dabei in grosse und kleine Blöcke zerschellend und in wilder Anordnung der Einzelbestandteile. Dies ist unmittelbar ein Hauptvorgang bei Abtragung der Landoberfläche, ja bei Zerstörung ganzer Gebirgsmassen, wenn auch die Veranlassung, die Entziehung des Stützpunktes, eine sehr verschiedene sein kann. Sie findet statt, wenn das strömende Wasser den weichen Uferrand benagt, wenn die Meeresbrandung das steile Ufer unterhöhlt, oder wenn weichere, der Verwitterung leichter zugängliche Schichten im Gestein unterlagern, die nach ihrer Aufbereitung von der Stirnseite aus die Decke nicht mehr zu tragen vermögen. Auch Steinbrüche wirken in ähnlicher Weise gefahrbringend. Befördert werden solche Bergstürze und Bergrutschungen durch Bildung einer glatten Gleitfläche unter dem durch Wasser gelockerten Gestein, was sich seit langer Zeit langsam vorbereitet haben kann. Verschiebungen der Erdkruste, wenn auch in weiteren Fernen vor sich gehend, jedoch durch die Erdbebenwellen fortgeleitet, können ebenfalls den letzten Anstoss zu solchen Bergstürzen geben. Sie sind besonders in Italien eine häufige Erscheinung und werden dort als „Frane“ (Sing. Frana) bezeichnet [64]). Umgekehrt kann auch eine zu starke Belastung lockeren Boden zum Weichen bringen, wie das bei Seeuferrutschungen beobachtet ist [65]). Sandiger Baugrund ist daher besonders vor starker Durchtränkung durch Grundwasser und Quellen zu schützen. Mehr und mehr schenkt man der langsamen Abwärtsbewegung des lockern Erdreichs, bei der Frost und Wiederauftauen des Bodens, periodische Durchnässung und Austrocknung die Hauptrolle spielen und die zur Ausgleichung der Bodenformen vielfach mitwirken, Beachtung [66]). Man kann alle diese Vorgänge unter dem Namen einer Bodenverlagerung zusammenfassen [67]).

§ 138. Grundwasser und Quellen [68]). Das Meer ist die Mutter der Gewässer des Festlandes. Natürlich führt die Verdunstung auf dem letzteren selbst der Luft jahraus jahrein ungeheure Mengen von Wasserdampf zu, die in flüssiger oder fester Form als Regen und Schnee dem Boden wieder zurückgegeben werden. Aber diese Menge bedarf eines beträchtlichen Zuschusses von Wasserdampf, welcher vom Meere abgehoben und durch die Luftströmungen dem Lande zugeführt wird.

---

[64]) R. Almagià, Studi geograf. sulle frane in Italia; Soc. Geogr. Ital. Memorie XIII. Roma 1907. Vergl. darüber G. Braun in Geogr. Zeitschr. XIV, 1908, 511—15. — [65]) V. Pollack, Ueber Seeufer-Senkungen und -Rutschungen. (Zeitschr. d. österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins 1889). — [66]) G. Götzinger, Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen, (Pencks Geogr. Abhandl. XI, 1, Leipzig 1907). Er schlägt das unschöne Wort „Das Gekriech“ für das langsame Abwärtsrücken des Bodens vor. — [67]) Diese von A. Rühl stammende Bezeichnung (Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 86) verdient in der Tat den Vorzug vor der der „Bodenbewegungen“, welche bekanntlich auch in der Erdbebenkunde gebräuchlich ist für feinste Schwankungen des Bodens. Vergl. G. Braun, Ueber Bodenbewegungen, XI. Jahresber. d. Geogr. Ges. in Greifswald 1907—08, 17—37. — [68]) H. J. Haas, Quellenkunde, Leipzig 1894. W. Gerbing, Berichte über die Gewässerkunde im Geogr. Jahrb., Gotha XXX, 1907, 181 ff.

Man hat darüber bereits Berechnungen angestellt (§ 249 Schluss). Von dem gesamten Wasser geht ein Teil unmittelbar wiederum durch die oberflächliche Verdunstung oder mittelbar durch die Wurzeln der Pflanzen und Verdunstung mittelst der Blätter in die Atmosphäre zurück. Ein anderer Teil fliesst oberflächlich ab und besorgt hierbei, wie wir sahen, die Abspülung des betroffenen Erdoberflächenteils; der Rest dringt in die Erde ein.

Grundwasser[69]). Diesen letzteren verfolgen wir zuerst. Die oberflächlichen Schichten müssen wir uns von zahllosen Adern, vom feinsten Haarspalt bis zur deutlichen Rinne, durchzogen denken, die grossenteils ihren Ursprung selbst der auflösenden Wirkung einsickernden Wassers verdanken. Diese feinen Kanäle gewähren also dem Regenwasser den Zutritt nach unten, bis es eine undurchlässige Schicht, über der es sich staut, oder eine ruhende Wasserschicht trifft, welche es aufnimmt. Dies in den oberen lockeren Erdschichten verbleibende Wasser nennt man das Grundwasser, welches dem Boden selten ganz fehlt, aber in seiner Mächtigkeit von wechselndem Bestand ist. Bei starker Verdunstung, wie sie dem heissen Wüstenboden eigen ist, zieht sich das Grundwasser in bedeutende Tiefen zurück, in niederschlagreichen Gegenden dringt es bis hart an die Oberfläche. Der Spiegel unserer Brunnen, die vom Grundwasser gespeist zu werden pflegen, gibt uns einen jeweiligen Oberflächenstand an. Langsam bewegt es sich auf geneigtem Untergrund abwärts. In Flusstälern wechselt der Grundwasserstrom zuweilen seine Richtung, indem er in regenreichen Zeiten zum Flussbett abfliesst, in trocknen bei starker Verdunstung sich aus dem Flusswasser verstärkt. Da man am Meeresstrand bei Bohrungen fast immer auf süsses Wasser trifft, so ist dies ein Beweis stetigen Abflusses des im Dünensand gehobenen Grundwassers nach dem Meere zu[70]).

Quellen. Das tiefer eindringende Wasser sammelt sich aber weiter zu kleineren oder grösseren Wasseradern, deren Weg durch die Lage durch- oder undurchlässiger Schichten oder durch Risse und Spalten zwischen diesen bestimmt wird, und die zuletzt als Quellen zutage treten. Geselliges Auftreten von Quellen längs einer Linie lässt daher meist auf Verwerfungen innerhalb des durchzogenen Gesteins schliessen. Sind wasserhaltige Schichten kesselförmig gebogen und gleichzeitig von undurchlässigen Schichten überlagert, so kann das Quellwasser naturgemäss einen Austritt nach oben nicht finden. Stellt man jedoch durch senkrechte Durchbohrung der auflagernden Schichten einen solchen her, so sprudelt ein sogenannter artesischer Brunnen (so benannt, weil in der Grafschaft Artois in Nordfrankreich zuerst erbohrt) oft mit mächtigem Strahl empor; er wird durch den hydrostatischen Druck im Gang erhalten, erreicht also die Höhe, bis zu welcher die wasserhaltige Mutterschicht an den Kesselseiten an-

---

[69]) v. Richthofen, Führer f. Forschungsreisende 114 ff. P. Gerhardt, Grundwasser u. Quellen in Bubendey's Handbuch der Gewässerkunde, 4. Aufl., Leipzig 1911, 63—97. — [70]) v. Richthofen, a. a. O. S. 117.

steigt. Mit grossem Nutzen sind in Algier und manchen welligen Steppengebieten auf diese Weise trockne Distrikte künstlich bewässert worden.

Durch die mit Kohlensäure erfüllten Moderschichten der Oberfläche dringend löst das atmosphärische Wasser grössere oder geringere Quantitäten dieser Luftart in sich auf und wird dadurch in den Stand gesetzt, je nach der Natur des durchzogenen Gesteins sich mit gelösten Stoffen zu beladen; unter diesen spielen Kalkverbindungen im allgemeinen die Hauptrolle. Solches Wasser nennt man hartes Wasser. Bisweilen herrschen auch Salze vor, z. B. Kochsalz, wenn das Wasser auf seinem unterirdischen Wege auf Salzlager trifft, in diesem Falle bilden sich Soolen. Beim Vorherrschen anderer Lösungen spricht man von Mineralwässern. Alle verdanken diese Beimischungen den Gesteinen, durch welche sie fliessen. Talis est aqua, qualis terra per quam fluit (Plinius). — Die Temperatur, mit welcher die Quellen hervortreten, richtet sich im allgemeinen nach der Tiefe, bis zu welcher das Wasser ins Innere der Erde eingedrungen ist. Quellen, die aus oberflächlichen Schichten kommen, haben eine Temperatur, die der mittleren Jahrestemperatur des Ortes gleich kommt; in den Tropen sind also wenig erfrischende Quellen von 20 — 25 ° C. die Regel. Kalte Quellen haben ihren Ursprung oft in weit abliegenden höher gelegenen Gebirgsgegenden. Aus tiefern Erdschichten dagegen brechen heisse Quellen, Thermen, hervor, deren Temperatur in einzelnen Fällen 100 ° beträgt. Doch verdanken diese Thermen ihre Wärme nicht bloss der nach der Tiefe zunehmenden Erdtemperatur, sondern nicht selten chemischen Vorgängen im Innern der Erdrinde; und begreiflich ist, dass sie ein häufiger Begleiter vulkanischer Erscheinungen sind. Die Fähigkeit, Mineralstoffe zu lösen, wächst im allgemeinen mit der Temperatur.

Die chemisch auflösende Wirkung des Quellwassers entführt der äussern Erdrinde nun jedenfalls ausserordentliche Stoffmengen, wenn auch in kleinsten Beträgen; sie ist es, die die Bildung unterirdischer Höhlungen einleitet. Am meisten tritt uns dies bei ausgelaugten Salzlagern entgegen, ähnlich bei dem leicht angreifbaren Kalkstein. Indem Decken ihrer Unterlage beraubt werden und einstürzen, gewinnt das fliessende Wasser Zutritt und räumt die Höhlen weiter aus.

Beim Hervorsprudeln heisser Quellen pflegen infolge der Abkühlung und starken Verdampfung die aufgelösten Stoffe sich rasch niederzuschlagen und die Austrittsstellen mit sog. Sinterkegeln oder Sinterterrassen zu umgeben, die in manchen Geysirgebieten der Landschaft ein eigenes Gepräge geben. Derselben Erscheinung gehört die Tropfsteinbildung vieler Höhlen mit ihren oft bizarren Formen an.

§ 139. Das strömende Wasser[71]. Das oberflächlich abfliessende Wasser, welches die Abspülung des Erdbodens besorgt, sammelt sich in

[71]) R. Jasmund, Fliessende Gewässer in Bubendey's Handbuch (s. Anm. 69), 116 — 473.

Rinnsalen, die verstärkt durch die hervorbrechenden Quellgewässer sich zu Bächen, Flüssen und Strömen vereinigen. Sie bergen in dem sich hinabwälzenden Wasser eine gewaltige Summe lebendiger Kraft, die grossenteils zur Umgestaltung und Abtragung der Festlandsfläche dient. Zwar ist die Wirkung im einzelnen Rinnsal nur linear; die Flusserosion, wie man die ausgrabende und ausräumende Arbeit nennt, erzeugt Hohlformen, in denen die Längenausdehnung bei weitem diejenige der Tiefe und Breite übertrifft. Aber indem jeder Fluss sich aufwärts in ein immer engeres Adersystem verzweigt, breitet sich die Gesamtwirkung flächenhaft über weite Gebiete aus.

Die eigentlich bewegende Kraft ist hierbei der unausgesetzte Stoss, den das in den Bereich des fliessenden Wassers kommende Erdreich erfährt. Seine Grösse hängt also in erster Linie von der Masse des Wassers (m) und von der Schnelligkeit der Fortbewegung — gleichsam der Wiederholung des Stosses — oder der Strömung (v) ab, ist also dem Produkte beider $m \cdot v$ proportional. Je gerader der Stoss, um so stärker die Wirkung; das fallende Wasser besitzt also die grösste erodierende Kraft.

Das Studium dieser Verhältnisse[72]) knüpft an Längs- und Querschnitt einer fliessenden Wassermasse an. Der erstere gibt uns für jede Teilstrecke die Neigung der Sohle der Hohlform an oder das Flussgefäll. Da es sich hierbei meist um sehr geringe Neigungswinkel handelt, so drückt man das Gefäll durch das Verhältnis des Höhenunterschiedes zweier Talpunkte (h) zu der dazwischenliegenden Flussstrecke (a) aus und führt dies auf die Einheit des Kilometers zurück.

Hochgebirgsflüsse haben nicht selten ein (relatives) Gefäll von 5, ja 10 m (auf 1 km). Der Rhein besitzt z. B. zwischen Basel und Breisach mit 0.9 m noch den Charakter eines Wildwassers, ähnlich dem Nil im Gebiet seiner Katarakte. Bei Niederungsströmen beträgt das Gefäll 0.10 m bis 0.05 m und weniger, und die Bergfahrt hört im allgemeinen schon bei einer Neigung von 0.15 m auf 1 km auf. — Das durchschnittliche Gefäll eines Flusses kann hiernach scheinbar leicht von geographischen Karten abgelesen werden, sobald sie genügende Höhenangaben für Talpunkte besitzen (was freilich noch immer viel zu wenig der Fall ist). Aber da die Krümmungen der Flusslinien auf den Karten stets generalisiert, d. h. stark vereinfacht werden, wird die Streckenmessung ein zu kleines, die Berechnung des rohen Gefällwinkels also ein zu grosses Resultat liefern. Besser wird die Bestimmung auf topographischen Karten oder mittelst des Flussnivellements (§ 180: Stromentwickelung) zum Ziele führen. Für die Erosionswirkung kommt selbstverständlich nicht das mittlere, sondern immer nur das örtlich vorhandene Gefäll jeder kleinsten Teilstrecke in Betracht.

Die Geschwindigkeit der Strömung[73]) wächst nicht allein mit dem Flussgefäll sondern auch mit der Wassermasse und ihrem Verhältnis zur benetzten Fläche des Strombettes. Diese letztere ist es, welche mittelst der Reibung den Wasserfäden in ihrer Fortbewegung

---

[72]) Diese und ähnliche Verhältnisse werden am besten an einzelnen durchgeführten Beispielen klar. Als solches empfiehlt sich u. a. M. Honsells Vortrag über den natürlichen Strombau des deutschen Oberrheins. (Verh. d. VII. D. Geogr.-Tages zu Karlsruhe 1887, 33 — 52). — [73]) Penck, Morph. I, 268 ff.

Widerstand leistet. Die Geschwindigkeit ist daher im allgemeinen an der Oberfläche und hier längs einer Mittellinie grösser; theoretisch ist sie wegen des Luftwiderstandes am schnellsten etwas unter der Oberflächenmitte. Unter Stromstrich versteht man die Linie der schnellsten Fortbewegung, die sich meist über dem Talweg oder der tiefsten Stromrinne befindet. Diese äussere Reibung muss bei seichtem Wasserstand beträchtlicher sein, bei steigender Menge wird sich also die Geschwindigkeit vergrössern, weil das hinzutretende Wasser weiter von dem benetzten Grunde entfernt ist. Wir sehen daher bei Hochwasser dieselbe in der gleichgeneigten Talstrecke wachsen und ebenso, sobald ein Fluss in Engen tritt oder z. B. die Flutwelle das Meer in trichterförmige Buchten treibt; denn hierdurch verkleinert sich das Verhältnis der benetzten Fläche an Sohle und Strombettwand zum gesamten Querschnitt.

Man bestimmt die Oberflächengeschwindigkeit eines Flusses, die man in Metern für eine Sekunde anzugeben pflegt, mit annähernder Genauigkeit, indem man eine Schwimmkugel auf der Oberfläche im Stromstrich treiben lässt und den in gegebener Zeit zurückgelegten Weg an Ufermarken abmisst oder umgekehrt die Zeit bestimmt, in welcher ein abgemessener Weg durchschwommen wird. Das blosse Auge täuscht leicht über diese Geschwindigkeit. Für genauere Messungen hat man die verschiedensten Geschwindigkeitsmesser (Tachometer, Hydrometer) ersonnen, welche vor allem auch die Stromstärke in den einzelnen Tiefen feststellen sollen [74]). — Niederungsströme haben selten eine grössere Geschwindigkeit als 0.3 m bis 0.5 m in 1 Sek., der Rhein (bei Strassburg), Nil, Ganges haben eine solche von 1.5 m; bei Hochwasser können die gleichen Ströme 2—3 m und mehr erreichen, aber selten verdreifacht sich die Stromstärke zur Zeit der Hochwasser.

Die Wasserführung oder die in einer Zeiteinheit sich vollziehende Abflussmenge wechselt in allen Flüssen mit der Höhe der Niederschläge im Flussgebiet und daher teils periodisch mit den Jahreszeiten, teils unperiodisch infolge ungewöhnlicher atmosphärischer Ereignisse (Wolkenbrüche, Föhnwinde etc.). Die Verhältnisse der in verschiedene klimatische Provinzen übergreifenden Flüsse sind daher in den einzelnen Teilstrecken häufig verschieden. In höheren Breiten erzeugt die Schneeschmelze, in Landstrichen mit ausgeprägten Regenzeiten wie in den Tropen, den Monsungebieten etc. bringen diese letzteren die Anschwellungen hervor, während die Trockenperioden die Flüsse vielfach ganz versiegen lassen. Fiumare heissen solche periodisch fliessenden Rinnsale in Italien. Wasserstand und Wasserführung ist daher stark schwankend, und auch zwischen den einzelnen Jahren zeigen sich beträchtliche Unterschiede. Sie sind geringer bei Strömen, die durch Seen oder Firn- und Gletschergewässer gespeist werden, weil die ersteren gleichsam Behältnisse sind, die den Ueberschuss der Zufuhr von oben und damit die Abfuhr nach unten regeln, und weil die letzteren weitere Speisung im Sommer ermöglichen, wo es in den Niederungen oft an Niederschlägen fehlt. In diesen Gletscher-

---

[74]) S. u. a. M. Rühlmann, Hydromechanik, 2. Aufl. 1880, 361—388; R. Jasmund, a. a. O. 411.

gewässern hat man sogar Tagesschwankungen der Höhe je nach dem Sonnenstand festgestellt.

Die Wasserstandsbeobachtungen sind leicht durch Marken festzustellen und werden heute vielfach durch selbstschreibende Pegel aufgezeichnet. Bei diesen hebt und senkt sich ein gegen die Strömung geschützter Schwimmer mit dem Wasserspiegel und überträgt die Bewegung mittelst Stiftes auf eine beliebig hoch über demselben befindliche Trommel. — Beim Rhein hebt sich das Hochwasser selten um mehr als 5 m über Kleinwasser, beim Nil (Kairo) um 7—10 m, wogegen die indischen Flüsse um 15—20 m und australische bis 40 m steigen sollen [75]). Die Gestalt des Strombetts und Flusstales spielt bei dieser Erhebung natürlich eine bedeutende Rolle mit.

Behufs Feststellung der Wasserführung hat man den Querschnitt eines Gewässers — Breite und mittlere Tiefe — zu bestimmen. Das Produkt dieser Fläche (F) in die Geschwindigkeit (v) ergibt die in der Zeiteinheit fortbewegte Wassermasse. Die Hauptschwierigkeit liegt in der Bestimmung der mittlern Stromstärke, welche mit dem Wasserstand stetem Wechsel unterworfen ist; daher ist eine Einzelmessung weit entfernt, uns von der mittlern Wasserführung und damit der Abflussmenge in längern Zeitabschnitten eine richtige Vorstellung zu geben. Letzterer bedarf man aber besonders in der Geographie zum Vergleichen der Wasseradern oder zur Berechnung des Massentransports durch die Flüsse, während die Wasserbaukunst und die Schiffahrt mehr Interesse an den zeitlichen Schwankungen der Wasserführung haben. Für die Arbeit des Flusses hinsichtlich der Ausräumung des Flussbettes kommt selbstverständlich die Wasserführung bei Hochwasser vornehmlich in Betracht. Diese übersteigt die Abflussmenge bei Kleinwasser oft nur um das 5—10fache, in Landstrichen mit ausgesprochenen Trocken- und Regenzeiten aber nicht selten um das mehrhundertfache.

Bis heute kennen wir die wahren Verhältnisse der Wasserführung [76]) nur von äusserst wenigen Flüssen, nämlich einigen mitteleuropäischen, welche unter regelmässiger Pegelkontrolle stehen, dann etwa vom Mississippi, Nil, Amu Darja, indem an diesen die erforderlichen Beobachtungen längere Zeit hindurch systematisch ausgeführt sind. Nur wenn solche in Zwischenperioden von wenigen Tagen, welche sich zugleich auf das ganze Jahr verteilen, angestellt sind, gibt der Durchschnitt die mittlere Wasserführung leidlich genau an. Man hat sie für den Mississippi (bei Carollton, etwas oberhalb New-Orleans) i. J. 1851 zu 17 500 kbm in 1 Sek. bestimmt [77]), später [78]) zu 18 800 kbm; für den Rhein (1871—86) vor seiner Teilung, jedoch die Maas mit eingeschlossen, zu 2130 kbm [79]), für den

---

[75]) Penck, I, 266. — [76]) Die ausgedehnteste Zusammenstellung (33 Flüsse) war wohl bis vor kurzem in Murrays Aufsatz, allerdings ohne alle Quellen: The relation of Rainfall to the Annual Discharge of Rivers gegeben (Scott. Geogr. Mag. III, 1887, 76; Jahresbetrag in Cubicmiles, daher zu multiplizieren mit 5280^3. Feet $\times 0{,}_{2831}$ kbm : 31 557 600 Sek. = 132,$_1$, um die Zahlen in Kubikmeter für 1 Sek. zu verwandeln); später hat R. Fritsche (Niederschlag, Abfluss und Verdunstung auf den Landflächen der Erde; Inaug.-Diss. Halle 1906) quellenmässige Angaben für 52 Flüsse gemacht, von denen aber auch viele noch wenig stichhaltig sein dürften. — [77]) Humphreys and Abbot, Report on the Physics and Hydraulics of the Mississippi River 1861. Deutsch bearbeitet von Grebenau, München 1867. — [78]) Greenleaf, The Hydrology of the Mississippi, (Amer. Journ. of Science Ser. 3. 1896, Bd. II.) — [79]) Blink, Nederland, Amst. 1887/90, I, 334.

Amu Darja bei Nukuss[80]), also unterhalb der bedeutenden Verluste, welche der Fluss durch die Bewässerung der Chiwa-Oase erleidet, zu 1600 kbm (1874—76) etc. Ebenso führt der Nil bei Assuan (2000) weniger Wasser als oberhalb bei Wadihalfa am 2. Katarakt (2500)[81]). Es ist also stets wichtig zu wissen, für welchen Punkt des Flusslaufes die Wasserführung berechnet ist[82]).

Das Bemühen der Techniker geht dahin, eine empirische Formel zu finden, nach welcher sich die mittlere Stromgeschwindigkeit (v) aus dem jeweiligen Gefäll und dem Wasserstand berechnen lässt. Eine der einfachsten[83]) lautet, wenn a das Flussgefäll angibt, für Metermass

$$v = 51 \cdot \sqrt{r \cdot a}$$

Hierin ist r, der sog. mittlere Radius, nämlich gleich dem Querschnitt der Wasserfläche F, geteilt durch den benetzten Umfang (p) und entspricht nahezu der mittleren Wassertiefe. — Indem man solche Formeln auf Hoch- und Niedrigwasserstände einzelner Flüsse anwandte, gelangte man zu Schätzungen der Wasserführung von rein vorläufigem Charakter[84]). Noch weit mehr weichen diese Schätzungen von einander ab, wenn man wie beim Kongo[85]) und Amazonas[86]) alle Faktoren: Breite, mittlere Tiefe, mittlere Geschwindigkeit durch rohe Schätzungen ersetzen muss.

§ 140. Flusserosion[87]). Fliessende Gewässer sehen wir in der Regel in Rinnen dahinfliessen, die sie sich durch Ausnagung und Ausräumung selbst geschaffen. Für die Tätigkeit des fliessenden Wassers hat sich seit langem der Name der Erosion ausgebildet. Die Grundform erodierender Arbeit ist hierbei die Furche, also eine Hohlform von V-förmigem Querschnitt. Dies ist leicht zu erklären. An den Uferwänden nagt nur der Wasserstoss und dieser ist noch dazu bei dem dahinschiessenden Wasser meist nicht unmittelbar gegen das Ufer gerichtet; an der Sohle des Flussbettes wetzen und reiben dagegen

---

[80]) C. Schmidt u. Dorandt, Wassermenge und Suspensionsschlamm des Amu Darja in seinem Unterlauf, (Mém. Acad. Pétersb. (7. Ser.) XXV, 1887, 20). — [81]) Nach Chelu, Le Nil, Paris 1891, 91, sollte der Nil bei Kairo 2900, bei Assuan 3700 kbm in der Sek. durchschnittlich ergeben. Diese Zahlen scheinen wesentlich zu hoch zu sein. Obige Angaben nach W. Pietsch, Das Abflussgebiet des Nil, Berlin 1910, 86. — [82]) Hiernach hat es keinen Sinn, den Indus (5650 kbm) auf eine Linie mit dem Ganges (5762 kbm) zu stellen (Günther, Lehrbuch der Geophysik, 1891, 363), da sich die erste Zahl auf den Unterlauf des Indus nahe dem Delta, die zweite auf die Bestimmung (s. Anm. 99) bei Ghazepur bezieht, wo der Ganges noch nicht einmal die Gangra und den San aufgenommen hat. — [83]) Bereits von J. A. Eytelwein, Handb. d. Mechanik fester Körper und der Hydraulik, 1801, 181, gegeben. Vergl. auch Bubendey a. a. O., 494. — [84]) Indem W. Jordan (Phys. Geogr. d. Libyschen Wüste 1876, 209) die mittlere Wasserführung des Nil bei Esneh (25° N.) zu ca. 8500 kbm berechnete, welche man jetzt zu weniger als 2000 (s. oben) annimmt, ging er von einem viel zu starken Gefäll und zu grosser mittlerer Tiefe des Flusses aus. — [85]) Dem Kongo wird meist nach Tuckeys (1816) roher Schätzung 2 Mill. Kubikfuss (= 57 000 kbm) oder nach Behms Berechnung (Pet. Mitt. 1872, 409) 1.800000 kbf (= 51 000 kbm) gegeben, während beide ihre Zahlen als Minimalzahlen bezeichneten. Man wird entsprechend der grössern Tiefe und starken Strömung gewiss 70 — 80 000 kbm annehmen dürfen. Fritsche (Anm. 76, S. 28) entscheidet sich nach Dubois für 50 — 60 000 kbm. — [86]) Für den Amazonas schwanken die Schätzungen zwischen 70 000 und 120 000 kbm (Reclus in Géogr. Univ. XIX, 1895, 147), die letztere dürfte die richtigere sein. — [87]) A. Hettner, Die Arbeit des fliessenden Wassers, (Geogr. Zeitschr. XVI, 1910, 365 — 84); R. Jasmund a. a. O., 116 — 243; A. Rühl, Flusserosion, (Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 92 ff.).

auch Geröll und Sandmassen, welche der Fluss mit sich führt. Von dem Vorhandensein, der Beschaffenheit und besonders der Beweglichkeit dieses Trümmermaterials im Fluss hängt also die Erosionswirkung in erster Linie ab. Es vermag im Laufe der Zeit selbst harte Gesteine zu durchsägen mittelst der Korrasion (auch Korrosion), wie man die vom Boden loslösende, nagende Tätigkeit der über denselben fortbewegten Massen, wie Wasser, Eis, Wind und alles dessen, was diese mit sich führen, nennt. Bisher dürfte man die Korrasion des fliessenden, über den Boden hingleitenden Wassers gegenüber derjenigen durch die mitgeführten Gesteinstrümmer überschätzt haben. Nur wenn der Wasserstoss das Erdreich unmittelbarer und stärker trifft, wird sich von einer wahrhaft abnagenden, korradierenden Tätigkeit des Wassers selbst sprechen lassen. Dies tritt bei starkem Gefäll, besonders aber beim fallenden Wasser, also den Wasserfällen ein.

Die Beschaffenheit des Strombetts übt auf den unausgesetzten Vorgang der Erosion den wichtigsten Einfluss aus. Ein glattes Felsbett vertieft sich äusserst langsam, aber selten fehlen in ihm Gesteinstrümmer, auch wenn sie dem Bett nicht direkt entstammen, sondern durch Wildbäche, Seitenflüsse, Uferrutschungen u. s. f. in dasselbe geführt sind. Eine gewisse Beweglichkeit dieses Materials ist erforderlich. Wo es massenhaft als schweres Geröll das Flussbett erfüllt, schützt es weit eher die Sohle, sodass die seitliche Erosion raschere Fortschritte macht als die nach der Tiefe. Sind viele Widerstände im Strombett zu überwinden, so nimmt die Längskurve des Gefälls eine stufenförmige und unregelmässige Form an. In erhöhtem Masse tritt dies bei Stromschnellen oder Katarakten zutage, die von vornherein auf felsigen Untergrund schliessen lassen. Indem das Gefäll nach unten zunimmt, die Erosion also von unten rückwärts nach oben arbeitet, hat das Längsprofil einer solchen gleichsam unfertigen Stromstrecke die Höhlung nach unten.

Das Flussgeröll wird überwiegend in rollende Bewegung gesetzt und hierbei mehr oder weniger zu Geschieben, endlich zu Kies und Sand zerrieben, ohne dass man den Flusssand ausschliesslich als Reste der im Fluss verkleinerten Gesteinstrümmer anzusehen brauchte. Jedenfalls wird durch obigen Vorgang naturgemäss die erodierende Kraft eines Flusses talabwärts vermindert. Gebirgsflüsse, die ihr Geröll in Seen ablagern, werden also in betreff der Erosionsarbeit unterhalb der letzteren stark geschwächt sein. Umgekehrt treten bei Wasserfällen hierin die grössten Wirkungen hervor, sobald Gesteinsblöcke mit über die Schwellen hinweg und in die Tiefe befördert werden. Diese wirken dann wie Geschosse gegen Wände und Boden des Talkessels, in den sich die Wassermassen stürzen. Die wirbelnde Bewegung (Evorsion), in welche einzelne Blöcke vom Strudel versetzt werden, vermag dabei selbst in felsige Unterlagen topfartige Löcher einzuschleifen; hierher gehören die sog. Gletschertöpfe, in denen man oft die aus härterem Material bestehenden „Schleifsteine“ noch vorfindet. Auf die geschilderte Weise sind die zahlreichen Gebirgsklammen mit ihren fast senkrechten, stets aber in gewaltige Nischen

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

zerlegten Wänden entstanden, die besonders die Kalkgebirge auszeichnen. Aeltere Risse und Schluchten im Gestein dürften aber dabei meist dem Gebirgswasser die ersten Angriffspunkte zur nachhaltigen Erosion geboten haben.

Auch die meisten Höhlen und unterirdischen Flusstäler der Kalkgebirge sind auf gleiche Vorgänge zurückzuführen [88]). In jedem abgeschlossenen Becken werden sich die unterirdischen Gewässer zu Seen sammeln, wie sie die meisten grossen Höhlen z. B. des Karstlandes auszeichnen. Die chemische Auswaschung vermindert den Widerstand der Decken und Seitenwände, das Wasser stürzt in Fällen aus einem Becken in das andere, es bilden sich stark erodierende unterirdische Flussläufe, die nicht selten streckenweise zutage treten, um später wieder in den Spalten und Höhlen zu verschwinden.

Viel grossartiger tritt die geschilderte Flussarbeit in den sog. Cañons zahlreicher Flüsse auf, wie sie besonders die westlichen Hochflächen Nordamerikas auszeichnen. Hier hat die Erosion in die flachgelagerten Schichten jener regenlosen Gebiete auf Hunderte von Kilometern Schluchten eingeschnitten, deren parallele Wände sich 1000, ja 1500 m erheben, bald steil in ununterbrochenem Absturz, bald in mächtigen Stufen. Sie lassen die ganze Schichtenfolge der durchsägten Ablagerungen erkennen.

Für die Erosion kommen, wie angedeutet, die plötzlichen Hochwasser als Folgen mächtiger Gewitterregen, sog. Wolkenbrüche, oder der raschen Schneeschmelze, wie sie der Gebirgsföhn bewirkt, am meisten in Betracht. Nichts spricht deutlicher hierfür, als die breiten, geröllbedeckten, aber fast wasserlosen Fiumaren Südeuropas, oder die tief eingegrabenen, jahrelang trocken liegenden Wadis der Wüste. Nur wer die nach Gewitterregen plötzlich in diesen Furchen herabstürzenden Fluten gesehen, vermag sich von ihrer zerstörenden und ausräumenden Wirkung eine Vorstellung zu machen.

Immer handelt es sich hierbei um ein Rückwärts- oder Aufwärtsschreiten der abtragenden Wirkung, von Stellen aus, wo gesteigertes Gefäll sie erheblich vermehrt. Unter unsern Augen vollzieht sich die Erscheinung an allen Wasserfällen.

Der kanadische Fall des Niágara zwischen Erie- und Ontario-See in Nordamerika schreitet im Jahr wohl mehr als 1 m zurück, wesentlich dadurch, dass das herabfallende Wasser die weicheren Mergel, die unter der dicken, festern Kalkschicht liegen, unterspült [89]).

---

[88]) Bereits ist eine eigene Spezialwissenschaft der Höhlenkunde oder Speleologie im Entstehen. Vergl. die Literatur bei A. Rühl, Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 116 ff. — [89]) Die unsichern Schätzungen der rückschreitenden Erosion sind mit der Zeit immer grösser geworden und damit die Annahme für die Zeitdauer der Schluchtbildung bei Queenston und Lewiston bis zum heutigen Fall kleiner. Lyell nahm 1 engl. F. für das Jahr, Bakewell (Amer. Journ. 2, S. XXIII, 1857, p. 85) 3 engl. F., Wright (Am. Journ. 3, S. XXVIII, 1884, p. 32) nach den Befunden 1842—83 sogar 6 F. = 1,$_{85}$ m an. (S. die Linien des Rückgangs am Hufeisenfall des Niagara in Reclus, Géogr. univ. XV, 1890, Pl. I, 1 : 14500 und Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 17, 1 : 25000.) Dem entsprechend nahm Lyell für Bildung der 10,$_5$ km langen untern Talschlucht 35000, Bakewell 10500, Wright 6000 Jahre an; neuere Messungen und die Erörterung derjenigen von 1842—1905 durch G. K. Gilbert machen einen jährlichen Rückgang von

§ 141. Die Flusssedimente. In drei Formen trägt das fliessende Wasser Feststoffe der Erdrinde abwärts, als chemisch gelöste Substanzen, als schwebend erhaltene Sinkstoffe und als festes Geschiebe an der Flusssohle.

1. Die gelösten Beimischungen fehlen keinem fliessenden Gewässer; sie entstammen zum grössten Teil den Quellen, wie sich aus der Tatsache ergibt, dass sie sich mit den jahreszeitlichen Wasserzufuhren kaum vermehren, andererseits aber im Unterlaufe meist beträchtlicher als im Oberlaufe auftreten. Es liegen schon zahlreiche Analysen vor. Nach diesen kann 180—200 Gramm in 1 ^{kbm} Wasser als eine Mittelzahl für die meisten Flüsse gelten, die allerdings mit den Jahreszeiten beträchtlich schwankt [90]). Kohlensaurer Kalk ist Hauptbestandteil, Kochsalz, obwohl fast überall verbreitet, ist der Menge nach stets sehr gering. Die gelösten Salze geben sich daher im Flusswasser durch den Geschmack nur selten kund; gegenüber dem Ozean oder dem Wasser abflussloser Binnenseen erscheint uns das Flusswasser salzlos oder süss. Diese Stoffe begleiten das Wasser bis zum letzten Ruhepunkt, werden also zumeist im Meer oder in Seen abgelagert, welche letzteren, wenn sie abflusslos sind und nur durch die Verdunstung Wasser verlieren, allmählich immer reicher an denselben werden, sich somit in schwach salzig schmeckende (sog. Brakwasserseen), schliesslich in Salzseen verwandeln (§ 176 Endseen). Auch beim Versiegen der Flüsse im Sande treten die Salze durch Ausblühen in die Erscheinung.

2. Schlammführung. Nicht durchweg massenhafter ist das schwebend vom Flusse mitgeführte Material. Es ist vorwiegend sandig-lehmiger Natur und entstammt zum grössten Teil den Tageswässern, wie sich aus der stärkern Vermehrung dieser nur mechanisch beigemischten Sinkstoffe nach Regengüssen und überhaupt in Regenperioden zeigt, wo die Zunahme weit höher als die der Wassermasse ist. Auch der Wind führt ungemein viel Staub in das Wasser. Steppenflüsse sind reich an Sedimenten (Amu Darja); Uferwaschungen, namentlich bei Hochwasser, tun das Uebrige.

Die Schlammführung bestimmt auch der Hauptsache nach die Farbe des Flusswassers, nach welcher in vielen Sprachen die Benennung des Rinnsals erfolgt. Gletschergewässer pflegen schmutzigweiss zu sein. Der Gelbe Fluss Chinas (Hoang-ho) verdankt seinen Namen der starken Aufnahme gelber Lösserde, die er auf Hunderte von Kilometern durchströmt; rot sind die meisten Flüsse gefärbt, die durch Lateritboden eilen; schwarzes oder schwarzgelbes, besonders durch Humussäure gefärbtes Wasser entstammt den Torfmooren u. s. f..

4—5 engl. F. (= $1{,}_2{}^{m}$ bis $1{,}_5{}^{m}$) wahrscheinlich (The Geogr. Journal, London XXX, 1907, 335). Vergl. auch Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 110. — [90]) S. zahlreiche Beispiele bei Penck I, 309. Wenn dort eine mittlere Schwankung im Jahre bis zu ± 25 % angenommen wird, so hat eine neuere streng durchgeführte Messung an der Rhone eine Schlammführung von 106—383 ^{gr} bei mittlerm Betrag von 246 ^{gr}, also eine Schwankung um über ± 50 %, ergeben. A. Uetrecht, Die Ablation der Rhone in ihrem Walliser Einzugsgebiet im J. 1904/05; Z. f. Gewässerkunde VII, 1906, 304.

Je nach der Natur des durchzogenen Gebiets wechselt beim einzelnen Fluss sowohl die Zusammensetzung wie die Menge dieser Sedimente. Bei vielen erreicht die letztere nur einen Bruchteil der chemisch gelösten Mengen, übertrifft diese aber in den regenreichen Monaten meist bedeutend[91]). Aber auch in den verschiedenen Talstrecken desselben Stromes führt die Messung zu ungleichen Ergebnissen; die Schlammführung ist unterhalb jeder ausgedehnten Strecke mit Schlickbildung, also Ablagerung, beträchtlich geringer als oberhalb derselben.

Man hat die Menge der von den Flüssen herabgeführten Sinkstoffe früher vielfach deshalb überschätzt, weil man sie nach dem Absatz des Niederschlags aus dem geschöpften Flusswasser entnahm[92]). Dieser nasse Schlamm nimmt jedoch einen viel grössern Raum ein und hat ein weit grösseres Gewicht als der allein vergleichbare getrocknete Absatz. Die Flüsse Mitteleuropas sind in der Tiefebene durchweg ziemlich schlammarm und enthalten meist weniger als 100 gr Schlamm in 1 kbm Wasser, ihre Quellflüsse im Hochgebirge dagegen 1000 gr und mehr[93]). Nach den Messungen in der Rhone oberhalb ihrer Einmündung in den Genfer See[94]) war der Gehalt an Sinkstoffen nur in vier Monaten, Mai bis August 1904 grösser als an gelösten Bestandteilen im Mittel 547 gr gegen 134 gr, in den acht übrigen überwogen die letztern mit 292 gr gegen nur 69 gr, die auf das schwebende Material entfielen. Da jedoch die Wassermenge, welche der Strom in jenen vier Sommermonaten führte, dreimal grösser als in den acht andern war (4520 Mill. kbm gegen 1533), so ist erklärlich, dass der im Jahr herabgeführte Schlamm mehr als dreimal grösser war als das gelöste Material (3094 Mill. kg gegen 945). Für den Ganges fand man[95]) noch vor seiner Vereinigung mit der Gangra 2 kg im Jahresmittel; und während er in der Trockenzeit weniger als 300 gr führen soll, erreichten die Sinkstoffe in den Zeiten des Sommermonsuns 2400 gr; ebenso hat man für den Blauen Nil im Frühling nur ca. 25—30 gr, im August 1160 gr gefunden[96]).

3. Geschiebetransport. Das gesamte festere Material, welches die Flusssohle in der mannigfaltigsten Form von Geröll, Kies, Sand bedeckt, nennen wir sein Geschiebe. Es pflegt massenhaft in allen Gebirgsgewässern vorhanden zu sein und wird hier vornehmlich durch die Gewalt plötzlicher Hochwasser in die Täler und Ebenen herabgeführt. Wildbäche, in den Alpen Murgänge genannt, können gelegentlich den ganzen Talboden meterhoch mit Steinblöcken überdecken (vermuren), um ihn für Jahrzehnte der Ausnutzung zu ent-

---

[91]) Auch sorgfältige Messungen verlieren in diesem Punkte an Wert, wenn sie nicht systematisch für längere Perioden durchgeführt sind. Vergl. Anm. 90. — [92]) Lehrreich ist in dieser Hinsicht der Hoang-ho, dessen Schlammführung man noch immer nach Sir Stauntons Schätzung i. J. 1797 angibt. Er fand 1 : 200, also 20 000 gr im kbm, und danach sollte der Fluss im Jahre 417 Mill. kbm Schlamm herabführen, wie noch Guppy 1880 (Nature XXII, 486) wiederholte. Der einfache Einwand Mellard Reades, dass es sich offenbar um das Gewicht des nassen Schlamms handle (Nature XXII, 559), veranlasste Guppy, die Schlammführung des Hoang-ho nunmehr um das 9fache, auf ca. 47 Mill. kbm, im Jahre zu reduzieren. — [93]) S. die sorgfältige (quellenmässige) Analyse bisheriger Berechnungen der Schlammführung von Flüssen in Metermass umgerechnet bei Penck I, 296 ff. — [94]) Nach Uetrecht, s. Anm. 90. — [95]) Auch für den Ganges ist man noch immer auf die Untersuchungen Everests v. J. 1832 angewiesen; Journ. Asiat. Soc. 1832. — [96]) W. Pietsch, Abflussgebiet des Nils 1910, 105.

ziehen[97]). Im allgemeinen geht die Fortbewegung des Geschiebes mehr in rollender als schiebender Form vor sich, wodurch die Gerölle mehr und mehr verkleinert werden, ihre scharfen Ecken und Kanten verlieren und schliesslich in flache Kiesel abgeschliffen werden. Flussgeröll lässt sich daher leicht von Gletschergeschiebe oder Trümmern von Bergstürzen unterscheiden. Die Korngrösse des fortbewegten Geschiebes hängt von der Stromstärke ab. Sand und Kies bedürfen[98]) einer solchen von $0,_5^m$ bis $0,_6^m$, nussgrosses Geröll etwa $1,_5^m$ (S. 330). Gröberes Geröll muss also meist im Oberlauf der Flüsse liegen bleiben, wird aber steter Umlagerung unterworfen. Kies und Sandbänke wandern stets abwärts, indem sie am obern Ende abgetragen werden, am untern wachsen. Nur wenn sie als sog. Auen den Flussspiegel erreichen und durch Vegetationen verfestigt werden, haben sie längern Bestand.

Im einzelnen ist der Vorgang dieser Umlagerung noch wenig untersucht, und wenig Anhaltspunkte hat man, um die Masse des vom Fluss fortgeschobenen Geschiebes zu bestimmen. Wo man dies bei Deltabildungen in Seen versucht hat[99]), fand man selbst bei der Einmündung von Gebirgsflüssen in Seen wenig grössere Massen von Aufschüttungsmaterial, als an schwebend erhaltenen Sinkstoffen von diesen abwärts geführt wird.

§ 142. Sedimentablagerung. Wo irgend das Flussgefäll geringer wird, gelangt das mitgeführte Material — je nach seiner Korngrösse oder Beschaffenheit langsamer oder schneller — zur Ablagerung. Der Fluss schüttet sich damit selbst ein Bett auf; die Sohle erhöht sich und wird durch die aufgelagerten Stoffe zunächst vor weiterer Zerstörung und Vertiefung geschützt. Umsomehr werden dann die Uferwände angegriffen, gegen die sich der Ueberschuss des Gefällsbedürfnisses oder der Stromstrich richtet, und sie werden in Flusskrümmungen zerlegt. Hierbei wird das zunächst betroffene Ufer unterhöhlt, es bilden sich Pfuhle längs desselben, die überhängenden Wände stürzen ab.

Die Wasserbewegung geht dabei in Spiralen vor sich[100]). Die Stromfäden tauchen am konkaven Ufer unter, laufen längs der Sohle zum andern Ufer hinüber, das sie natürlich weit unterhalb erreichen, um sich dann wieder zu erheben und den Kreislauf von neuem zu beginnen. Diese Unterströmung ist es, welche die Sedimente zum konvexen Ufer führt. Der Stromstrich wird dadurch immer weiter abgedrängt von diesem, bis er unterhalb der Ablagerungen seine unterhöhlende Tätigkeit wieder beginnen kann.

Der Gesamterfolg ist zunächst eine stete Verbreiterung des Flussquerschnitts, der mit seiner mehr ebenen oder schwach nach oben gekrümmten Sohle ein vollständiges Gegenstück zu der V-förmigen Erosionsfurche ist. Auch das Längsprofil eines solchen in die eigenen Alluvionen sich eingrabenden Flusses ist wesentlich von der oben (S. 333) geschilderten verschieden. Bei der steten Verminderung des Gefälls

[97]) Stiny, J., Die Muren, Innsbruck 1910. Mit Abb. — [98]) Näheres Penck I, 282 ff. — [99]) Penck I, 289. — [100]) Geogr. Jahrb. XVIII, 1895, 416.

nach unten infolge der Ablagerungen ist die Gefällskurve nach oben hohl. Je feinkörniger und lockerer nun das Erdreich ist, in dem diese Umbildungen vor sich gehen, um so leichter wird es dem Wasser, die Ufer anzugreifen und aus dem Gelände halbkreisförmige Stücke auszuschneiden, die dem Flusslauf das Bild einer Schlangenlinie geben. Die Windungen des Mäander in West-Kleinasien sind für diese sog. Serpentinenbildung sprichwörtlich geworden. Im weitern Fortschreiten derselben werden manche Schlingen völlig abgegraben, ihr Hals durch ein neues geradliniges Flussbett abgeschnitten und damit die Bogen zu toten Gewässern gemacht, wie sie den meisten weiten Talflächen der Niederungen eigen sind. Alle diese Verhältnisse sind daher meist schon auf sog. Spezialkarten, sehr genau auf topographischen Karten zu verfolgen [101]).

Wie demnach im Flussbette die Einzelgebilde vorwiegender Erosion oder Ablagerung räumlich stetig wechseln, so sind sie auch zeitlich von wechselndem Bestand. Die Erosionswirkung ist wie die Talbildung eine periodische, weil die Umstände, welche die Strömung lokal zu verstärken oder zu vermindern geeignet sind, einander zeitlich ablösen. Eine Schwelle härteren Gesteins, die sich quer durch das Flussbett zieht, übt, auch wenn sie sich dem Auge völlig entzieht, oft meilenweit aufwärts eine verzögernde Wirkung auf die Kraft der Strömung aus. Eine solche kann beispielsweise unbemerkt in Wirksamkeit treten, wenn die Erosion allmählich allen Sand oder alles lockere Geröll über ihr fortgetragen hat. Unter unsern Augen tritt ähnliches ein, wenn ein Seitenfluss plötzlich massenhaftes Geröll in das Flussbett des Hauptstroms schiebt, wie dies im Gebirge so oft nach Gewittern geschieht. Der Fluss lagert dann oberhalb solcher Schwellen alle mitgeführten Sedimente ab. Staut sich das Wasser vollkommen, so muss sich ein Fluss- oder Talsee bilden, der vom Fluss allmählich wieder zugeschüttet wird (§ 175, 5), wobei sich der Boden durch die feinen Sedimente ausebnet, welche im Wasser schwebend erhalten waren. Dies ist der Ursprung der meisten Talstufen im Gebirge, die uns durch ihre völlig ebene Oberfläche in Staunen setzen, wenn wir sie von der steilen Stirnseite erstiegen haben. Ist die Ausfüllung vollendet, so beginnt die Erosion dort, wo das fliessende Wasser den Stufenrand überströmt, von neuem. Mit jedem Fortschritt wird das Flussgefäll vermehrt und damit die senkrecht erodierende Kraft wieder verstärkt. Von unten nach oben wird von neuem eine Furche in das eigene Aufschüttungsmaterial geschnitten, in das sich das Wasser zurückzieht. So bleiben oft in beträchtlicher Entfernung die dem Flusslaufe parallelen Hochgestade oder Talleisten bestehen [102]) als Zeichen ehemaligen Ueberwiegens seitlicher Erosion und meist auch als Grenzen späterer Ueberschwemmungsgebiete im Tale. Das Hochwasser kann diese Landstufen, die nicht selten in

[101]) S. z. B. Vogels Karte d. deutschen Reiches 1 : 500000. Hier sei von neuem auf Honsells Vortrag mit schematischer Karte des Rheintals (s. o. Anm. 72 auf S. 329) verwiesen. Ueber Mäanderbildung vergl. auch Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 98 ff. — [102]) Penck II, 67, 125.

mehrfachen Reihen den Fluss begleiten, immer noch weiter zurückdrängen. Die äussern Stufen pflegen als die ältern durch die Verwitterung und Abtragung ihre geschlossene Böschung schon verloren zu haben.

Im verstärkten Masse muss die Seitenerosion arbeiten, wenn der Eisgang Eisschollen gegen die Ufer drängt. Daher die Gefahren, denen die Deiche unserer Niederungsströme ausgesetzt sind. Eine Eisstopfung vermindert das Gefäll nach unten, presst also den Hauptstrom mit ungeheurer Gewalt gegen eine einzelne Stelle des künstlichen Uferdamms. Wenn wir heute derartige Talleisten in Talflächen sehen, die nur von kleinen Rinnsalen durchzogen sind, so ist für gewisse Gegenden anzunehmen, dass sie aus Zeiten stammen, in denen mächtige Gletscherströme die Täler durchzogen. Aber selbst geringe Wasseradern können im Laufe der Zeit und bei lockerm Boden breite Talflächen auswaschen. Man muss im Einzelfall die möglichen Ursachen unterscheiden lernen.

Das sog. Baersche Gesetz der Uferbildung. An zahlreichen Niederungsflüssen bemerkt man ein seitliches Wandern der Flussbetten, jedenfalls einen stark ausgeprägten Gegensatz der beiden Ufer; das eine pflegt dabei auf lange Strecken steil und hoch zu sein, das andere niedrig und flach. Da diese Erscheinung besonders an meridional verlaufenden Flüssen Russlands beobachtet wurde, und hierbei sich stets das rechte Ufer als hoch erwies, — in Russland spricht man bei vielen Flüssen von einem Berg- und Wiesenufer (Atlas, Taf. 32, Berg- und Wiesenufer der Wolga), — war man geneigt, die Ursache des nach rechts verstärkten Drucks der Strömung allein in der Umdrehung der Erde zu suchen [103]). Diese bewirkt bekanntlich allgemein eine Ablenkung horizontaler Bewegungen — in diesem Falle also des fliessenden Wassers — auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links (§ 81). Die nähere Berechnung hat indes klargelegt [104]), dass die geringen Unterschiede der seitlichen Verschiebung des Stromstrichs, wie sie sich aus der nur wenig verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeit der durchströmten Breiten ergibt, nicht im stande sind, solche Wirkung allgemein hervorzurufen. Weit beträchtlicher dürfte im Einzelfall der Einfluss vorherrschender Winde sein, der den Wasserstrom gegen die Uferstrecken treibt. Naturgemäss kann dieser nur im Flachlande und bei niederen Ufern, die dem Winde den Zutritt zur Wasserfläche gewähren, bedeutend sein. Der geologische Bau des Flussbettes erklärt ebenso, dass einzelne Uferwände stärker angegriffen werden.

Fluss-Anschwemmungen. Bei Mangel jeglichen Gefälls wird das Wasser gezwungen, auch alle Materialien, die es schwebend herabgeführt hat, langsam sinken zu lassen. Daher endigen alle im trocknen Flachlande versiegenden oder in flache Seen mündenden Flüsse in äusserst flachen Schwemmkegeln, über welche sich die eben noch fortbewegten Gewässer strahlenförmig in einzelnen Rinnsalen wechselnden Bestandes ausbreiten. Man bezeichnet diese als Deltas. Viele Flüsse bauen solche auch ins Meer hinein, doch kommen hierbei Bedingungen

[103]) Zuerst von K. E. v. Baer auf diese Ursache zurückgeführt 1860 (Ueber ein allgemeines Gesetz in der Gestaltung der Flussbetten. Bull. Acad. des sciences St. Pétersbourg II, 1860); daher das „Gesetz" nach ihm benannt. — [104]) S. Zöppritz, Verhandl. d. II. D. Geographentages in Halle, 1882, 47 — 53. Vergl. im übrigen die Durchprüfung der umfangreichen Literatur über diese Frage durch Br. Neumann, Studien über den Bau der Strombetten u. d. Baersche Gesetz. Diss., Königsb. 1893. Weitere Literatur im Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 97 ff.

in Betracht, die später zu erörtern sind (§ 145). Hier mag nur an die Tatsache erinnert werden, dass die Vermischung von Fluss- und salzigem Meerwasser ein ungemein rasches Niederschlagen der Flusssedimente bedingt, ohne dass die Ursache hiervon bereits völlig aufgeklärt wäre. Führt ein Fluss Sandmassen herab, so ist die Gefahr der Barrenbildung, durch welche die Einfahrt versperrt wird, eine grosse. Die Schlickmassen jedoch, welche in dem Talweg kaum zur Ablagerung gelangen, wohl aber zu beiden Seiten desselben, tragen dadurch selbst zur Erhaltung einer Fahrrinne bei[105]).

Zahlreiche Flüsse erreichen das Meer noch mit ausreichend starker Stromgeschwindigkeit, um die schwebend erhaltenen Stoffe mit in dasselbe hineinzutragen, was sich an der Färbung der Gewässer feststellen lässt. Das seichte Gelbe Meer im Osten Chinas ist durch den Hoang-ho oder Gelben Fluss durchweg mit Lehmteilen erfüllt. Die Fluten des Kongo, der sich in die Tiefen des Atlantischen Ozeans ergiesst, sollen noch 400 km weit an der Färbung erkannt sein. (Die neuern Tiefemessungen haben einen noch viel weiter reichenden Einfluss des leichtern Kongowassers in den tiefern Wasserschichten ergeben.) Andererseits lassen die Tiefenkarten erkennen, dass manche Ströme im Mündungsgebiet noch Kraft genug besitzen, um sich ein unterseeisches Bett noch meilenweit zu erodieren, wobei ihnen die Gezeitenströmungen vielfach zu Hilfe kommen[106]).

Abtragung der Landflächen durch die Flüsse. Man hat bisher nur von wenigen Flüssen berechnen können, wie viel festes Material sie im Jahre herabführen. Die Unsicherheit in der Kenntnis der mittlern Schlamm- und Wasserführung ist übrigens nicht allein schuld an den beträchtlichen Differenzen in den Ergebnissen solcher Berechnungen, sie sind vielmehr auch in der Methode der letztern begründet. Als mittlere Schlammführung wird meist der Durchschnitt aus den Ergebnissen der Proben genommen. Indessen muss richtiger jedes Ergebnis einer Sedimentbestimmung mit der Anzahl der Kubikmeter Wasser multipliziert werden, welche während der Beobachtungsperioden (Zwischenraum von Tagen, Wochen oder Monaten etc.) vom Fluss dem Meere zugeführt sind, und erst die Summe dieser Produkte ergibt den Massentransport.

Die Schlammführung ward z. B. für den Mississippi zu 549 gr (in 1 kbm) gefunden, wonach er im Jahre (1857) 0.549 kg × 17500 kbm × 31.557600 Sek. = 303 Mill. Tonnen (zu 1000 kg) herabgeführt hätte. Eine für 52 Wochen durchgeführte Berechnung würde dagegen für den Mississippi ca. 350 Mill. Tonnen Sediment oder 15 % mehr ergeben[107]), woraus als wahre mittlere Schlammführung im Jahre 630 gr in 1 kbm folgt. Je nachdem man ferner das mittlere spezifische Gewicht des Sediments zu 2 oder 2,4 annimmt, verwandeln sich die 350 Mill. Tonnen in 175 bezw. 146 Mill. Kubikmeter Feststoffe als jährliche Abtragung des Mississippi.

[105]) Hübbe, Ueber die Eigenschaft u. d. Verhalten des Schlicks (Zeitschr. f. Bauwesen X, Berlin 1860, 514). — [106]) Vergl. J. W. Spencer, The submarine great. Canyon of the Hudson River, Pet. Mitt. 1905, LB. 806. — [107]) Eine Neuberechnung der von Penck I, 302, mitgeteilten Zahlen für die monatliche Schlammführung des Mississippi lässt einige Berechnungsfehler in seinen Angaben erkennen.

Eine Schätzung[108]) der Schlammführung von zwölf Flüssen Mittel- und Südeuropas, Südasiens nebst Nil und Mississippi nimmt unter Voraussetzung eines (wohl zu hohen) spezifischen Gewichts von $2,_4$ für die schwebenden Sedimente 838 Mill. kbm Feststoffe im Jahre an, wonach das von jenen Flüssen entwässerte Gebiet von rund 10 Mill. qkm in ca. 12000 Jahren um 1 m durch die Erosion abgetragen werden würde. Für die Rhone[109]) oberhalb des Einflusses in den Genfersee ergaben die Messungen i. J. 1904/05 ein herabgeführtes Gesteinsmaterial von rund 4039 Mill. kg oder $1,_5$ Mill. kbm, wenn man von einem spezifischen Gewicht von $2,_{68}$ (!) ausgeht. Bei einem Einzugsgebiet von 5219 qkm ergibt jene Summe 288 kbm für 1 qkm. Es wäre das Gebiet also in jenem Jahr um eine Schicht von $0,_{288}$ mm abgetragen und 3470 Jahre ($= 1 : 0,_{288}$) wären erforderlich für eine Abtragung von 1 m. Solche Zahlen haben, weil von zahlreichen unsichern Voraussetzungen ausgehend, natürlich nur relativen Wert. Wenn nun hierbei die Berechnung für die indischen Ströme, bei denen sich Regenreichtum mit gewaltiger Gebirgsverwitterung und mit Gebirgsgefäll vereinigt, nur auf 3—4000 Jahre, für solche zwischen 30°—50° N. auf 15—30000 J. gelangt, während mitteleuropäische Flüsse zur Abtragung eines Meters 200—500000 J. und mehr gebrauchen sollen, so spiegelt sich darin von neuem der gewaltige Unterschied geographischer Lage ab. Die gesamte Erosionsarbeit des Einzelflusses wird auch durch solche Berechnung nicht gekennzeichnet, weil ein grosser Teil der transportierten Sedimente auf der Landfläche bleibt. Will man den Schätzungen über einige Quellflüsse des Rheins trauen, so schüttet er jährlich 5 Mill. kbm schwebender Sinkstoffe in die Alpenseen, d. h. dreimal mehr, als er ins Meer führt[110]).

§ 143. Gletscherwirkungen[111]). Die Gletscher sind es, die ihrerseits nicht wenig dazu beitragen, den Verwitterungsschutt in die Tiefe zu verfrachten. Wir verstehen darunter Eisströme, die auf geneigtem Talboden halb gleitend, halb sich wälzend langsam vorwärts wandern, bis sie entweder in so tiefe Regionen gelangen, dass sie abschmelzen oder, wenn in höheren Breiten sich bis ins Meer schiebend, abbrechen und somit die schwimmenden Eisberge aussenden, die die meisten polaren und subpolaren Meere durchschwärmen. Gletscher beruhen auf einer eigenen Art atmosphärischer Niederschläge, und wir kommen auf die klimatischen Bedingungen und geographische Verbreitung der heutigen Gletscher zurück. Für jetzt genügt es, daran zu erinnern, dass zur Entstehung in erster Linie reichliche Firnfelder gehören, d. h. Regionen mit nicht zu steilen Flächen, sodass Schneeanhäufungen sich halten können, aber in solcher Höhe, dass die Kälte der Luft auch während des Sommers das völlige Abschmelzen verhindert. Zwar tritt ein solches fortwährend infolge der Sonnenbestrahlung an der Oberfläche, sowie bei dem beträchtlichen Druck im Innern ein, aber ihm folgt dann unmittelbar ein Zufrieren, bis die ganze Masse aus körnigem Firn besteht, der sich allmählich senkt und neuen Zuwachs durch Schneefälle erhält. Die untere Seite der Firn-

[108]) Penck I, 381. — [109]) S. die Arbeit v. E. Uetrecht, Anm. 90, S. 61. — [110]) Penck I, 383; dort werden für den Unterlauf $1,_7$ Mill. kbm jährlicher Schlammführung und $5,_6$ Mill. kbm jährlichen Transports gelöster Stoffe angenommen. — [111]) Vergl. A. Heims Handbuch der Gletscherkunde (Bibl.-geogr. Handbücher), Stuttgart 1885; überflügelt von H. Hess, Die Gletscher, Braunschweig 1904; ferner Rudolphs Berichte im Geogr. Jahrbuch und besonders denjenigen von A. Rühl, XXXV, 1912, 131—142; Zeitschrift für Gletscherkunde (seit 1906).

felder ist im allgemeinen vereist, und die aus diesem plastischen Material in die Täler herabhängenden Eiszungen sind die Gletscher (Talgletscher), von denen wir reden. Verschwindend sind daneben die sog. Gehängegletscher, welche sich an den steilen Felswänden nur in solchen Höhen zu halten vermögen, wo sie fest am Boden anfrieren [112]). Bei dauerndem Zuwachs in der Firnregion schieben sich die Talgletscher zwischen den Talwänden herab, dabei im Innern in unausgesetzter Umgestaltung begriffen. Zwar schmiegen sie sich allen Formen ihres Felsenbettes an, aber durch den gewaltigen Druck des eigenen Gewichts die Wände desselben glättend und von allem leicht beweglichen Material befreiend; um dieses in die Eismassen mit einzukneten, zermalmen sie es durch den unausgesetzten Vorgang des Schmelzens und wieder Einfrierens allmählich. Diese z. T. feingeriebenen Schuttmassen sind es, die als sog. Grundmoräne [113]) die Sohle der Gletschertäler bedecken und durch die trüben Gletscherbäche, welche das abschmelzende Wasser dieser Eisströme sammeln und meist aus mächtigem Gletschertor am untern Ende hervorbrechen, in die Tiefe geführt werden. Weit beträchtlicher ist jedoch das Gesteinsmaterial, das infolge der starken Verwitterung in diesen kalten und feuchten Regionen von den Bergwänden auf den Rücken der Gletscher herabstürzt und von diesen allmählich hinabgetragen wird. Das sind die sog. Oberflächenmoränen, die beim einfachen Talgletscher sich als zwei dunkle Linien voll kantiger Gesteinstrümmer längs der beiden Seiten abheben. Vereinigen sich zwei Gletscher am Gabelpunkt zweier Täler, so schliessen sich die Seitenmoränen der zusammenstossenden Wände zur Mittelmoräne zusammen, und in gleicher Weise können sich abwärts weitere Mittelmoränen bilden, um sich je mit der zuvor gebildeten oder mit neuen Seitenmoränen zu vereinigen. Auf diese Weise werden ungeheure Massen Felsgetrümmer und Bergschutt in die untern Täler befördert. Ein Teil desselben gerät in die Spalten des Eises, um hier allmählich als sog. Innenmoräne tiefer und tiefer zu sinken und schliesslich das Material der Grundmoräne zu vermehren. In seltenern Fällen treten Mittelmoränen auf Gletschern ohne sichtbare Entstehung aus vereinigten Seitenmoränen auf. Wie es scheint, entstammen diese dem im Firngebiet bereits von den Stromlinien des Eises in die Tiefe gezogenen Randschutt, der, wenn der Gletscher später über Aufragungen hinzieht, allmählich wieder an die Oberfläche tritt [114]). Die Hauptmasse der Moränen fällt dort zu Boden, wo der Gletscher infolge des Abschmelzens sein Ende erreicht. Dort türmt sich also eine End- oder Stirnmoräne auf, die das Tal quer versperrt und nur dem Gletscherstrom den Durchlass gewährt.

---

[112]) Heim, Die Gletscherlawine an der Altels 1895 (98. Beibl. der naturforsch. Gesellsch., Zürich 1896, 53). — [113]) Die internationale Gletscherkommission hat 1899 ein festeres System für die verschiedenen Arten von Moränen in Vorschlag gebracht, dem hier jedoch bei der Skizzierung der Grundzüge nur teilweise gefolgt wird. Vergl. Pet. Mitt. 1900, 80, ferner A. v. Böhm, Geschichte der Moränenkunde, Wien 1901. — [114]) Finsterwalder, Der Vernagtgletscher. Wiss. Erg.-Heft zur Zeitschr. des D. u. Ö. Alpenvereins I, 1897.

Nun steht seit langem fest, dass die Ausdehnung der Gletscher keine konstante ist. Auf Perioden eines scheinbaren Stillstandes folgen solche des allmählichen Rückganges, bis auch dieser endigt und nach einem Stillstand ein erneutes Wachstum beginnt. Die klimatischen Ursachen dieser Gletscherschwankungen werden wir später kennen lernen (§ 256). Leicht ist einzusehen, dass, wenn ein Gletscher sich zurückzieht, die Endmoräne sich allmählich zu einer immer grössern, verhältnismässig ebenen, aber aus losen Trümmermassen gebildeten Stufe ausbreiten muss, die am Gletschertor ihr oberes Ende besitzt. Er hinterlässt dann zuweilen längs der Talwände deutlich ausgebildete Ufermoränen. Dringt aber der Gletscher wieder vor, so kann ihm dies früher von ihm selbst aufgeschüttete lockere Material keinen Widerstand entgegensetzen. Er wird die Hauptmasse desselben vor sich her schieben und so jene wallartigen Endmoränen von beträchtlicher Höhe erzeugen, die so manches Alpental versperren und nur in beträchtlichen Wasserfällen und Stromschnellen vom Gletscherfluss überwunden werden, während wir letzteren oberhalb der Sperre ruhig dahin fliessen sehen.

Gehen wir zu der viel erörterten Frage der Gletschererosion[115]) über, so wird man auf diese Ausräumung der Täler von lockerm Verwitterungsmaterial den Anteil der Gletscher hinsichtlich der Talbildung im wesentlichen beschränken müssen. Dabei ist eine mässige Vertiefung der Sohle und eine Verbreiterung längs der Talwände nicht ausgeschlossen, da die Glattschleifung des Felsenbetts ohne Materialverlust undenkbar ist. Dazu tritt die Verwitterung des Gesteins auch am Grunde der Gletscher, welche man entgegen frühern Vermutungen beobachtet hat[116]). Aber von einem wirklichen Auspflügen der Täler durch die Gletscher kann wohl nicht die Rede sein. Dagegen und für das frühere Bestehen der Täler spricht vor allem der Umstand, dass die obersten Teile der Talwände, zwischen denen am Grunde sich die Gletscher fortbewegen, vielfach durchaus keine Spuren jenes Abgeschliffenseins mit talwärts gerichteten Schraffen und Kritzen (sog. Gletscherschliffen) zeigen, wie sie für die Vorbeiwanderung der einst hochgetürmten Eisströme so bezeichnend sind. Andererseits scheint die sog. Uebertiefung vieler Alpentäler[117]) für eine kräftige Ausgestaltung vorhandener Täler durch Eisströme zu sprechen. Man versteht darunter die Erscheinung, dass die Seitentäler jener Haupttäler meist hoch über der Sohle der letztern endigen, sodass die Gewässer in Wasserfällen und Stromschnellen in

---

[115]) S. den orientierenden Vortrag von S. Günther, Gegenwärtiger Standpunkt der Lehre von der Glazialerosion, Verh. d. XIII. D. Geogr.-Tages zu Breslau 1901, 188—204, sowie W. M. Davis, The Sculpture of Mountains by Glaciers, Scott. (Geogr. Magazine 1906, 76—89); ferner A. Penck u. E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, 3 Bde., Lpz. 1901—09, an zahlreichen Stellen; s. ferner Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 131 ff. — [116]) W. Salomon, Können Gletscher im anstehenden Fels Kare, Seebecken und Täler erodieren? N. Jahrb. f. Mineral. 1900, II. u. Pet. Mitt. 1903, LB. Nr. 27. — [117]) A. Penck, Die Uebertiefung der Alpentäler. Verh. d. VII. Internat. Geogr.-Kongr. Berlin 1899, I, 232—240; Beispiele in Penck u. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Anm. 115.

sie stürzen, weil diese Stufentäler durch Gletschererosion nicht so tief ausgearbeitet sind als diejenigen, welche sie aufnehmen und in denen die grossen Eisströme abwärts zogen.

Als eine den Gletschern eigentümliche Erosionsform können jedoch die kesselförmigen Nischen gelten, welche als sog. Kare oder Zirkustäler[118]) das oberste Ende vieler Hochgebirgstäler bilden. Rings von steilen Wandungen umgeben, haben sie einen ebenen, aber mit Schuttmassen gefüllten Boden, der die Sohle des benachbarten offenen Tals, zu dem sie gehören, hoch überragt. Dort, wo diese Täler nicht mehr von Gletschern erreicht werden, treten die Kare meist deutlich in die Erscheinung, im übrigen sind sie von den oberen Gletscherenden verdeckt. Gerade an der Wurzel der Gletscher, beim Uebergang aus dem Firngebiet, ist der Wechsel des Drucks am häufigsten und damit die erodierende Wirkung des Schmelzens und Wiedergefrierens auf die Wandungen am grössten.

Wo die Gletscher mächtig angeschwollen über das gesamte Felsengerüst des Gebirgslandes hinweggehen oder besser als zusammenhängende Schnee- und Eisdecke — als sog. Inlandeis — ein ganzes Land unter sich begraben haben, wie dies grösstenteils auf Grönland und auf dem Südpolarlande der Fall ist, entbehren sie begreiflicherweise der Oberflächenmoränen fast ganz. Aber eingekittet in die Eismassen transportiert dieses Eis dennoch massenhaft Gesteine herab. Längs der Küstenregionen endigt die Decke entweder in steiler Eismauer oder sendet mächtige Gletscher zum Meer, deren Zungen in diesem abbrechend die Eisberge erzeugen.

Man hat die grosse Neufundland-Bank im Süden der gleichnamigen Insel darauf zurückführen wollen, dass in dieser Gegend die Mehrzahl nordischer Eisberge zusammenschmilzt — dieselben können begreiflicherweise den wärmeren Golfstrom hier nicht überschreiten ohne zu grunde zu gehen (Atlas, Taf. 8. Treibeisgrenze) — und also das transportierte Material zu Boden sinken lässt, indessen scheint durch neuere Untersuchungen festgestellt zu sein, dass die Trümmermassen dieser Bank wesentlich vom benachbarten Festlande, sowie von Neu-Fundland herstammen.

Eiszeit. Gletscherspuren, wie sie oben geschildert sind, entdecken wir nun fast in allen Gletscherregionen, längs der Talwände auch über den heutigen Gletschern und ferner an den tiefern Gehängen der fraglichen Täler, in welche die Gletscher nicht hinabreichen, ja auch an Bergwänden und Talspornen, die völlig abseits der firnbedeckten Hochgebirgspartien liegen. Und genau die gleichen glattgeschliffenen Rundhöcker schauen im Hügelland, welches z. B. die Alpen umgibt, aus den umlagernden Schuttmassen hervor. Aehnliches ist beim anstehenden Fels in der norddeutschen Tiefebene oder in Nordamerika zutage getreten. Vor allem aber hat sich das lockere Material, das innerhalb der Gebirge oft hoch oben an flachern Talwänden oder auf den kleinen Hochebenen der Passhöhen abgelagert erscheint, als ein solches gezeigt, das seiner fremdartigen Zu-

[118]) S. Penck II, 300; Frech, Die Gebirgsformen im südwestl. Kärnten, die Kare (Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1892, 367 ff.). Der Ausdruck Zirkustal begegnet uns auch im Mittellauf mancher Ströme. Vergl. § 168, 1. G. Richter, Geomorphol. Untersuchungen in den Hochalpen. Erg.-Heft zu Pet. Mitt. Nr. 132, Gotha 1900; Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 138.

sammensetzung nach sich unmöglich an Ort und Stelle in der Form von Schutthalden gebildet haben kann. So finden sich längs der Kalkwände oft Trümmer krystallinischer Gesteine, wie sie den Zentralalpen entstammen. In der Eigenart der Mischung aus feinem und grobem Gruss mit regellos gelagerten, eckigen und gekritzten Gesteinsbrocken oft riesiger Grösse erweisen sich diese Reste unzweifelhaft als Moränenschutt, der nur von mächtigen, die querliegenden Bergketten zum Teil in den Passeinsenkungen übersteigenden einstigen Gletschern dort zurückgelassen sein kann. Indem man diesen Spuren abräumender wie ablagernder Tätigkeit ehemaliger Gletscher mehr und mehr nachging, erkannte man, dass über die Erdoberfläche vor nicht zu langer Zeit — denn sonst eben würden diese Spuren mehr verwischt sein — Perioden mächtigen Anwachsens aller Gletscher der Erde hinweggegangen sein müssen. Eine ähnliche Zeit scheint auch in der Permperiode der Erdgeschichte schon stattgefunden zu haben. Das sind die sog. Eiszeiten, deren man, innerhalb der späteren, bereits mehrere zu unterscheiden gelernt hat. In den Zwischenzeiten sich zurückziehend, gaben die Gletscher ihre ältern Ablagerungen der Zerstörung durch die Atmosphärilien und das rinnende Wasser oder der Ueberdeckung mit anderweitigem, besonders durch den Wind herbeigeführtem Material preis. Da die Erkenntnis dieses Verhältnisses erst eine Errungenschaft des 19. Jahrhunderts, ja der letzten 70—80 Jahre ist, so ist es begreiflich, in wie hohem Grade die Frage der Eiszeit wie des Gletscherphänomens in den Vordergrund des Interesses der Geologen und Geographen gerückt ist[119]). Auf die Ursachen der Erscheinung kommen wir bei der Frage der Klimaschwankungen zurück (§ 256).

Noch sind die Grenzen der eiszeitlichen Erscheinungen nicht überall erkannt und manche falsch gedeutet, aber es steht fest, dass dieselben einerseits von polaren Gebieten, andererseits in mittlern und niedern Breiten von den meisten Gebirgen ausgingen. Die grossen zusammenhängenden Gletschergebiete des Nordens, die wir uns ähnlich wie die heutige Eiskappe Grönlands denken müssen, dehnten sich hauptsächlich auf der atlantischen Abdachung der arktischen Regionen aus, also einmal von dem nördlichen Teil Nordamerikas bis über die Kanadischen Seen hin, dann vom Skandinavischen Gebirge radial südwest-, süd- und südostwärts ausgehend, Nord- und Ostsee überschreitend, teils die felsigen Berg- und Hügelländer Schottlands und Norwegens abräumend, teils das skandinavische wie das norddeutsche und russische Flachland bis an den Nordrand der mitteldeutschen Gebirge mit Moränenschutt und den Produkten der Grundmoräne bedeckend (§ 148). In jenen Mittelgebirgen sind die Spuren grösserer Vergletscherung teilweise schon wieder weggeräumt, am ausgeprägtesten sind sie in den Alpentälern und im Alpenvorlande erhalten. In dem letztern erheben sich die Endmoränen ehemaliger Riesengletscher in

[119]) Vergl. über die wechselnden Ansichten von Zahl, Umfang, Dauer, Ursache der Eiszeiten Rudolphs Berichte im Geogr. Jahrbuch; ferner F. E. Geinitz, Die Eiszeit, Braunschw. 1906.

Form halbkreisförmiger Hügelkränze vor dem Ausgang mancher Täler noch in solcher Geschlossenheit, dass selbst Uebersichtskarten sie zum Ausdruck bringen müssen (s. Atlas, Bl. 23, Alpenländer, die Hügel im Süden des Gardasees und am Ausgang der Dora Baltea). Heute steht aber fest, dass auch die höchsten Erhebungen der südeuropäischen Gebirge, ebenso die Afrikas und Amerikas, selbst in den Tropen, eiszeitliche Erscheinungen in der Form riesiger Schottermassen zeigen.

§ 144. Die Meeresarbeit längs der Küsten. Längs der Meeresküsten tritt das Festland in den Bereich der umgestaltenden Arbeit des Meeres. Der Meeresboden in grössern Tiefen ist davon ausgeschlossen, da allein die raschen Bewegungen der Meeresoberfläche, Wellen und Strömungen, hierfür in Betracht kommen, und diese nur in geringe Tiefe reichen. Doch nimmt man an, dass selbst 200 m tiefer Grund von den grössten Wellen noch aufgewühlt werden kann, weshalb in flachen Meeren selbst geringe Stürme das Wasser oft weithin trüben. Längs der Küsten ist das Meer im allgemeinen weit flacher. Dieselben erscheinen uns auf der Karte wie scharfe Grenzlinien zwischen Wasser und Land, in Wahrheit haben wir es mit einer mehr oder weniger breiten Fläche zu tun, auf der sich die Arbeit des selten ruhenden Meeres abspielt. In kleinerm Masse wiederholen sich die zu schildernden Vorgänge am Ufer der Binnenseen.

Die Brandung[120]). Die gegen das Ufer auflaufende Welle nennen wir die Brandungswelle. In dieser führt die bewegte Wassermasse einen unausgesetzten Stoss gegen das Ufer, nagt an diesem und sucht es auszukehlen, umsomehr wenn die Welle senkrecht das Ufer trifft. Die Wirkung muss ferner mit der Häufigkeit wie der Stärke der Welle wachsen, an Gezeitenküsten also zur Flutzeit stärker sein als zur Ebbezeit, hauptsächlich aber auch von Stärke und Richtung der das Meer aufrührenden Winde abhängen. Bei Sturmfluten wird sie ihre Höhe erreichen, weil hierbei der ganze Wasserspiegel längs der Küste mitgehoben ist. Wir kennen unter den zerstörenden Kräften der Erdoberfläche wenige, die so gewaltig sind wie die Brandung.

Mehr noch ist die Natur und Gestalt der betroffenen Küste massgebend. Bei der echten Flachküste, deren Querschnitt eine unmerklich sich unter das Wasser senkende Linie darstellt, brandet die Welle, d. h. sie überschlägt sich, ehe die eigentliche Uferlinie erreicht ist, weil die kreisende Bewegung der Wasserteilchen, welche die Wellenbewegung erzeugt, bei seichtem Boden teils durch die Reibung, mehr noch durch die vom Ufer zurückfliessenden Wassermassen in dem unteren Kreislauf verzögert wird, während der nächste Wellenberg bereits im Anrücken ist. Es schiesst dann das Wasser horizontal ins flache Ufer ohne eigentlichen Angriffspunkt der Zerstörung. Anders

[120]) Richthofen, Führer für Forschungsreisende, 336—353; O. Krümmel, Ozeanographie II, 1911, 103—132; S. Passarge, Physiolog. Morphologie, Hamburg 1912, Abschn. XI, Abtragung durch das Meer.

bei stärker geböschter Küste, wo die Wogen direkt anschlagen können, um hierdurch schliesslich das Ufer längs eines schmalen Streifens zu untergraben. Dadurch wird dasselbe in die wenig geneigte Strandterrasse und die steilere Uferböschung oder das Kliff zerlegt. Die Plattform der Strandterrasse wirkt um so lähmender auf die Brandungsarbeit der Wogen, je breiter und je flacher sie ist. Denn einerseits verzehrt sich die lebendige Kraft der letzteren bei der Länge des Weges, andererseits wird die raschere Beseitigung und Fortwaschung der von dem Kliff losgerissenen Gesteinstrümmer verhindert. Wenn letztere freilich dadurch, dass sie fortwährend gegen die Böschung wie Geschosse geschleudert und auf der Plattform hin und her geworfen werden, auf den Boden beider abnagend wirken, so bilden sie doch, solange sie nicht verkleinert, zerrieben und schliesslich entfernt werden, eine Schutzwehr des Ufers gegen die Brandungswirkung. Dieselbe hängt also im einzelnen auch vielfach von dem Vorhandensein gewisser Strömungen ab, die den Transport der fein zerriebenen Materialien besorgen. Die Widerstandsfähigkeit des Gesteins ist gegenüber diesen Erscheinungen natürlich eine sehr verschiedene, wir sehen aber auch die härtesten Ufergesteine von den Wogen unterhöhlt; längs der aus lockerm Material aufgebauten Steilküsten vieler Flachländer schreitet die Küste rasch zurück. Schichtenflächen erleiden geringere Abnagung als Schichtenköpfe.

Diese abnagende Tätigkeit der Brandungswelle, die man als marine Abrasion bezeichnet, findet ihren Abschluss dort, wohin die Flutwelle noch eben reicht. Sie kann also bei gleichbleibendem Meeresspiegel nur verhältnismässig schmale Strandterrassen erzeugen. Als wichtigste Abrasionsform erscheint die Zerlegung einer Küste in zahlreiche flache bis halbkreisförmige Buchten, welche durch Vorsprünge geschieden werden. Diese letztern finden sich dort, wo infolge des Wechsels in der Härte des Gesteins oder auch der Lagerung die Abrasion nicht so rasch vorschreiten kann, wie in der Mitte. Mittelst der Küstenversetzung[121]) geschieht dabei die Ausräumung der Buchten, ohne welche die Abrasion bald zum Stillstand kommen würde. Man versteht darunter die Wirkung der schräg auf die Küste auflaufenden Wellen, die zugleich durch die lokalen Küstenströmungen, wie sie vom Winde erzeugt werden, verstärkt wird.

Da man nun innerhalb der Erdrinde vielfach flach abgeschnittene Schichtenköpfe ganzer Schichtensysteme gefunden hat, die einst mächtige Gebirge gebildet haben müssen, jetzt aber von übergreifenden jüngern Schichten marinen Ursprungs überlagert sind, so schliesst man daraus, dass ein ähnlicher Vorgang wie der bei der Brandungswelle die älteren Schichten „abradiert" haben müsse. Die notwendige Voraussetzung dafür ist, dass sich die abgeglättete Fläche im Zustand positiver Strandverschiebung (§ 135) befunden hat, wodurch der Brandungswelle ein immer weiteres Vordringen ins Festland ermöglicht ward. Man spricht daher von Abrasionsflächen, dort, wo die einstigen Gebirge

[121]) A. Philippson, Die Typen der Küstenformen, insbes. an Schwemmlandsküsten. Festschrift für v. Richthofen, Berlin 1893.

gleichsam abgehobelt sind. Aber der geschilderte Vorgang setzt doch im Grunde immer voraus, dass die abradierte Fläche mit den Erzeugnissen der Abtragung bedeckt ist, falls nicht eine spätere Wiederabtragung derselben durch andere Vorgänge stattgefunden hat. Aus diesem Grunde und weil die Abrasion den Meeresküsten beträchtliche Gesteinstrümmer zum Schutze gegen die Brandung zuführt, erkennen manche der Wirkung der Brandungswelle nicht die Bedeutung zu, welche andere ihr bei der Abtragung ganzer Gebirgsmassive zuschreiben. Die Schwierigkeit liegt für die Beurteilung nicht zuletzt darin, dass die sich heute bildenden Abrasionsflächen vom Meere bedeckt und damit unserer unmittelbaren Beobachtung im allgemeinen entzogen sind.

Die Gezeitenströmungen[122]). Ebbe und Flut erzeugen an den Küsten wechselnde Strömungen, die besonders in engern Gewässern wie zwischen Inseln und in Meerengen deutlich wahrnehmbar sind, sich in trichterförmigen Buchten und Flussmündungen aber besonders steigern und zwar um so mehr, je flacher diese endigen.

Bedeutet h den Flutwechsel, d. h. die ganze Höhe zwischen Hoch- und Niedrigwasser (vergl. § 94), g die Beschleunigung der Schwere ($= 9{,}_8$ m) und p die mittlere Wassertiefe, so kann die Stromstärke annähernd in Metern ausgedrückt werden durch die Formel

$$v = \frac{h}{2} \cdot \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{p}} \text{ oder genähert } = \frac{3}{2} \frac{h}{\sqrt{p}}$$

Im Golf von St. Malo an der Küste der Bretagne beträgt der Gezeitenstrom $3 - 3{,}_5$ m in 1 Sek. oder 6—7 Knoten in der Stunde (vergl. § 30), also weit mehr wie die Strömung des Rheines an sehr stark strömenden Stellen (§ 139); in der Mündung der Elbe läuft er etwa $2 - 2{,}_5$ m (4—5 Knoten), also wesentlich mehr als die Stromgeschwindigkeit des Flusses.

Es ist begreiflich, dass solche Ströme, die zugleich enorme Wassermassen in die Buchten treiben[123]), erodierend wirken, zumal die Wasserteilchen bei der Länge der Flutwellen auch in der Tiefe sich fast ebenso rasch als an der Oberfläche bewegen. In der Tat hat man auch in engern Trichterbuchten wie z. B. der Fundy-Bay an der Nordostküste Amerikas (45° N. Br., Atlas, Taf. 43) den von allem Grus reingefegten Felsboden gefunden. Die einfache Abrasion vermag Buchten von mehr als Halbkreisform nicht zu erzeugen. Dringt aber der Gezeitenstrom in solche, so ist dessen Erosion eine Grenze nicht gesetzt. Er ist es besonders, der die Trichterbuchten erzeugt.

Wie man an der Fundy-Bay ein Vorrücken im innersten Winkel beobachtet, so ist es nicht unmöglich, dass Gezeitenströme einst die Landbrücke zwischen Dover und Calais vernichtet haben, als sie bei geschlossenen Buchten beiderseits noch stärker als heute waren[123a]).

Für viele Flüsse sind Mündungstrichter charakteristisch (§ 145, 3). In der Mehrzahl der Fälle findet man sie an solchen Küsten ausgebildet, an denen die Gezeitenströme gegen diese gerichtet sind. Man

[122]) O. Krümmel, Ueber Erosion durch Gezeitenströme; Pet. Geogr Mitt. 1889, 129—138. — [123]) S. Karte der Flutwechsel in Berghaus, Phys. Atlas Taf. 20, mit zahlreichen Kartons; Daten bei Penck II, 500. — [123a]) O. Krümmel Ozeanographie II, 1911, 286.

beobachtet eine Flutrinne längs des einen, eine Ebberinne längs des andern Ufers, bei deren Anordnung eine Ablenkung im Sinne der Erdrotation (auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, § 81 u. S. 339) vermutet wird [124]). Auch die Seegaten oder Fahrrinnen, welche die Watten oder flachen Sand- und Schlickbänke unserer Nordseeküste durchziehen, wird man auf die erodierende Wirkung des stets überwiegend starken Ebbestroms, des sog. Sog, zurückführen dürfen; derselbe befördert die feineren Sedimente rascher in die Tiefe.

Anschwemmung. Nicht minder bedeutungsvoll als die zerstörende Wirkung ist aber die aufbauende Tätigkeit des Meeres längs der Küsten dort, wo lockeres Material zur Ablagerung gelangt. Wo die Brandung nicht zu heftig ist, und Sandbänke zu Zeiten von Schlick überlagert werden oder Flüsse Sedimente herabführen, erhöht sich der Boden allmählich, um schliesslich von einzelnen Pflanzen besiedelt zu werden. Jeder Halm gibt Anhalt zu erneuter Anschwemmung, bis schliesslich die Flut selbst nicht mehr die Bank überschwemmt und Neuland entstanden ist. Auch hierfür bietet die deutsche Wattenküste Beispiele. Zuerst als Weideplatz benutzt, wird das Neuland dort schliesslich durch Eindeichung geschützt und man erhält im Polder fruchtbaren Boden.

An vielen Küsten wandert aber der Schlamm auch von Küstenströmungen fortgeführt längs derselben weiter. Wir nannten den Vorgang die Küstenversetzung (S. 347), sie ändert in erster Linie die Schwemmlandsküsten. Zum deutlichen Ausdruck kommt dies nur, wo dauernd Küstendriften nach der gleichen Richtung ziehen. Das Material wird teils den abradierten Küsten, teils den Flusssedimenten entnommen.

Klar kommt das erstere am Golf von Viscaya zum Ausdruck, wo der um die Nordwestspitze Spaniens eindringende Flutstrom den Detritus der felsigen Nordküste längs der Gascogne ablagert. Im Golf du Lion erweitern sich die Küsten Languedocs zusehends durch Anschwemmungen der Rhone, welche eine westwärts gerichtete Strömung dorthin führt.

Zum Absatz kommt das mitgeführte Material meist, wenn zwei Strömungen aufeinander treffen, wie dies besonders bei scharfen Vorsprüngen der Küste geschieht; dieselben bilden daher oft den Ansatz zur Bildung von Strandwällen (Nehrungen), durch die mit der Zeit flache Strandseen (Haffe) abgedämmt werden. Ihr Schicksal ist ein verschiedenes. Meist sind die letzteren vergänglicher Natur, besonders wenn Flüsse in ihnen die Sedimente ablagern und von den Strandwällen her die Sandmassen in dieselben hineingeweht werden. Positive Strandverschiebung zerstört dann solche Schwemmlandsküsten ebenso rasch. Indem der Wasserspiegel sich hebt, gewinnen die Sturmfluten an Kraft, die Dünenketten werden durchbrochen, die innern Becken überflutet. Aehnliche Vorgänge haben in historischen Zeiten unsere Nordseeküste umgestaltet.

[124]) D. h. die Flutrinne befindet sich auf dem linken Ufer der Mündungsbucht, also im Sinne der Einströmung der Flutwelle rechts. Vergl. die Karte bei Krümmel (s. Anm. 122).

§ 145. Die Flussmündungen. Eigenartig ist die Wechselwirkung zwischen Meer und Küste an den Stellen, wo die Flüsse ihre Gewässer mit allen mitgeführten Stoffen in das erstere ergiessen. So einfach es in der Theorie erscheint, den Punkt zu bezeichnen, wo das unterste Talende eines Flusses aufhört und er „mündet", so schwierig ist es meist in der Natur eine entsprechende Grenze zu finden. Selbst wo ein Flusstal scharf in eine Küstenlinie eingekerbt ist, gelingt dies nicht immer. Wir haben es also auch im Begriff der Flussmündung mit einem ausgedehnten Flächengebilde zu tun.

Verliert sich ein Fluss, wie es bei zahlreichen Steppenflüssen geschieht, auf dem trocknen Lande in durchlässigem Boden, so endigt er stets mit einem äusserst flachen Schwemmkegel, den er aus den feinsten Sedimenten aufbaut, und über den er sich häufig teilend träge hinzieht, bis die einzelnen Adern im Sande versiegen oder Sumpfseen bilden. Nur selten heben sich diese Endschwemmkegel in solchem Falle deutlich von der Karte ab. Anders, wenn sie sich in stehende Gewässer, das Meer oder auch wohl in das Bett eines den Fluss aufnehmenden Stromes hinausbauen und Teile derselben zuschütten.

1. Deltas[125]). Zweckmässiger Weise gibt man den Namen einer Deltamündung heute allen Formen dieser Endabsätze von Flusssedimenten, sobald sie in flächenförmiger Ausdehnung über anderweitiger Grundlage auftreten und Landgewinn ausserhalb des eigentlichen Tales darstellen.

Der ursprüngliche Name, aus dem Altertum von der Δ-förmigen Mündung des Nils überliefert, setzte die Dreiecksgestalt der Anschwemmung und die normale Gabelung der Flussadern voraus, die beide in typischer Form nur unter ganz bestimmten Verhältnissen zu stande kommen. Das Dreieck mit der gegen das Land gerichteten Spitze tritt zumeist dann auf, wenn die Bildung wie beim Nil oder der Weichsel mit Ausfüllung einer trichterförmigen Küstenbucht beginnt und an einem quer vorgelegten Strandwall (s. u.) ihr Ende findet. Die Gabelung fehlt bei manchen Deltas (Ebro) ganz und hängt oft von zufälligen Unebenheiten des Untergrundes oder von den durch das Meer herbeigeführten Hindernissen gleichmässiger Sedimentverteilung ab. Sie erfolgt daher in sehr unregelmässiger Form, fehlt aber begreiflicherweise selten, weil sich der Fluss im Zustand des auf dem selbst erhöhten Bett dahinfliessenden Dammflusses (§ 156, 2) befindet.

Zur Bildung von Deltas im angedeuteten Sinne gelangen nur verhältnismässig sedimentreiche Flüsse, wenn sie in Gewässer münden, deren Bewegungen die Ablagerungen nicht alsbald wieder zerstören und fortführen. Man darf nur die in Frage kommende Sedimentführung nicht, wie bisher fast immer geschah, auf die schwebend vom Wasser herabgeführten Stoffe

[125]) Die reichhaltige, ihrer Zeit einen wesentlichen Fortschritt bedeutende Hauptarbeit: R. Credner, Die Deltas, ihre Morphologie, geogr. Verbreitung und Entstehungsbedingungen (Ergänzungsheft Nr. 56 zu Pet. Mitt. 1878 mit 3 Karten) kann heute für viele Punkte nicht mehr als massgebend gelten, weil das erörterte Tatsachenmaterial noch zu wenig wirklichen Lokalforschungen entnommen, überhaupt zweiten und dritten Quellen (bes. hinsichtlich der Karten) noch zu grosses Vertrauen geschenkt war.

beschränken. Die am Grunde fortgeschobenen Geschiebe und Gerölle spielen dabei eine hervorragende Rolle; man erkennt dies an den Deltas so vieler kleinen, das Meer an Steilküsten erreichenden Gebirgsflüsse, die freilich, weil sich in tiefere Hohlformen ergiessend, nur langsam über die Küstenlinie hinauswachsen.

Fast alle Hochgebirgsflüsse, die sich in Gebirgsseen ergiessen, beginnen die Zuschüttung derselben in Form von Deltas. Ein Blick auf die Karte der Schweiz bestätigt dieses Gesetz; selbst eine Uebersichtskarte genügt (Atlas, Taf. 24. Rheindelta im ehemals weit grösseren Bodensee; Tessindelta im Langensee etc.). In ausgeprägtester Form treten sie in der grossen Steppenlandschaft Eurasiens auf[126]) beim Einmünden der Flüsse in den Balkasch-See, den Aral-See, in das Kaspische Meer. Im Gegensatz zu den Gebirgsseen kommt hier die Flachheit des Seebodens begünstigend für die Deltabildung hinzu. Das gleiche Moment spielt bei der weit verbreiteten Erscheinung mit, wonach Flüsse bei ihrem Eintritt in Strandseen Deltas bilden. Das gleiche wird aber so oft durch die vorgelagerte Küstenform verdeckt, dass man ihr meist nur bei grossen Deltas wie Weichsel- und Memelniederung bisher gerecht geworden ist. Ungemein reich an Deltas sind die Küsten des Mittel- und Schwarzen Meeres, soweit sie von den feuchteren Gebirgsländern mit ihren sedimentreichen Flüssen umkränzt sind. Das Nildelta reicht aus einer andern klimatischen Zone herüber; es verdankt sein Entstehen dem tropischen Regengebiet Afrikas, innerhalb dessen allein auch an der Küste des Atlantischen und Indischen Ozeans die Deltabildung vorherrscht (Niger, Sambesi etc.). In Asien ist vor allem das regenreiche und gebirgige Monsungebiet überaus reich an grossartigen Deltas. Fast jeder grössere Fluss baut ein solches auf. Diese Form scheint auch an der nordsibirischen Küste vorzuherrschen. Isolierter tritt sie in Amerika auf, und weite Küsten längs der Ozeane kennen Deltas nicht. An der Westküste Europas finden wir sie nur beim Rhein (s. u.). Sie fehlen bei den Strömen Schwedens und des felsigen Finlands, die durch Flussseen an mitgeführten Feststoffen geläutert sind.

Begünstigend wirkt beim Eintritt der Flüsse ins Meer auf die Ablagerung, dass sich schwebende Sedimente in Salzlösungen rasch fällen. Bei starker Flussströmung wird sich freilich das süsse Wasser als das leichtere oft weithin schwimmend über dem schweren Salzwasser erhalten, ehe eine Vermischung eintritt. Aber diese leichtern Sedimente sind auch der Fortführung durch die Wogen am meisten ausgesetzt. So können sich Deltas an ozeanischen Küsten ausbilden, oder erhalten, wenn ihnen durch lokale Verhältnisse ein Schutz gegen den Andrang der Wogen gewährt wird, oder ihre Sedimentführung eine so reichliche ist, dass die aufbauende Flussarbeit nicht von den zerstörenden Wirkungen des Meeres übertroffen wird.

[126]) S. die Verbreitung der grössern Deltas auf Credners Karte (s. Anm. 125). Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 16; einzelne bei Credner, Taf. 1—3, Berghaus, Taf. 24.

Es ist also hier wieder eine Summe von Faktoren massgebend, von denen die meisten wie die Sedimentführung, das Gefälle der Hohlformen, die Stromstärke des Flusses, und vor allem die etwa entgegenwirkenden Wellen und Strömungen im Meere, die Richtung der letzteren, sowie des die Küste vorzugsweise bestreichenden Windes lokal d. h. im Gebiet der einzelnen Mündung noch zu wenig bekannt sind, um sie in ihrer relativen Bedeutung zu würdigen. Man begeht einen methodischen Fehler, wenn man die Bedeutungslosigkeit eines gestaltenden Faktors durch Gegenüberstellungen nachweisen will, ohne Berücksichtigung der jeweilig ihm in ungleichem Masse entgegenwirkenden: So wird man[127]) z. B. die schlammarme Weichsel und die sehr sedimentreiche Gironde, von denen die letztere trotzdem kein Delta bildet, nicht in direkten Vergleich stellen dürfen. Denn die erstere mündet in ein flaches Haff, die letztere in einen flutbewegten Mündungstrichter.

Einen Schutz gewährt zuweilen die Küstenbucht, in welche das Delta zunächst hineingeleitet wird wie beim Orinoko, der im Gegensatz zum Amazonas hinter den Vorhöhen des Gebirgslandes von Guayana ein gewaltiges Delta aufbauen konnte, ohne von der die Küsten von Süden her bestreichenden Strömung daran verhindert zu werden. Häufiger sind es die von der Küstenversetzung vorgelagerten Strandwälle, welche den Schutz bieten, ohne bei sedimentreichen Strömen den Weiterbau des Deltas über diese Schranken hinaus zu verhindern. So hat der Po[128]) mehrfach die quer vorgelagerten Strandwälle überschritten und wächst von neuem ins freie Meer hinein. Hinter einem sonst geschlossenen Strandwall hat der Rhein in Verbindung mit Maas und Schelde sein grosses Delta aufgebaut, das jetzt vor der Zerstörung wesentlich nur durch künstliche Bauten geschützt werden kann. Gar manche Deltas können nach Beseitigung solcher Schutzwehren der Zerstörung anheimgefallen sein und lassen ihre Spuren dann noch lange in der Form von submarinen Deltas[129]) erkennen, wie das z. B. für Ems und Weser wahrscheinlich ist. Positive Strandverschiebung und damit ein Vordringen des Meeres in Verbindung mit heftigerer Entwickelung von Gezeitenströmen kann oft die Ursache solcher Umänderung gewesen sein, der dann nur sehr sedimentreiche Ströme zu widerstehen vermögen. Andererseits kann negative Strandverschiebung die Bildung wie die Erhaltung der Deltas befördern. Aber für alle ozeanischen Küsten mit Deltas eine einzige derartige Vorbedingung vorauszusetzen, wird nicht angängig sein.

2. Viel seltener, als man nach den Karten vermuten möchte, begegnen wir bei Strömen der glatten offenen Mündung. Hier müssen die Sedimente entweder durch eine starke Flussströmung weit ins Meer getragen werden, oder das bewegte Meer sorgt selbst für rasche Entfernung der Niederschläge. In der Mehrzahl der Fälle schlägt sich vor der Mündung die Flussbarre nieder, während die

[127]) Credner, Deltas 46; Supan, Phys. Erdkunde 1896, 406; 1911, 570. — [128]) S. die Karte in Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 24, in 1 : 500 000. — [129]) „Submarine Deltas“ zeigen sich in gleicher Weise oft vor Mündungstrichtern als durchfurchtes Schlammbankfeld. Es wird aber in vielen Fällen erst der genaueren Untersuchung bedürfen, ob dies Reste ehemaliger Deltas der Flüsse oder solche von Meeresbildungen sind (Mersey, Themse, Elbe).

Meereswogen ihr Anwachsen bis zum Spiegel des Wassers verhindern. Man wird den Namen von Barrenmündung[130]) aber zweckmässig auf die häufigere Erscheinung ausdehnen dürfen, wo in der mehrfach geschilderten Weise die Küstenversetzung, also die Arbeit des Meeres den Strandwall vor die Flussmündungen legt, das Material dazu nicht allein den Flusssedimenten entnehmend, sondern längs der Küsten von weiter herführend. An Schwemmlandsküsten ist diese Form verschleppter Mündungen nicht selten; der Fluss wird gezwungen, weite Strecken längs der Anschwemmungen entlang zu ziehen, ehe er das Meer erreicht (Senegalmündung). Häufiger jedoch vermittelt der hinter dem Strandwall aufgestaute Strandsee (das Haff) den Ausgang des Gewässers, und zwar in Lücken (sog. Tiefs) wechselnden Bestandes, deren Lage oft ganz unabhängig von der Richtung des untern Flusstales ist. Diese Haffmündungen treten meist typisch an langen Küstenstrecken auf (Ostpreussische Küste).

3. Den Gegensatz zu diesen mehr verschlossenen Mündungen bilden die weiten offenen Mündungstrichter[131]) vieler in den Ozean mündenden Ströme. Auf diese passt der antike Name der Aestuarien, weil sie wesentlich Schöpfungen der in die Einlässe eindringenden Gezeitenströme sind. Trichterförmige Buchten (Laplata-Bucht) muss man davon unterscheiden. Am ausgeprägtesten treten erstere auf, wenn der Flutstrom direkt gegen die Mündung gerichtet ist. Ungeheure Massen von Wasser werden dabei in die Trichter hineingedrängt, um nach sechs Stunden wieder abzufliessen. Je höher der Flutwechsel, um so bedeutender im allgemeinen die Ausräumungsarbeit. Nahe der einfachen Flussbarre bilden sich meist doppelte Gezeitenbarren im Mündungsgebiet, da der aufgewühlte Bodensatz dann zum Niederfall kommt, wenn der Strom „kentert", d. h. beim Uebergang von der Flut zur Ebbe und umgekehrt. Die Flutbarre liegt daher am obern Ende der Flutrinne, die Ebbebarre am untern Ende der Ebberinne. Die untere Barre erhöht sich in nassen Jahren infolge reichlicher Zuführung von Flusssedimenten, sie wird seichter, erscheint dagegen in trocknen Jahren tiefer. Dass aber eine starke Schlamm- und Geschiebeführung selbst bei hohem Flutwechsel die abtragende Wirkung zu überwinden vermag, kann das wachsende Delta des Schat-el-Arab lehren, der Vereinigung von Euphrat und Tigris, im schmalen persischen Endgolf mit seinem kräftigen Flutwechsel.

§ 146. Der Wind als umgestaltender Faktor[132]). Wenn bei den grossen Vergletscherungen bereits von einer flächenmässigen Wirkung auf die Erdoberfläche gesprochen werden kann, so tritt uns in der bewegten

---

[130]) Penck II, 497—99. — [131]) Penck II, 504. S. auch Krümmels Aufsatz (s. o. Anm. 122). — [132]) Czerny, Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erdoberfläche (Erg.-Heft 48 zu Pet. Mitt. 1875); J. Walther, Die Denudation in der Wüste und ihre geol. Bedeutung (A. d. Abh. d. math.-phys. Kl. d. K. sächs. Ak. d. Wiss. XVI, 1891. Ders., Gesetz der Wüstenbildung, Berlin 1900; J. Walther, Lithogenesis (s. o. § 116); S. Passarge, Physiol. Morphologie, Hamburg 1912, VIII: Die Tätigkeit des Windes, 47 ff.

Luft ein umgestaltendes Agens entgegen, das im Grunde stets in dieser Weise wirkt. Verhältnismässig spät hat man die gewaltige Bedeutung der Deflation erkannt, womit man heute alle Erscheinungen der Denudation, die vom Winde herrühren, zusammenfasst. Es ist dies leicht erklärlich. Erosion und Gletscherwirkung können so recht nur in feuchten Klimaten studiert werden. Wo irgend eine Pflanzendecke den Erdboden bekleidet, oder der Boden in eine Eis- und Schneedecke gehüllt ist, findet der Wind keinen geeigneten Angriffspunkt. Längst freilich lernte man die umlagernde Kraft des Windes längs der Meeresküsten kennen wo er den vom Meere aufgeworfenen Sand zu Dünenketten zusammenweht; diese wandern mitunter rasch landeinwärts (Kurische Nehrung). Aber so recht treten alle Eigentümlichkeiten der Windrichtung erst in den trocknen Landstrichen unserer Erde hervor, in den Wüsten, in welche die wissenschaftliche Beobachtung erst spät eindrang.

Indem der Wind hier längs der Erdoberfläche geringen Widerstand findet und daher im allgemeinen weit stärker als über Gras- und Waldboden hinwegfegt, vermag er in wunderbarem Grade an der Gesteinszertrümmerung mitzuarbeiten. Der Winddruck führt feinkörnige Bindemittel aus den Haarspalten heraus und hilft so das Gefüge lockern, das durch die Temperaturschwankungen, wie wir sahen (§ 136), zuerst mit Sprüngen durchsetzt wird. Nicht weniger kann man zweifeln, dass der vom heftigen Wind über Gerölle und Felsgestein unausgesetzt geschleuderte Sand wetzend wirkt und dieselben durch deutlich ausgebildete Schliffflächen (an den sog. Dreikantern zu erkennen) mehr und mehr verkleinert. So kann die Ansicht nicht abgewiesen werden, es vermöge der Wind in trocknen Klimaten geradezu Felsmassen in Blöcke zu zerlegen, diese zu zerkleinern und den Erhebungen ein ruinenhaftes Aussehen zu verleihen. Die Eigentümlichkeit der Windrichtung liegt in dem Umstand, dass sie das Zerstörungsprodukt sofort weithin trägt und damit immer neue Flächen zum Angriff blosslegt. Die Sandmassen, die wir in zahlreichen Wüsten finden, stammen daher im Durchschnitt keineswegs aus dem Meere, wie man früher so allgemein annahm, sondern sie sind zumeist allein vom Winde zerstörter Felsboden. Man muss das Muttergestein also im allgemeinen im Rücken des Windes suchen. Die Sandwüsten der westlichen Sahara können nicht dem Atlantischen Ozean entstiegen sein, weil die Passate westwärts vom Lande zum Ozean zu wehen, nicht umgekehrt. — Neben den Wüstengegenden sind es besonders die höhern Erhebungen der Erde, wo der Wind seine Arbeit in verstärktem Masse beginnen kann. Die Luftströme sind im allgemeinen in den höhern Regionen, wo sie weniger lebendige Kraft verlieren als beim Streichen über die untern Bodenflächen, stärker. Die Pflanzendecke tritt mehr und mehr zurück, der nackte Fels bietet sich den Atmosphärilien dar. So muss an Berggipfeln und -Kämmen in der Tat die Winderosion in ähnlicher Weise wirken wie im trocknen Tiefland. Die steil aufragenden Granitzacken sind im Hochgebirge ähnlich gebildet wie in der Wüste.

Unterschätzt hat man bisher die Leistungen des Windes als Transportmittel der Verwitterungsprodukte. Bei der Dünenbildung und den Staubstürmen der Wüsten treten sie ja klar vor Augen. Aber es gilt sich zu vergegenwärtigen, wie die Luft feine Staubteilchen über ungeheure Flächen ausbreiten und damit zum Anwachsen von Sedimenten, wenn auch in unendlich langen Zeiträumen, Veranlassung geben kann. Das feinste Korn haben Ton und Kalk in der Zerstäubung, sie werden also am weitesten getragen. Die Pflanzendecke der Erde bekommt auf diese Weise eine unausgesetzte Zufuhr wichtiger Bestandteile der Ackerkrume aus entfernten Gegenden. Nasse Niederschläge fällen diese fremden Bestandteile der Luft rasch. Echt bodenbildend tritt der äolische, d. h. vom Wind zusammengetragene Niederschlag erst in trocknen Klimaten auf. Man schreibt ihm vor allem die Verbeitung einer sehr wichtigen Bodenart, des Löss, zu (§ 149, 6). Als hochbedeutsam muss die Fähigkeit des Windes bezeichnet werden, die von ihm verfrachteten Erdmassen keineswegs nur in tiefer gelegene Regionen abzulagern, wie dies bei der Schwerkraft, dem fliessenden Wasser und im Grunde auch nur bei Gletschern der Fall ist. Vielmehr vermag der Wind auch mit den Sand- und Staubteilchen, die er gegebenen Falls aus einem eingeschlossenen Becken heraushebt, die umgebenden Randgebirge mit allen Tälern und Kämmen einzuhüllen und ihre Umrisse zu verwischen. In Wüstengegenden ist der Wind der grosse Ausgleicher der Oberfläche, während ihm in feuchten Gegenden die Abschwemmung durch das rinnende und fliessende Wasser ständig entgegenarbeitet, da seine Niederschläge, wie angedeutet, meist leichteres Material enthalten (vergl. § 149).

IV. Allgemeine Ergebnisse der Umbildungen.

§ 147. Altersfolge der Gesteine[133]). Versuchen wir nunmehr zunächst die wichtigsten Gesteinsarten, welche das Grundgerüst der äussern Erdrinde zusammensetzen, zu überschauen, ehe wir zu der für geographische Wirkungen aller Art wichtigern oberflächlichen Bedeckung übergehen. Das geschichtliche Auftreten der Bildungen soll uns dabei zum Leitfaden dienen. Das relative Alter derselben zu erkennen hat nicht nur für den Geologen Interesse. Wir vergegenwärtigen uns damit in den meisten Fällen bereits den Begriff einer mehr oder weniger wechselvollen Geschichte, die geologisch gesprochen über die betreffende Gegend hinweg gegangen, den Begriff der Zusammengehörigkeit der Gesteine mit oft entfernter auftauchenden Bildungen oder den Resten von solchen nach Material, tektonischem Aufbau, Grad der Umgestaltung oder der Abtragung u. s. f. Kurz wir gewinnen Vorstellungen, welche die einfache Bezeichnung nach der mineralogischen Zusammensetzung, wie etwa Tonschiefer, Kalkgebirge,

[133]) Die Durcharbeitung einer, wenn auch kurzgefassten „Historischen Geologie“ mit möglichst zahlreichen Abbildungen kann dem nicht geologisch vorgebildeten Leser nicht genug empfohlen werden. Im obigen handelt es sich nur um eine kurze Erläuterung der S. 359 folgenden Tabelle und Hervorhebung einiger Hauptpunkte.

Quarzfelsen etc. nicht zu bieten vermag. Dazu kommt, dass die geologische Karte heute noch vielfach ersetzen muss, was eine solche der Bodenbedeckung in der Zukunft zu leisten bestimmt ist.

1. Als älteste Bildungen der festen Erdrinde oder sog. Urgebirgs- oder archäische Gesteine pflegt man gewisse krystallinische Schiefer anzusehen: Gneis, Glimmerschiefer und Phyllit. Sie bestehen ebenso wie die ältern krystallinischen Durchbruchsgesteine, die Granite, aus Gemengen von Mineralien, unterscheiden sich aber von jenen durch eine mehr oder weniger deutliche Schichtung und vor allem durch die Neigung, in parallele Blätter senkrecht zur Schichtung zu schiefern. Dem vorwiegend aus Feldspat und Quarz bestehenden Gneis pflegt Glimmerschiefer aufzulagern, bei welchem Glimmer an die Stelle des Feldspats tritt. Im Phyllit, welcher seinen Namen von der blättrigen Schieferung herleitet, werden die Gemengteile verschwindend klein, und er ist daher von den Tonschiefern der ältesten Sedimentgesteine schwer zu unterscheiden. — Diese krystallinischen Schiefer enthalten vielfach Lager von Eisenerz und reinem Quarzfels, auch fehlt ihnen nicht ganz ein aus Organismen gebildetes Gestein, nämlich der Graphit, der reine Kohlenstoff, vermutlich aus einer Algenvegetation hervorgegangen. — In bezug auf die Verwitterung verhalten sich diese Gesteine ziemlich verschieden. Der Reichtum an Feldspat im Gneis lässt diesen rasch zerfallen, wogegen besonders Quarzite und Phyllite den Atmosphärilien besser widerstehen und als leicht kenntliche Felspartien sich aus der Umgebung herausheben.

2. Dem paläozoischen oder primären Zeitalter der Erdbildung (dem Altertum) gehören zunächst die silurischen und devonischen Systeme oder, wie man früher zu sagen pflegte, Formationen von Gesteinen, dann das Karbon oder Steinkohlensystem, endlich das Permsystem an. Die beiden erstern (deren unterstes Glied als Kambrium von vielen Geologen noch als eigenes System angenommen wird) bestehen vorwiegend aus mächtigen Schichten von Konglomeraten, Sandsteinen (Grauwacke), Kiesel und Tonschiefern, gebildet aus dem abgetragenen Material der krystallinischen Schiefer und ältesten Ausbruchsgesteine. Im Nordosten Europas und in Amerika finden sich primäre Gesteine noch heute in horizontaler Lagerung, in andern Gegenden der Erde sind sie stark zusammengefaltet und durch die Denudation bis auf die innersten Kernfalten abgetragen. Die Steinkohlenformation beginnt mit einer mächtigen Schicht rein marinen Ursprungs, dem Kohlenkalk, welcher flötzleer ist, und auf dem sich Sandstein und Tonschieferbildungen, das Kulm, als eine Strandbildung mit einzelnen Kohlenlagern auflagern. Dann erst folgt das produktive Kohlengebirge, aus wechselnden Lagern von Kohlensandstein und Kohlenschiefern bestehend, zwischen denen sich die Kohlenflötze in sehr verschiedener Mächtigkeit, von dünnen Blättern bis Bänken von $8-10^{m}$, lagern. Diese Flötze sind z. T. aus einer reichen Vegetation von Sumpfwaldungen und Mooren längs der ehemaligen Meeresküsten hervorgegangen, zum kleinern Teil sind sie in Nester und Fugen des Gesteins zusammengeschwemmt.

Obgleich nun ein jeder Abschnitt der Erdgeschichte mancherlei Schwankungen der Uferlinie oder der Bewegungen der Erdrinde zu verzeichnen hat, so scheint aus allen Beobachtungen hervorzugehen, dass das Ende der Karbonzeit eine Periode lebhaftester Gebirgsbildung und grosser tektonischer Umwälzungen war. Wenn wir heute die damals aufgefalteten Gebirge grösstenteils nur noch in ihren Resten sehen, so rührt dies von der Forträumung derselben in den folgenden Zeiten her; was uns dabei an einzelnen Bestandteilen, wie besonders an Steinkohlen, erhalten ist, verdankt dies fast allein der Versenkung in tiefere Stufen oder der Einklemmung in Falten ältern Gesteins, wodurch es der Abtragung entzogen wurde.

Die Schichten der Karbonzeit werden vielfach von einem mächtigen Konglomerat, dem Rotliegenden, bedeckt, einer Verkittung von Trümmern, welche von den Flüssen der Permzeit an den Meeresstrand herabgeführt wurden. Nur untergeordnete Verbreitung hat ein kupferführender Tonschiefer gehabt, der als Zechstein mit dem Rotliegenden die sog. Dyas bildet. Gyps- und Steinsalzlager haben sich in dieser Zeit in ausgedehntem Masse aus den Meeren niedergeschlagen.

Während der ganzen paläozoischen Zeit hat es nicht an dem Hervorquellen eruptiver Gesteine gefehlt, in ältester Zeit besonders Granite, die aber die krystallinischen Schiefer ebenso durchbrochen und in Mitleidenschaft gezogen haben, später Diorit und Diabas, und während der Periode starker Dislokationen am Ende der Karbonzeit, sowie der Permbildungen besonders Porphyrmassen: jedoch fehlten diese auch dem mesozoischen Zeitalter nicht. Während die Granite ausschliesslich in Stockform (S. 297) hervorgetreten zu sein scheinen vermöge des zähflüssigen Materials, aus dem sie gebildet sind, zeigen sich beim Porphyr ausgebreitetere Kuppen und Decken, welche sich über die Ausbruchstiele hin nach allen Seiten ergossen, schon deutlicher.

3. Die mesozoische Zeit oder das Mittelalter, in welchem die sekundären Systeme: Trias mit Rhät, Jura und Kreide sich ablagerten, gilt im allgemeinen als eine ruhigere Periode der Erdgeschichte. Die Gebilde treten auch in ungleich geringerer Verbreitung über die Erdoberfläche hin hervor, nicht allein weil sie an vielen Stellen schon wieder abgetragen sind, sondern weil die Meere und Seen dieses geologischen Mittelalters auf kleinere Räume beschränkt waren, als die Ozeane der paläozoischen Zeit. Die Trias, namentlich in Deutschland ausgebildet, besteht von unten nach oben aus dem Buntsandstein, dem Muschelkalk und dem Keuper in regelmässiger Aufeinanderfolge. Sie wird wegen des in allen Abteilungen zum Niederschlag gelangten Salzes auch wohl als Salzgebirge zusammengefasst. Das Wesen des Buntsandsteins ist im Namen gegeben; er ist teils eine Strandbildung, teils wohl das Ergebnis einer sehr langen Wüstenperiode, die über Mitteleuropa hinweggegangen ist, wogegen die Gesteine des Muschelkalks sich als eine marine Bildung

erweisen. Der Keuper zeigt in seinen Mergellagern — unter Mergel versteht man ein Gemisch von Kalk und Ton — und Sandsteinen Meer- und Süsswasserablagerungen. — In den Alpen ist die Trias vielfach durch andere Gesteine vertreten, bei denen der Kalk vorherrscht. Dazu gehören besonders als oberste Lagen die Rhätischen Schichten, wie sie im Dachsteinkalk auftreten. Grosse Gegensätze der Verwitterung zwischen gewissen hierher gehörigen Schiefern und festen Kalken spielen bei Ausgestaltung des Einzelreliefs eine wichtige Rolle. — Das Jurasystem bezeichnet wieder rein marine Bildungen mit zahllosen Versteinerungen, in grössere Provinzen zerfallend vermöge des Abschlusses der einzelnen Jurameere. Im schwarzen Jura oder Lias wechseln schwarze Kalke mit Tonen, Schiefern, Mergeln, der braune Jura (Dogger) ist auch noch tonreich, wogegen der weisse Jura (Malm) wesentlich aus festen hellen Korallenkalken aufgebaut ist. — Ungleich ausgedehnter müssen die Meere der Kreidezeit gewesen sein, wenn sie sich auch meist nur als flache Transgressionen über ältere Erdschollen zeigen. Wie gross die Gegensätze der Gesteinsbildungen, welche nach ihren organischen Resten zu einer Entwickelungsperiode zusammengefasst werden, sind, kann an den Quadersandsteinen der oberen Kreide in Böhmen und Sachsen und an der in den obersten Horizonten des Systems auftretenden weissen Schreibkreide (Rügen, Dänemark, Südost-England) ersehen werden, die als Hochseebildung ihren Ursprung auf Reste von Meerestieren zurückführt. In den untersten Sandsteinschichten des Kreidesystems finden sich Lagen von sekundären Kohlen eingebettet (die sog. Wealdenkohle oder Wälderkohle).

Auch die mesozoische Zeit lässt erkennen, dass eruptive Gesteine an Stellen schwächern Widerstands der Erdrinde hervortraten. Neben Serpentin und Porphyr begegnet man bereits Basalten und Trachyten.

4. Die känozoische oder Neuzeit (Tertiär-Periode) ist es, in welcher das Antlitz der Erde in den Hauptzügen ausgebildet ward, wie wir es heute sehen. Besonders die mittlere Tertiärzeit erweist sich wiederum als eine Periode lebhaftester Gebirgsbildung, ähnlich der am Ende der Karbonzeit. Die grossen Gebirge der heutigen Erdkarte wurden zu Hochgebirgen erst in der Tertiärzeit aufgefaltet, die Dislokationen bieten der eruptiven Tätigkeit Anlass zum Hervorbrechen an zahllosen Stellen. Basalte und Trachyte ergossen sich, zum Teil weite Decken bildend, in allen Teilen der Erde. Die Absatzgesteine verdanken in dieser Zeit teils dem Meere, teils Süsswasserseen ihre Bildung. Mächtige Konglomerate sind z. B. in der Nagelfluh am Rand der Alpen abgelagert, um später gleichfalls noch steil aufgefaltet zu werden. Die Tuffe der vulkanischen Ergüsse trugen vielfach zu den Konglomeraten bei. Weiche Sande wechseln mit Tonen und festen Kalken je nach der Lokalität der Abtragung. Salz- und Gypslager schlagen sich nieder, die Süsswasserschichten bergen in weitester Verbreitung Braunkohlenlager.

Zum Eocän oder Alttertiär gehören vor allem die ungemein verbreiteten Nummulitenkalke, so benannt von den vorherrschenden münzenförmigen Foraminiferenschalen, und der mehr sandigmergelige Flysch, die beide in vielen Gebirgen später noch stark mit aufgefaltet sind. Das Oligocän (wenig neu) folgt dem Eocän. Die Neogenbildungen, unterschieden als Miocän (weniger neu) und Pliocän (mehr neu), beschränken sich mehr auf Beckenausfüllungen.

5. Angenommen, dass die Kontinente und Meere in ihren Hauptumrissen und ebenso die wichtigsten Gebirge der Erde nebst ihren Tälern und Hohlformen am Ende der Tertiärzeit ausgebildet waren, so hat die Quartärperiode oder die Jetztzeit (infolge des Auftretens des Menschen auch Anthropozoische genannt) im einzelnen doch noch beträchtliche Ausgestaltungen mit sich gebracht. Die bedeutendste Wirkung hat die sog. Eiszeit hervorgerufen, die oben (S. 334) geschilderte Periode niedrigerer Temperatur und reichlicherer Niederschläge, welche ein gewaltiges Anwachsen der polaren wie der meisten Gebirgsgletscher veranlasst hat. Hierdurch sind die grossen Ebenen Europas und Nordamerikas ebenso wie die Umgebungen der grössern Gebirge mit einer mehr oder weniger dicken Lage von lockerm Geschiebematerial, von mächtigen erratischen Blöcken bis zum feinen Gletscherlehm, bedeckt. Die Unterlage fester Gesteine z. T. vollkommen verhüllend, hat die Eiszeit weiten Gebieten den landschaftlichen Charakter aufgedrückt. Diesen sog. Diluvialbildungen stellt man die alluvialen oder neuesten Anschwemmungen gegenüber, wie sie sich in Binnenseen, an Küsten und vor allem durch die Fluss-Ueberschwemmungen heutiger Flusssysteme noch unter unsern Augen bilden. Mehr und mehr zieht man hierbei auch die Ablagerungen in Betracht, die der Wind über weite Kontinentalflächen ausbreitet (§ 146).

Tabellarisch empfiehlt es sich, stets mit den jüngern, obern Schichten zu beginnen. Man unterscheidet innerhalb der historischen Geologie die folgenden Bildungen:

I. Quartärbildungen
- Alluvium
- Diluvium (Eiszeit)

II. Tertiärbildungen (Känozoische)
- Pliocän, Miocän } Jungtertiär (Neogen)
- Oligocän, Eocän } Alttertiär (Palaeogen)

III. Sekundärbildungen (Mesozoische)
- Kreide: Senon, Turon, Cenoman } Obere
- Kreide: Gault, Neocom } Untere

Jura	Malm (weisser Jura)
	Dogger (brauner Jura)
	Lias
Trias	Keuper (mit Rhät)
	Muschelkalk
	Buntsandstein

IV. Primärbildungen (Paläozoische)

Perm (Dyas)	Zechstein
	Rotliegendes
Karbon	Oberes (Flötzführendes)
	Unteres (Kohlenkalk und Kulm)
Devon	Oberes
	Mittleres
	Unteres
Silur	Oberes
	Mittleres
	Kambrium

V. Archäische Bildungen
Urtonschiefer (Shyllit)
Glimmerschiefer
Gneis.

Eruptive Gesteine:
Heutige: Lava etc.
Jung eruptiv: Andesit, Trachyt, Basalt
Mittel eruptiv: Porphyr, Diabas etc.
Alt eruptiv: Granit, Syenit, Diorit.

Die geologische Karte. Zu der wichtigsten Ergänzung der geographischen Karte gehört diejenige, welche uns in farbigem Bild anzeigt, welchem Gesteinssystem oder welchem Formationsglied jeweils eine Stelle der äussern Landfläche angehört. Um eine solche zu entwerfen, bedarf es also eigentlich einer Abschreitung und Aufnahme aller Gesteinsgrenzen, um sie alsdann in die geographische Karte einzutragen. Die letztere ist also die Voraussetzung der erstern. Mit der schwierigen Aufgabe der Einzelaufnahmen hat man erst in wenigen Ländern den Anfang gemacht; schwierig ist sie in zahlreichen Fällen, weil der Grenzverlauf oft unzugängliche Stellen des Geländes berührt, häufig durch die Vegetationsdecke oder menschliche Bauten verdeckt oder durch tektonische und Verwitterungsvorgänge verwischt wird. Daher ist der Geolog in weit höherem Masse gezwungen, diesen Grenzverlauf aus einigen wenigen, besser beobachteten Punkten oder aus indirekten Anzeichen (wie z. B. der Vegetation) mutmasslich einzuzeichnen, als etwa der Geograph bei Niederlegung von nicht selbst aufgenommenen Fluss- oder Höhenlinien. In aussereuropäischen Kontinenten beruht das Bild der geologischen Karte daher noch auf äusserst geringfügigem Material und ist nur in grossen Zügen bekannt. 20% der Erdoberfläche muss als zur Zeit noch fast vollkommen unbekannt bezeichnet werden. Jedes Jahr bringt aber die bedeutendsten Fortschritte[134]) und lässt die Karten — von Europa abgesehen — rasch veralten. Dem Anfänger kann nichts so sehr empfohlen werden, als bei Wanderungen stets von der geologischen Spezialkarte begleitet zu sein, wie wir

[134]) S. die Jahresberichte F. Toulas im Geogr. Jahrbuch.

das früher in betreff einer guten Terrainkarte anrieten (S. 253). — Das Lesen einer geologischen (früher in Deutschland als geognostisch bezeichneten) Karte hat mit Hilfe des Farbenschlüssels keine Schwierigkeit; wohl aber das Verständnis des Gesamtbildes. Wie kommt es, dass so manche Sedimentgebilde auf den Karten eines grossen Gebietes in zahllose kleine Fetzen zerstückelt erscheinen? Bei Eruptivgesteinen, die in vielen Einzelpunkten die Erdrinde durchbrochen haben, ist dies an sich verständlich, bei Absatzgesteinen muss man im allgemeinen annehmen, dass die einstige, mehr zusammenhängende Decke im Laufe der Erdgeschichte zerstückelt, schollenweise in verschiedenes Niveau gebracht und hier zum Teil von der Denudation wieder abgetragen, zum Teil von andern Sedimenten überlagert ist. Den wirklichen Zusammenhang dieser Erscheinungen vermag jedoch selbstverständlich nur die Einzeluntersuchung aufzuhellen. Ungemein erleichtert würde das Verständnis vieler Verhältnisse, wenn man Geländekarten mit Darstellung der Formationsgrenzen in üblicher Weise vereinigen könnte. Das scheitert an technischen Schwierigkeiten. Nur Höhenlinien (Isohypsen) lassen sich auf geologische Karten eintragen ohne die Lesbarkeit der rein kartographischen Elemente zu beeinträchtigen.

§ 148. Die morphologischen Regionen des Festlandes. Der blosse Anblick der geologischen Karte der Gegenwart bietet wenig Anhaltspunkte, um ganze Erdteile durch das Vorherrschen gewisser älterer oder jüngerer Gesteinsbildungen zu kennzeichnen[135]). Kein Erdteil ist ausschliesslich aus Niederschlägen oder eruptiven Massen einer bestimmten Periode der Erdgeschichte hervorgegangen, sodass man ihn ohne weiteres als jüngeres oder älteres Gebilde einem andern gegenüberstellen könnte. Vielmehr sind die geographischen Kontinente aus den verschiedensten Stücken zusammengeschweisst und fallen auch nicht durchweg mit den grossen Einheiten zusammen, die uns der Geolog heute unterscheiden lehrt.

Eine kurze Uebersicht über diese Anschauungen[136]) hinsichtlich der grossen Gebiete gleichartigen Oberflächenbaues der Erde mag eine passende Einführung für die spätere Betrachtung der Hauptformen der Landfläche sein. Es gilt nunmehr also wieder bei der Uebersichtskarte der Erde anzuknüpfen, die wir am Schluss des vorigen Kapitels verliessen (S. 295). Mit gleichzeitiger Ausnutzung der geologischen Karte wollen wir den grossen Leitlinien des Oberflächenbaues etwas näher nachspüren, nachdem wir die Gegensätze der Gesteinslagerung kennen gelernt haben.

Es führt dies notwendig zur weiteren Teilung der Landfläche in Regionen, worunter wir im allgemeinen grosse Unterabteilungen

[135]) Ob eine Berechnung der den einzelnen Zeitaltern zugehörigen und heute an der Erdoberfläche hervortretenden Flächen, wie sie v. Tillo nach den Berghausschen Karten gab (s. Tillos Zahlen dort auf Taf. 7/8), wirklichen Wert beanspruchen kann, wenn sich die Berechnung auf Erdteile (oder gar Breitenzonen) beschränkt, erscheint fraglich. — [136]) E. Suess, Antlitz der Erde I, II, III$_1$ und III$_2$, 1883—1909. Seine grundlegenden Zusammenfassungen erstrecken sich nun über den weitaus grössten Teil der Erdoberfläche. Vergl. die Uebersichtskarten am Schluss von Bd. III$_2$. Einen ersten Versuch kartographischer Darstellung einer Einteilung der gesamten Landfläche im morpholog. Hauptgebiete gab Supan, Phys. Erdk., 1896, Taf. II, Massst. im Aequator 1 : 250 000 000, etwas abgeändert 1907; doch ward 1911 an Stelle derselben eine einfache morphologische Dreiteilung des Landes gesetzt.

der Erdteile verstehen, die durch gemeinsame natürliche Merkmale gekennzeichnet sind. Im vorliegenden Fall kommt der gleichartige Flächenbau in Betracht, wie er in erster Linie durch die Tektonik geschaffen ist. Wie wir sehen werden, schreiten diese morphologischen Regionen, wie man sie kurz bezeichnen kann, mehrfach über die üblichen Grenzen der heutigen Erdteile hinweg, aber sie ziehen auch dort Grenzlinien, wo der blosse plastische Aufbau der Kontinentalmassen solche nicht entdecken liesse.

1. Nur die beiden nordatlantischen Felsplatten archäischen Gepräges heben sich deutlicher von der geologischen Karte ab. Grönland mit seiner Eiskappe bildet den Mittelpunkt zwischen zwei durch tiefe Meereseinsenkungen getrennten, schildförmigen Flächen. Sie bestehen vorwiegend aus archäischen und ältesten Schiefergesteinen und umfassen im Westen das Hudson-Bai-Gebiet, im Osten Skandinavien nebst Finland oder Fennoskandia, wie man diese Region kürzlich bezeichnet hat. Einst mit stark gefalteten Gebirgen bedeckt, sind sie heute bis an die dem Ozean zugekehrte Seite zu einer seenreichen Platte abgetragen und zum Teil mit flachgelagerten paläozoischen Schichten überdeckt. Wie dort das Pfannenmeer (S. 293) der Hudson-Bai, so ist hier das der Ostsee in die schildförmige Erhebung eingesenkt[137]). Nach der kontinentalen Seite ist es ein Kranz von Seen, der sie begrenzt. In Nordamerika zieht sich derselbe von den Kanadischen Seen nordwestwärts bis zum Eismeer. In Europa kommen die grossen schwedischen und russischen Seen dabei in Betracht.

2. In der alten Welt ist diese Urgesteinsscholle von dem grossen Gebirgsgürtel im S durch die Ausläufer des ausgedehntesten Flachlands getrennt, das die Erde kennt. Im Westen den Ozean erreichend, verschmilzt es mit den Resten einstiger hoher Gebirge, die Grossbritannien, Frankreich und Deutschland erfüllten, zu einer kleinen, aber eigenartigen Region — dem Westeuropäischen Schollenland — zusammen. Der grössere Teil, am besten als Eurasisches Flachland bezeichnet, gliedert sich leicht in drei natürliche Provinzen: Im W das Osteuropäische Flachland oder die Russische Tafel[138]) mit ihren durchweg flachgelagerten Schichten meist paläozoischen Alters und ihrem auch schon in der alten Zeit gefalteten östlichen Rande, dem Uralgebirge. Tiefer gelegen ist die südöstlich angrenzende Folge weiter Steppenländer, die wir nach dem Namen der beiden grössten Wasserbecken, die sie einschliessen, als Aralokaspische Senke bezeichnen. Sie enthält nur abflusslose Gebiete. Als dritter Teil dieses Flachlands gilt uns die junge Westsibirische Ebene, fast ganz aus flachgelagerten tertiären Schichten zusammengesetzt. Wesentlich das weite sumpfige Gebiet eines einzigen Stromsystems — des Ob — bildend, findet sie im O am mittlern Lauf des Jenissei eine scharfe Grenze.

---

[137]) Daher von Suess (II, 42 ff.) der „Kanadische“ und der „Baltische Schild“ benannt. — [138]) Suess I, 740.

3. Mit dem Ostsibirischen Tafelland zwischen Jenissei und Lena und dem breiten Gürtel alter Gebirgsfalten, der es im S und im SO umrahmt, betreten wir einen der ältesten Bestandteile des asiatischen Kontinentes. In seltsamer Verzweigung führen die Flussadern alles aus dem Kranz von Gebirgen entquellende Wasser jenen beiden grossen Nordströmen zu. Die Zonen der Randfalten[139]) sind nach N oder besser nach der hohlen innern Seite des Hauptbogens, der sich um den Baikalsee lagert, gerichtet. Seit Ende des paläozoischen Zeitalters ist das Gebiet in der Hauptsache vom Meere nicht wieder bedeckt worden. Wie es scheint, muss auch die Wüste Gobi, die von alten abgetragenen, im gleichen Sinne (NO) streichenden Gebirgsresten durchzogen ist wie die Erhebungen am Baikal, bis an das Randgebirge des Chingan dieser alten Landscholle zugerechnet werden.

4. Die eben geschilderten Regionen Nord-Eurasiens begleitet im S von den Ufern des Atlantischen Ozeans bis nach Ostasien der grosse Eurasische Gebirgs- und Hochlandsgürtel, ein System von Kettengebirgen oder meist erst in tertiärer Zeit zu Hochgebirgen aufgefalteter Gebirgsbogen, daher auch der Eurasische Faltengürtel genannt. Bald sich mit ihren Endfalten aneinanderscharend, bald in Wirbeln gebogen und rutenförmig auseinanderlaufend, schliessen die Einzelketten zwischen sich kleinere oder grössere Beckenlandschaften ein. Alpen und Karpaten gehören ihm an. Im W[140]) wird der Gürtel von der früher geschilderten grossen Bruchzone der Erde (S. 283) geschnitten, sodass z. B. das westliche Mittelmeer, Adria und Griechisches Inselmeer, zwischen seine Gebirgsketten fallen. Mit dem unzweifelhaft dieser Zone zugehörigen Atlasgebirge greift der Gürtel auf afrikanischen Boden hinüber. Die asiatische Fortsetzung bildet mit ihren bogenförmigen Ketten und den von ihnen eingeschlossenen Hochflächen den Asiatischen Hochgebirgsgürtel[141]). Am Nordostende Irans besitzt er eine starke Einschnürung, um von dort in einem ganzen System von divergierenden Hochgebirgs-Erhebungen nach O auszulaufen. Nach S dringen die Bogen des Taurus, der iranischen Randgebirge und des Himálaja vor und schliessen mächtige Anschwellungen der Erde, meist abflusslose Hochländer, ein. In Zentralasien wird diese Zone am breitesten. Denn es gesellen sich nordwärts mit den Gebirgssystemen des Tienschan und Altai neue Faltengürtel zu und bringen die Ausdehnung der Hauptzone, die bis dahin selten mehr als 15 Breitengrade bedeckte, im Meridian des Altai auf 25°. Gleichzeitig tritt mit diesem nördlichsten Vorsprung der Faltengürtel in harte Berührung mit den alten Randfalten Ostsibiriens. Neuere Anschauungen[142]) weisen die OSO verlaufenden Gebirgszüge der mittleren Gobi den Faltensystemen des Altai und Tienschan zu und bringen die starke

[139]) Von Suess III 1, 53 ff. als „alter Scheitel Eurasiens" bezeichnet. — [140]) Vergl. d. Leitlinien d. Alpensystems, Suess I, 285 ff. — [141]) Ueber Verlauf und Zusammenhang der asiatischen Gebirgszüge, namentlich im Osten, herrscht noch keine Uebereinstimmung. Die Darlegungen von E. Suess in Bd. III 1, 1901 geben vor allem für Zentralasien eine wesentlich andere Auffassung, als sie bisher von v. Richthofen u. a. vertreten ward. — [142]) Ed. Suess III 1, Kap. V und VI, Altai und Altaiden.

Umbiegung der Ketten im westlichen Tibet mit jenen in Verbindung. Jedenfalls scheint eine allgemeine Aufstauchung der Faltensysteme am Westrand der alten Festlandsschollen von Nord- und Südchina stattgehabt zu haben. Erst nach Passierung der Enge zwischen Himálaja und den selbständigen Erhebungen Südchinas erfolgt von neuem eine rutenförmige Ausbreitung der Falten, die nun die gesamte hinterindische Halbinsel durchziehen, sich in den Sundainseln noch weiter fortsetzen und schliesslich angesichts Neuguineas in sich selbst zurückbiegen [143]). Vulkanische Tätigkeit begleitet den Inselkranz seit tertiären Zeiten.

5. Ostasien wird besser insgesamt als eine eigenartige Region betrachtet, wenn auch die Teile nach Alter und Zusammensetzung mannigfach verschieden sind. Es handelt sich um den einst weiter als bis zu den heutigen Grenzen des asiatischen Festlandes reichenden Rand des Kontinentes. Er ist von einer Reihe zu Guirlanden sich ordnender Gebirgsbögen durchzogen, die sämtlich gegen den Ozean konvex sind und dadurch grosse Beckenlandsehaften einschliessen. Nur für den ältesten Teil der Region, das eigentliche China, gilt dies nicht ganz. Hier hat sich der zweite alte Festlandskomplex Asiens z. T. in Tafelländern (N), z. T. mehr in stark abgetragenen Gebirgsrosten (S) erhalten. Aber das Typische ist, dass der ganze Randgürtel von mächtigen, in flachen Bogen von NNO bis SSW verlaufenden Staffelbrüchen durchsetzt ist. Dadurch ist das Gesamtgebiet in eine Reihe von Landstaffeln zerlegt [144]), von der die östlichere stets tiefer als die westliche gesenkt ist. Neben echten Tieflandsbecken zwischen stehen gebliebenen Gebirgsresten und durch sie z. T. ganz vom Meer getrennt, gehören auf diese Weise eine ganze Anzahl von Randmeeren, durch Inselguirlanden vom Meere geschieden, dieser ostasiatischen Region zu und den Osten Asiens begleiten junge Faltengebirge, vielfach von Vulkanen durchsetzt.

6. Im scharfen Gegensatz zu dem Eurasischen Faltengürtel breitet sich im S das mächtigste Tafelland der Erde, fast ganz Afrika mit Ausnahme des Atlas, ferner Arabien und Vorderindien umfassend, aus. Daher zwischen beiden eine der ausgesprochensten tektonischen Grenzlinien, in ihrem Gegensatz zu dem Umriss der heutigen Kontinente. Das Tafelland ist, obwohl vorwiegend von abgeflachter Aussenseite, keineswegs ohne grössere Gebirgs-Erhebungen, aber das Bezeichnende ist für das Gesamtgebiet, dass seit paläozoischen Zeiten Auffaltungen in demselben nicht mehr stattgefunden haben zu scheinen. Die Schichten liegen meist horizontal oder sind schwachgeneigt, und die Unebenheiten verdanken ausschliesslich den Brüchen ihren Ursprung, soweit nicht vulkanische Aufschüttungen (z. B. Abessinien) sie zu Wege gebracht haben. — Die Nordhälfte bildet die grosse Wüstentafel [145]), sich über Nordafrika, Arabien und Syrien

[143]) Suess III 1, Die östlichen Altaiden. — [144]) F. v. Richthofen, Geomorphol. Studien über Ostasien I, Sitz.-Ber. d. k. Preuss. Akad., Phys.-math. Kl. 1900, 888 ff.; II, das. 1901, 782 ff. — [145]) Suess I, 461 ff.

erstreckend. Die alten abgelagerten Schichten sind erst in der mittlern Kreidezeit bis in die Tertiärzeit von Norden her teilweise wieder überflutet worden. Die grosse Grabenversenkung des Roten Meeres hat Arabien von dem gleichgestalteten Aegypten geschieden. Im Norden hat der Einbruch des südlichen Mittelmeerbeckens die Wüstentafel verkleinert. Malta ist als Rest derselben stehen geblieben. — Als gebrochenes indisches Festland[146]) hat man Südafrika, Madagaskar und Dekan (Vorderindien) zusammengefasst, seit man die engen Beziehungen dieser jetzt durch die Einbrüche des Indischen Ozeans weit getrennten Gebiete erkannt hat. Auf älteren Grundlagen lagern mächtige mesozoische Schichten meist pflanzenführender Sandsteine, die zeigen, dass das Meer diese Gebiete seit dem geologischen Altertum nicht überflutet hat. In den granitischen Gesteinen der Seychellen[147]), nördlich von Madagaskar, vermutet man Reste jenes ehemaligen Indo-Afrika. Jetzt ist dies Gebiet in drei völlig getrennte Stücke geschieden; zunächst das Transsaharische Afrika, im N unmerklich in die grosse Wüstentafel übergehend und mit dieser etwa von gleicher Grösse, nach S allmählich anschwellend und von einem vielleicht jung paläozoischen Faltengebirge (Kapgebirge)[148]) begrenzt; ferner Madagaskar als Inselhorst, und drittens die jetzt mit dem asiatischen Kontinente verwachsene Halbinsel Dekan.

7. Ein eigenes einförmiges Tafelland stellt Australien dar. Nur den Ostrand nimmt ein altes, stark abgetragenes Faltengebirge ein, dessen Streichungsrichtung der Ostküste parallel läuft. Junge Faltengebirge umziehen, zum Inselkranze aufgelöst, von Neu-Guinea bis Neu-Seeland in immer weiterem Abstand den australischen Kontinent.

8. Leichter als die alte Welt sind die beiden Kontinente von Amerika zu überschauen. Hier verlaufen die Grenzen der sie zusammensetzenden Stücke mehr oder weniger meridional. Langgestreckte Mulden ziehen in dieser Richtung durch Nord- wie durch Südamerika. In letzterm Erdteil ist eine breite Tieflandsmulde mit den Alluvionen der grossen Ströme erfüllt. Die Mitte und den östlichen Vorsprung des Kontinents bildet das mächtige Massiv von Brasilien und Guayana[149]), wieder ein ausgedehntes Tafelland, wie es den Südkontinenten eigen ist. Auf archäischem Gestein lagern flach paläozoische Schichten. Dann treten an einzelnen Stellen Sandsteine der Kreideperiode auf. Gegliedert ist diese Masse durch eine breite Mulde, durch welche der Amazonas seinen Ausweg ostwärts findet. Den Westen nehmen die mächtigen Anden ein, ein gegen den Ozean zu gefaltetes Hochgebirge, das durch eigentümliche rutenförmige, leicht auf der orographischen Karte zu verfolgende Umbiegungen im S und N des Kontinents ausgezeichnet ist. Mittelamerika[150]) und der Inselbogen der Antillen mag als eine ähnliche Erweiterung des südamerikanischen Kontinents angesehen werden, wie sie Asien in den östlichen Inselkränzen besitzt.

---

[146]) Suess I, 505 ff. — [147]) Suess II, 534. — [148]) Die brasilische Masse, Suess I, 635. — [149]) Suess I, 698 ff. — [150]) E. Suess-III,$_2$, 1909, 321 ff.

9. Nordamerika beginnt morphologisch am Südende des mexikanischen Hochlandes. In diesem Kontinent findet eine ähnliche Dreiteilung wie in Südamerika statt. Das Felsengebirge mit den eingeschalteten Hochflächen ist wiederum ein verhältnismässig junges Faltengebirge, dessen Falten nur im Westen gegen den Ozean gerichtet sind. Auf der ganzen östlichen Längenerstreckung, wo jetzt sich die Präirien ausbreiten, war bis in die Kreideperiode hinein ein trennendes Meer, diesem folgte später ein Binnenmeer, das die Osthälfte des Kontinents noch grossenteils von dem Westen schied. Erstere besteht aus zwei verschiedenen Regionen. Die grosse archäische Hudson-Bai-Scholle ist bereits in ihrem Zusammenhang mit den alten arktischen Schollen besprochen. Im Süden und Osten der Kanadischen Seen breitet sich ein vorwiegend paläozoisches altes Faltenland aus, für das der Name des Appalachianlandes passend sein mag, weil diese Faltung im Sinne des nordöstlich streichenden Appalachian-Gebirgssystems (Alleghanies) auch das westlich davon gelegene Flachland beherrscht. Es greift westlich bis über das Mississippital hinüber.

10. Eine in zahllose Inseln aufgelöste Region ist endlich Ozeanien, auf das wir beim Kapitel der Inseln näher einzugehen haben, und als letzte stellt sich die noch unentschleierte eisbedeckte Antarktis dar.

So erhalten wir als erste Ueberschau eine Summe von etwa zwanzig morphologischen Regionen, die sich jedoch auch wieder zu grössern Einheiten zusammenfassen lassen, was aber für unsere nächstliegenden Zwecke nicht in Betracht kommt.

§ 149. Die regionale Bodenbedeckung[151]). Deutlicher als beim Verfolg tektonischer Leitlinien weist uns eine kartographische Darstellung der lockern Bodenbedeckung auf geographische Ursachen ihrer regionalen, d. h. weite Landstriche kennzeichnenden Verbreitung. Die Verwitterung und die Abtragung, sowie ihr Gegenstück, die Ablagerung und Anhäufung der von Luft und Wasser umgelagerten Stoffe, sind, wie wir sahen, im grossen so eng von klimatischen Bedingungen abhängig, dass es nicht Wunder nehmen kann, in ausgedehnten Gebieten von ähnlichen klimatischen Verhältnissen die verschiedenartigsten Gesteinsunterlagen dennoch von gleichartigen Bodenarten bedeckt zu sehen. Die Voraussetzung für eine übersichtliche Zusammenfassung ist einerseits, dass man diese lockern Bodenbedeckungen weniger der mineralogischen Zusammensetzung als der Bildungsform nach unter-

[151]) Den ersten Versuch, die regionale Bodenbedeckung zu gliedern, hat v. Richthofen angestellt (Führer f. Forsch. 1886, 456—507); das schwierigere Unternehmen, danach die Verbreitung der Bodenarten kartographisch niederzulegen, verdankt man C. Rohrbach (Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 4, M. im Aeq. 1 : 100.000 000). Das Vorherrschen dieser oder jener Form musste grossenteils aus indirekten Merkmalen geschlossen werden. v. Tillo hat die Flächenanteile nach Prozenten berechnet (Pet. Mitt. 1893, 17). Die Rohrbachsche Darstellung konnte im einzelnen nicht ohne Widerspruch bleiben (s. Penck I, 416, Supan, Phys. Erdk. 1896, 427). Vergl. ferner Walther, Lithogenesis S. 719 ff.: Die Faziesbezirke der Gegenwart.

scheidet und selbst dünne Ueberzüge des Erdreichs nicht von der Betrachtung ausschliesst.

Gewiss geht die Bodenbildung, von der hier zu reden ist, noch fortwährend unter unsern Augen vor sich, auch wenn wir vom Kulturboden, wie er sich unter dem Eingriff des Menschen zum Zweck seiner Ausnutzung bildet, ganz absehen. Aber sehr bald drängt sich beim Verfolg dieser Erscheinungen die Ueberzeugung auf, dass an der Bildung der oberflächlichen Bodendecke nicht die Zeiten allein gearbeitet haben, in denen die Klimate so wie heute verteilt sind. Dass die Spuren der Eiszeit, die hier ja vor allem in Frage kommen, noch aufs deutlichste erhalten sind, ist schon oft bemerkt. Aber auch andere Gegenden, in denen solche nicht nachzuweisen sind, zeigen, dass in ihnen, geologisch gesprochen, vor nicht langer Zeit andere klimatische Bedingungen geherrscht haben müssen. Der Wechsel von feuchterm und trockenerm Klima ist hierbei das Massgebende für die Bodenbildung. Beim Uebergang zum erstern sind in dem fraglichen Gebiet die fliessenden Gewässer, beim Eintritt von Trockenheit die Winde zu grösserer Herrschaft gelangt, und in gewissem Sinne schliessen sich deren Wirkungen aus.

1. Im strengsten Sinn vom Klima abhängig ist die Verbreitung des Firn- und Eisbodens. Wie er die Hochgebirge oberhalb einer wichtigen Höhenlinie, der sog. Schneegrenze, krönt, so breitet er sich in den Polarregionen zu mächtigen Flächen aus. In Grönland bedeckt er mehr als 2 Mill. qkm und es ist die Frage, ob wir ihn dort nicht besser zu den Gesteinsformationen selbst als zur Bodenbedeckung rechnen. Jedenfalls ist der Eisboden die für den Pflanzenwuchs ungünstigste Form, er schliesst diesen vollkommen aus, weil er die gesamte Unterlage umhüllt.

2. Die atlantische Hälfte der arktischen Kugelkappe zeigt daneben die ausgedehntesten Gebiete nackten Felsbodens. Es sind dies im Gebiet der Hudson-Bai wie in Norwegen und Lappland die Regionen glazialer Abräumung mit den glattgeschliffenen Rundhöckern. Im kleinern Masse wiederholt sich ähnliches auf Gebirgsgipfeln und Kämmen, nur dass hier der Wind, gelegentlich der Regen die Felswände von der Verwitterungskrume befreit. Aermliche Flechten breiten über solche meist den Hauch einer Vegetationsdecke, und in den Vertiefungen sammelt sich eine dünne Bodenkrume, die selbst den Waldwuchs nicht ganz ausschliesst.

Umkränzt werden die eben bezeichneten Landstriche durch die Regionen glazialer Aufschüttung, die annähernd bis an die Südgrenzen der Verbreitung eiszeitlicher Gletscher reichen und sich daher auch vor den Alpentälern im Gebiete der Moränenlandschaften wiederholen (S. 359). Hier handelt es sich um eine der Hauptformen des Lockerbodens, der in Form von Geschiebe aller Art, vom Felsblock bis zum feinen Gletscherlehm, wohl den dritten Teil Europas wie Nordamerikas mit einer mächtigen Decke überlagert. Dieser Gletscherschutt, der leicht vom fliessenden Wasser ausgewaschen wird, ist sicher für weite Landstriche ein grosser Segen, indem er den unverwitterten Felsboden überdeckt. Er reicht weit in die Zone des Kulturbodens hinab.

3. Als Eluvium hat man den Boden bezeichnet[152]), welcher aus den an Ort und Stelle ihrer Entstehung sich anhäufenden Verwitterungsprodukten hervorgeht. Das kann nur geschehen in Gegenden, wo die abtragenden Kräfte nicht mächtig genug sind, um die erstern fortzuschaffen. Der Gebirgsschutt, der in trocknen Landstrichen so manches Gebirge fast völlig einhüllt, gehört hierher. In mittlern und höhern Breiten gelangt Lehm zu weiter Verbreitung, der hauptsächlichste Verwitterungsrückstand aller glimmerreichen krystallinischen Gesteine, ein inniges Gemenge von Ton und Sand, durch Eisenoxyd gelb gefärbt. Vorwiegend in dieser Form finden wir den Eluvialboden in ganz Sibirien, in China, im Osten der Vereinigten Staaten wie in Kalifornien, dem mittlern und südlichen Europa und Australien verbreitet, überall trefflichen Wald- und Kulturboden abgebend.

In den Tropen dagegen tritt das Eluvium in einer Bodenart auf, die ihrer ziegelroten Farbe wegen als Laterit bezeichnet wird[153]). In mancher Hinsicht dem Lehm gleichend, ist der Laterit ein sandiglehmiger Verwitterungsrückstand, der sich besonders aus Granit, Gneis, rotem Sandstein etc. überall dort bildet, wo ein starker Regenfall, tropische Wärme und reiche Vegetation den Boden chemisch zersetzen. Reicher Eisengehalt bedingt die rote Farbe des zelligen Gewebes, das sich an der Luft rasch verfestigt und den Erdboden oft als harte Tenne erscheinen lässt. Er scheint besonders die höhern Flächen in erodierten Landschaften einzunehmen. Es ist der Laterit, wie gesagt, im tropischen Afrika, Brasilien und Guayana, Mexiko und Zentralamerika, in Südostasien und den australasiatischen Inseln die herrschende Bodenbedeckung.

4. Der Alluvialboden dagegen, durch die Anschwemmungen des fliessenden Wassers herbeigeführt, tritt regional nur selten auf. Wiewohl er kaum längs des Unterlaufs eines grössern Flusses fehlt, setzt seine flächenhafte Verbreitung doch besonders ebenes Gelände voraus. Die Deltas gehören in erster Linie hierher, deren grösstes von den chinesischen Flüssen gebildet wird. Im übrigen ist Südamerika der Kontinent der Flussalluvionen, da man von diesem wohl den vierten Teil auf die Anschwemmungen der grossen Ströme rechnen darf.

5. So bleiben noch die trocknen Zentralgebiete der Kontinente zurück, in denen der Wind der wichtigste Bodenbildner ist. Hier begegnen wir in den reingefegten Stein- und Geröllwüsten zunächst den Gebieten äolischer Abtragung einer anderen Form des Felsbodens. In dem grossen Wüstengürtel der alten Welt wechselt seine Verbreitung mit den Regionen des Flugsandes oder der Kiesel- und Sandwüste. Beide Formen sind gleichmässig vege-

---

[152]) v. Richthofen, Führer, 460. Auf Rohrbachs Karte werden 43 % der Erdoberfläche dem Eluvium zugerechnet. Gegen diese zu grosse Ausdehnung richtet sich die Kritik besonders. Es erscheint aber nicht weniger gewagt, wenn Penck (I, 417) in ganz roher Schätzung die Hälfte dieses Eluvialgebiets der fluviatilen Erosion zuweist. — [153]) v. Richthofen, Führer, 464; vergl. auch Geogr. Jahrb. XXXV, 1912, 81.

tations- und kulturfeindlich. In Nordamerika kommt es innerhalb der Koloradohochfläche nur zur Bildung einer Felswüste. Dagegen herrschen im Zentrum Südafrikas und Australiens die Flugsandregionen vor. — Fast alle diese Wüsten sind von Steppenländern umgeben. Der Steppenboden[154]) ist durchweg das Ergebnis feinerdiger Aufschüttung, ein Erzeugnis des Windes und also in seiner Bildung auch an ein trocknes Klima, aber vermöge seiner Entstehung durch Staubwinde an kein Niveau gebunden. In Zentralasien zieht er über manche hohe Gebirge hinweg, wiewohl sein Hauptverbreitungsgebiet die grossen Ebenen Turans und Südrusslands, der nordamerikanischen Präirien, des Südrands der Sahara etc. sind. In Russland und Nordamerika hat diese Bodenform die eiszeitlichen Geschiebe teilweise überlagert[155]). Als Tonstaub gehört dieser Boden an sich nicht zu den unfruchtbaren. Meist ist er salzig, doch keineswegs immer. Je nach der Auslaugung durch fliessende Gewässer, welche ihren Ursprung ausserhalb der Steppenregionen haben, zeigt er doch sehr verschiedene Stufen der Fruchtbarkeit. Am ungünstigsten stellt sich der eigentliche Salzboden dar, der fast alle tiefsten Einsenkungen abflussloser Gebiete bedeckt. Im allgemeinen ist der Steppenboden die Region der Graslandschaft, aber der Waldwuchs ist nicht völlig ausgeschlossen. Dieser findet sich freilich nur in der Nähe fliessender Gewässer oder auf den Höhen der Anschwemmungen, also an Stellen stärkster Auslaugung. Grasland nimmt die ebenen Flächen ein. Wo der Mensch in nicht zu trocknen Landstrichen energisch mit der Bodenkultur in die Steppe eingedrungen ist, hat sie sich meist günstig für Feldfrüchte gezeigt; künstliche Bewässerung hat ihr in zahlreichen Berieselungsoasen reiche Ernten abgewonnen.

6. Für die Bildung einer im Umkreis der Steppenregionen nicht selten auftretenden Bodenart, des Löss, hat man die Umwandlung einstiger Trockengebiete in feuchtere angenommen[156]). Es ist dies ein durch grosse Fruchtbarkeit ausgezeichneter, sehr feinkörniger gelber Boden von lehmiger, aber etwas kalkhaltiger Erde ohne Schichtung, durchzogen von senkrechten Hohlräumen ausgewitterter Wurzelfasern und Mergelknollen; die erstern, die rasch alles Wasser aufsaugen, sodass sich stehende Gewässer in der Lösslandschaft nicht bilden können, deuten auf die Entstehung aus staubbedeckten Graslandschaften hin. Senkrechte Zerklüftung ist diesem Boden eigen, wo er, wie im nördlichen China, eine grosse Mächtigkeit besitzt. Man findet ihn im S der amerikanischen Präirielandschaften, im Gebiet der Pampas Südamerikas. Im südlichen Russland tritt er als ein für die russische Getreidekammer äusserst wichtiger Boden auf, als Tschernosem (spr. Tschernosjom) oder Schwarzerde[157]), die ebenso wie der Regur oder Baumwollenboden im südöstlichen Vorderindien von der

[154]) S. auch A. Woeikow, Die Klimate der Erde, 1887, Kap. 12 und 29. — [155]) Vergl. die Rohrbachsche Karte. — [156]) v. Richthofen: China I, 1877, 152 ff. — [157]) Das Tschernosem soll nicht tiefer als 170m über dem Meere vorkommen (Bogdanow, Zeitschr. für Erdk. 1891, 340). Sibirtzew, Étude des sols de la Russie d'Europe (Compte Rendu du Congrès Géol. Int.), St. Petersburg, 1899, 73—125; mit Karte 1 : 20.000 000.

Humusbeimischung seine typische schwarze Farbe erhalten hat und daher als ein Produkt der Steppenvegetation gilt.

In weniger zusammenhängender Verbreitung findet man den Löss in den Flachländern im Umkreis der mitteleuropäischen Gebirgsländer, meist an den Hügelabhängen. Man glaubt in ihm das Produkt eines Steppenklimas sehen zu sollen, welches die beiden Hauptperioden der Eiszeit schied[158]). Anderer Entstehung ist der sog. Seelöss, eine deutlich geschichtete Ablagerung aus Salzseen. Im übrigen ist es noch unentschieden, ob alle dem Löss ähnlichen Bodenarten wirklich äolischen Ursprungs sind. Die russische Schwarzerde z. B. wurde von andern für ein an Ort und Stelle aus der krystallinischen Unterlage entstandenes Verwitterungsprodukt erklärt und der Regur für eine Süsswasserbildung angesehen[159]).

7. Mit den genannten Arten der Bodenbedeckung sind die auf der Erde regional auftretenden so ziemlich erschöpft[160]); daneben finden sich andere in typischer Form weit über die Erde verbreitet, aber im einzelnen so kleine Flächen bedeckend, dass sie sich schwer auf Uebersichtskarten darstellen lassen. Eine Abhängigkeit von klimatischen Faktoren liesse sich höchstens indirekt bei dem Korallensand nachweisen, welcher das Gerüst zahlreicher ozeanischer Tropeninseln ausschliesslich bedeckt. Weiche Meeresanschwemmungen (Schlickboden) und lockere Dünenzüge begleiten bald abwechselnd, bald vereint die flachen Küstensäume der Erde in allen Breiten. Der Einzelvulkan lässt den nackten Felsboden erstarrter Laven wie lockere Aschenaufschüttung meist in unmittelbarer Vereinigung erkennen. In vulkanischen Gebieten tritt diese Bodenform regional auf.

8. Haben wir es bisher mit mehr oder minder mächtigen Lagern lockeren Bodens zu tun gehabt, welche das Felsengerüst der Landoberfläche einhüllen, so ist noch der zarten Decke zu gedenken, welche sich unter dem Einfluss der Pflanzenwelt darüber ausbreitet. Da der Pflanzenwuchs in erster Linie auf die Tonerde im Boden angewiesen ist, so können einzelne Verwitterungsböden wie der reine Kalkboden, der allein aus Quarzkörnern bestehende Flugsand, das ausgeblühte Salz der Salzsteppen ebenso wie Firn- und Eisflächen als vegetationslos bezeichnet werden. Wo der Pflanzenwuchs, sei es als Flechte, Halm, Strauchwerk oder Baum weit über das Land verstreut die Nährstellen aufsucht, kann er auf die Umbildung des Rohbodens keinen Einfluss ausüben. Anders beim geselligen Auftreten, wo dieser sich mehr und mehr mit den absterbenden Pflanzenresten mischt und die bei der Verwesung sich bildenden Säuren auf den

[158]) Die Frage ist eine viel umstrittene. A. Nehring, Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit, Berlin 1890, und „Die Ursachen der Steppenbildung in Europa“ (nach Bogdanow) in Geogr. Zeitschr. I, 1895, 152 ff. Penck glaubt im Rhonegebiet (Lyon) eine Grenze zwischen dem interglazialen Löss an der Kontinentalseite Mitteleuropas und der Bildung roter Erden in Südeuropa gefunden zu haben; Geogr. Zeitschr. II, 109. — [159]) S. Näheres bei Walther, Lithogenesis, 811. — [160]) v. Richthofen unterscheidet im Gebirgsland noch „Regionen des Ebenmasses zwischen Zerstörung und Fortschaffung“, die man besser auf die übrigen Bodenarten aufteilen wird. Dem „Gebirgsschutt“ muss der grössere Teil der Flächen zugewiesen werden.

Boden chemisch einwirken. Es bildet sich der Humusboden[161]); oft nur wenige Centimeter, manchmal einige Meter mächtig, ist er zugleich der Sitz einer Tierwelt, die an seiner Umgestaltung arbeitet; Regenwürmer und Ameisen, Termiten und Krebse beteiligen sich an diesem Vorgang. — Wo aber die verwesenden Pflanzenreste unter Wasser sich anhäufen und hier nur äusserst langsam in Zersetzung übergehen, bildet sich eine mehr und mehr anwachsende Bodenart wesentlich organischer Substanz, der Moorboden, der typische Begleiter der Gegenden stillstehender Gewässer bei nahrungsarmem Boden, sobald diese von moorbildenden Pflanzen erreicht werden (Torfmoose, Wollgräser, Heidekraut etc.).

V. Die Geländeformen.

Literarischer Wegweiser. Seit länger lagen innerhalb der deutschen Literatur drei umfassende Klassifikationsversuche hinsichtlich der Geländeformen vor. v. Richthofen (Führer für Forschungsreisende, 1886, Kap. 16, 631—709, Die Hauptformen der Bodenplastik) hatte mit Aufstellung der wichtigsten genetischen Typen die Grundlinien der neuen Richtung gezogen, sich hinsichtlich der Vorkommnisse jedoch mehr auf Andeutungen beschränkend. — A. Pencks (Morphol. Bd. II, 1894) systematischer Versuch zeichnete sich weniger durch übersichtliche Anordnung des Stoffes als durch treffende Begriffsbestimmungen im einzelnen und die Ausnutzung reicher Literatur aus. Etwas unverständlich ist die Unterordnung der im allgemeinen doch primären Vollformen unter die sekundären kleinen Hohlformen des Geländes. Ein eigentliches System genetischer Klassifikation, ausgehend von sechs Grundformen, ist von ihm erst nachträglich gegeben[1]). — A. Supan (Grundz. d. phys. Erdkunde 1896, 4. Absch. Morphologie des Landes, 435—589, 5. Aufl. 1911, 5. Abschn. 611—809, stark erweitert mit reicher Literaturangabe) sucht dagegen möglichst vollständige Entwickelungsreihen der Oberflächengebilde aufzustellen, ohne sich zu weit in Untereinteilungen zu verlieren. Ein grosser Vorzug seiner äusserst lichtvollen Darstellung ist hierbei die stete Anknüpfung an tatsächliche, besser erforschte Vorkommnisse. Die fraglichen Abschnitte können daher dem Leser des vorliegenden Lehrbuchs als Ergänzung aufs angelegentlichste empfohlen werden. — Ueber Neubers Terminologie der Bodengestaltung der Erdoberfläche (1901) s. o. § 116. — Der kurze, kritische Aufsatz A. Hettners „Die Terminologie der Oberflächenformen“ (Geogr. Zeitschr. XVII, 1911, 135—144) enthält viele treffende Bemerkungen. S. Passarge stellt in seiner „Physiologischen Morphologie“ (Hamburg 1912, 130—152) in tabellarischer Form ein streng nach Typen, Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen etc. gegliedertes System aller einzelnen Geländeformen (einschliesslich der Küsten) auf mit einzelnen neuen Bezeichnungen, aber ohne Beispiele ihres Vorkommens. Diese „systematische Morphologie“ gilt ihm nur als eine der drei Abteilungen der gesamten Morphologie neben der analytischen (die wieder in geologische und physiologische Morphologie zerfällt) und der geographischen. — Die Amerikaner beschränken die geographische Morphologie, die sie gern „Physiographie“ nennen, auf eine Betrachtung der Umbildung der Landschaften unter dem Einfluss der exogenen Kräfte, operieren dabei seltener mit schärfern Begriffsbestimmungen. Vergl. die deutsche Ausgabe von W. M. Davis' Physical Geography (Boston 1901)

[161]) F. Senft: Humus-, Torf-, Marsch- und Limonitbildung, Leipzig 1862; P. E. Müller, Studien über die natürlichen Humusformen, Kopenhagen 1887; E. Ramann, Bodenkunde, 3. Aufl.; Berlin 1911.

[1]) S. Report of the VIth International Geogr. Congress held in London 1896; p. 735—747: Geomorphologie und geomorphologische Nomenklatur.

unter dem Titel „Grundzüge der Physiogeographie“ von W. M. Davis und G. Braun (Leipzig und Berlin 1911).

Aus der neuern Richtung der Morphologie, die sich vorzugsweise mit den Kleinformen der Landoberfläche in ihren unausgesetzt an der Umgestaltung der Landschaften arbeitenden Wirkungen beschäftigt, ist ein eindringenderes Studium der topographischen Karte hervorgegangen, das eine ganze Reihe von Publikationen zu unterstützen sucht. So finden sich in E. de Martonnes Traité de géographie physique (1909) zahlreiche Hinweise auf typische Beispiele der Geländeformen im Bereich topographischer Karten; das Gleiche ist von G. Braun in den vorgenannten „Grundzügen der Physiographie“ in jedem Kapitel durchgeführt. Die Auswahl aus der topographischen Landeskarte der Verein. Staaten, welche H. Gannet als „Physiographic Types“ (10 Bl. Fol. Washington 1898) veröffentlichte, ist besonders lehrreich, nur reicht die Darstellungsweise des Reliefs in farbigen Höhenschichten nicht immer zum vollen Ausdruck des Typischen aus. Viel reichhaltiger noch ist das Werk „The Interpretation of Topographic Maps“ von R. D. Salisbury und W. W. Atwood (U. S. Geological Survey, Professional Paper Nro. 60, Washington 1908 in 4°), das mit kurzem Text (80 S.) 170 Tafeln oder Ausschnitte aus der topograph. Karte erläutert. Einen gleichen Zweck verfolgt General Berthaut's „Topologie. Étude du Terrain“ (Service géographique de l'Armée. 2 Bde. Paris 1909/10 in 4°); die etwa 280 Kartenbeilagen sind grösstenteils den topographischen Karten Frankreichs und Algeriens entnommen[2]). Die k. Preuss. Landesaufnahme gab 1910 „40 Blätter der Karte des Deutschen Reiches 1:100000, ausgewählt für Unterrichtszwecke“ heraus, zu denen W. Behrmann Erläuterungen schrieb (Berlin 1912).

§ 150. Grundsätze der Einteilung. Wer den Gang der Erforschung unserer Erdoberfläche überschaut, kann daran nicht Anstoss nehmen, dass erst die jüngste Zeit uns Versuche zu einer natürlichen Einteilung der Geländeformen gebracht hat. Man verweilte zwar von jeher bei dem Gegensatz von Berg und Ebene, lernte allmählich die ausgesprochenen Erhebungen der Erdrinde in ihrer Lage und horizontalen Ausdehnung, schliesslich auch nach gewissen Höhenstufen kennen, — aber in ihrer gesamten äussern Gestaltung doch erst im 19. Jahrhundert, auf Grund von zahllosen Beobachtungen und Messungen. Alle diese Gesichtspunkte haben im Laufe der Zeit Anlass zur Aufstellung von Einteilungen gegeben, wie sie dem einzelnen Zeitalter genügten. Seit man jedoch auch mehr in den innern Bau der Geländeformen eingedrungen ist und sie als solche erkannt hat, die steten Veränderungen unterliegen, ist man bestrebt, auch den Gesichtspunkt ihrer Entstehungsweise mit hereinzuziehen. Hierdurch ist die Aufgabe der Einteilung eine schwierigere geworden und, was für das Anfangsstudium besonders misslich, die Darstellung durch das Wort ist damit derjenigen im Kartenbild wieder weit vorausgeeilt. Dazu kommt, dass unsere Kenntnisse der Erdoberfläche durchaus noch nicht genügen, alle Formen nach ihrer Bildungsweise zu erklären.

Getreu unserm Plan, in das Kartenstudium einzuführen, wollen wir daher zunächst kurz die von der Uebersichtskarte abzulesenden Grossformen — die orographischen oder plastischen Gat-

[2]) Vergl. Hammer in Pet. Mitt. 1911, I, 257.

tungen — betrachten, diese dann unter gewisse geographische Gesichtspunkte stellen und zuletzt zeigen, welcher innere Zusammenhang zwischen den äusseren Formen besteht, sie nach ihrer Bildungsverwandtschaft gliedern, und zwar wiederum besonders, soweit sich die Eigentümlichkeiten auf der Landkarte erkennen lassen.

Es ist begreiflich, dass eine so umfassende Aufgabe, den Formenreichtum des Geländes nach den neueren Gesichtspunkten der Morphologie in übersichtliche Systeme zu gliedern, dabei längst angewandte Namen, wenn erforderlich, in engeren Geltungsbereich einzuschränken, für andere Begriffe passende, ungekünstelte Bezeichnungen zu ersinnen, nicht mit einem Wurf gelingen kann, zumal in den Grundanschauungen über die jeweiligen Vorgänge bei Bildung der Formen noch keine Uebereinstimmung besteht. Im folgenden kommt daher nur zur Sprache, was etwa bis heute sich abgeklärt hat.

§ 151. Die orographischen oder plastischen Gattungen. Wir gehen der leichteren Orientierung wegen hierbei von den Grossformen aus, welche die bisher besprochenen Landflächen wie Erdteile und Regionen in Landschaften zerlegen. Unter einer solchen verstehen wir ein kleineres oder grösseres Stück der trockenen Landoberfläche, das durch eine vorherrschende Form der Oberflächengebilde ausgezeichnet ist. Erst nachmals werden die Kleinformen zur Besprechung gelangen, welche die feinere Ausgestaltung der Aussenseite der Landschaften bewirken; halten wir aber daran fest, dass einzelne Kleinformen als typische Begleiter von Grossformen auftreten, wie z. B. gewisse Talformen bei bestimmten Gebirgsformen, sodass dieser Punkt zur Kennzeichnung orographischer Kategorien, auch der Grossformen, bereits mit herangezogen werden muss.

Mehr oder weniger gegeneinander geneigte Flächen setzen die Geländeformen zusammen. Zwei wesentliche Gegensätze treten uns hierbei sofort entgegen: Einmal weite Gebiete mit äusserst geringem Wechsel der Oberflächenneigung, sodann solche mit starkem Wechsel auf kleinem Raum. Die ersteren pflegt man seit Alters Ebenen zu nennen, die anderen Gebirge, obwohl streng genommen beides nur Grenzformen innerhalb zweier sich gegenüberstehender Gattungen sind.

1. Ebenen und Flachböden. Im wahren Sinn des Worts sind nur äusserst kleine Teile der Landfläche wirklich eben wie der Spiegel des Meeres (wenn wir hier, wie bei allen folgenden Betrachtungen von der Erdkrümmung absehen). Aber wo die Ungleichheiten des Bodens für das Auge verschwinden, der Horizont an der offenen Grenze der Landschaft uns gleich weit wie am Meeresstrand erscheint, ist der Ausdruck „Ebene“ gerechtfertigt. Vorherrschend sind jedoch weite Gebiete, in denen wellige Erhebungen, wenn auch von äusserst schwachem Anstieg, mit gleich flachen Einsenkungen wechseln. Sie erscheinen uns im Verhältnis zur horizontalen Ausdehnung des Gebietes eben. Nennen wir jedoch diese allgemeiner auftretende

Form „Flachböden“[3]), so ist die Ebene, wie angedeutet, ihr Grenzfall. — Unwillkürlich verbinden wir mit dem Begriff der Ebene den der wagerechten Erstreckung. In der Theorie der Bergstrichzeichnung (§ 111) ist es die voll beleuchtete und darum weiss gelassene Fläche, welche die Ebene bezeichnet.

Tatsächlich finden sich in der Natur, wenn wir von Seespiegeln absehen, nur sehr kleine wagerechte Ebenen. Meist sind sie ein wenig gegen die Horizontale geneigt, was man im allgemeinen auf der Karte an der Richtung der über sie hinfliessenden Gewässer erkennt. In zahllosen Fällen gibt uns also das sog. hydrographische Netz die einzigen Anhaltspunkte, um die Neigung der Flachböden von der Karte abzulesen, obgleich auch dies bei tiefer eingeschnittenen Flüssen täuschen kann. Bei Karten grossen Massstabes kann man mit zarten Bergstrichen den schwachen Neigungen solcher Flüsse noch Ausdruck geben. Es gibt aber auch geneigte Ebenen, die unmerklich ansteigend bedeutende Höhen erreichen, wie die Präirien in Nordamerika (s. u.). Sie bieten begreiflicher Weise infolge ihrer Neigung dem ihre Oberfläche umgestaltenden Wasser ganz andere Angriffspunkte als die nahezu wagerechten Ebenen.

2. Die Grundformen des aufragenden Landes oder der Landerhebungen sind mannigfaltiger, in die Augen springender. Sie setzen sich aus mindestens zwei gegeneinander geneigten Flächen, die sich in erhabenen Winkeln treffen, zusammen. Früher begriff man alle Erhebungen unter den Namen „Berg“, und die historische Entwickelung der Wissenschaft zeigt sich darin, dass man die gesamte Lehre von den Geländeformen — mit Einschluss der Ebenen — noch gern unter den Namen der Bergkunde, Orographie, zusammenfasst. Den Grossformen der Landerhebungen geht meist — aber nicht immer — eine entsprechende Einzelform des Berges nebenher. So tritt die flachste Erhebung, die Landschwelle, mit unmerklich ansteigenden, widersinnig (d. h. nach entgegengesetzten Richtungen) entwässerten Flanken und flachem Scheitel örtlich als Hügel auf. — Fällt eine zweite Fläche von einer horizontalen oder schwach geneigten unter deutlichem Winkel ab, so entsteht die Stufe, die hier und da bei bedeutender Vertikalerstreckung der schräggestellten Böschung oder des Gehänges die Eigenart eines Gebirges annehmen kann und dann Landstufe genannt wird. Sie besitzt nur an einer Seite einen Gebirgsfuss und im allgemeinen nur dann eine Kammlinie, wenn Fläche (der höher gelegene wagerechte Flügel) und Gehänge der Stufe widersinnig entwässert werden. In der Stufe haben wir zugleich die erste Geländeform, die bei unserem Verfahren der Geländedarstellung deutlich durch Bergstriche zum Ausdruck kommt. Das Gehänge muss der starken Neigung wegen mit wesentlich dunkleren Strichen bezeichnet werden. (Näheres im § 160.) — Bei dachförmigem Abfall zweier geneigter Flächen von einer Höhenlinie (Kammlinie) sprechen wir von einem Gebirgskamm, und wenn bei linearer Erstreckung einer Erhebung eine breitere Scheitelfläche die Kammlinie ersetzt, von einem Gebirgsrücken (Bergrücken). Die nach entgegengesetzten Seiten gerichteten Bergstriche einer Terrainkarte werden also im ersten Fall

[3]) v. Richthofen, Führer, S. 630.

scharf zusammenstossen, im zweiten durch eine weisse oder milder gestrichelte Fläche getrennt sein. Beide Formen kommen in der Natur seltener als selbständige Erhebungen vor, in welchem Fall man sie als Kammgebirge (Teutoburger Wald) oder Rückengebirge (Thüringer Wald) bezeichnen würde, sondern mehr als Glieder zusammengesetzter Gebirge.

3. Diesen einfachen Grossformen der Erhebung stellen wir zusammengesetzte Erhebungsformen an die Seite:

Das Tafelland ist plastisch ein Flachboden, dessen Flächenausdehnung beträchtlich die rings abfallenden Gehänge an Grösse übertrifft. Ist die Oberfläche eines solchen Gebildes unruhiger, von Höhen und tieferen Tälern durchzogen, so hat sich für dasselbe, namentlich in der französischen und englischen Literatur, der Name „Plateau" eingebürgert, welchen manche durch Hochland oder, je nach der Entstehung, durch Spezialbezeichnungen zu ersetzen wünschen (s. S. 380). Zur Zeit findet er sich noch auf allen Karten (Karstplateau, französisches Zentralplateau, Koloradoplateau in Amerika[4]).

Unter den Namen Massengebirge oder Massiv fasst man geschlossene Gebirgserhebungen ohne ausgesprochene Gliederung des Umrisses oder ohne bestimmte Erhebungsrichtung zusammen. Ein strahlenförmiges Talsystem pflegt ihnen eigen zu sein. Sie treten bald als einzelne Gebirgskerne in grösseren Gebirgen auf (wie Ortler, der Adamello etc. in den Alpen, Atlas, Taf. 23), bald als für sich bestehende Erhebungen mit stark wechselnder Oberfläche (Sierra Nevada de St. Martha in Südamerika). Die neuere Morphologie beschränkt den Namen gern auf einheitliche Erhebungen krystallinischer Gesteine. Auch innerhalb der grossen Regionen sind wir dem gleichen Namen bereits begegnet (Brasilien S. 365).

Gegenüber diesen Formen von weniger ausgeprägtem Umriss markiert sich das Kettengebirge wieder deutlicher von der Karte ab. Es setzt annähernd gleiche Längsrichtung oder Längsanordnung der im Gebirge vereinigten Teile, seien dies Gebirgskämme oder Massive, voraus, sodass parallele Kammlinien und Längstäler die begleitenden Erscheinungen sind. Dieser Form gehört die Mehrzahl der grossen Gebirge der Erde an, und sie ist meist auf den gleichen Bildungsvorgang zurückzuführen (s. u. Faltengebirge § 162).

Eine eigene Erhebungsform tritt im sog. Gebirgsknoten auf, der bei näherer Betrachtung sich als ein System seitlich hart aneinander gepresster Kettengebirge erweist, die aus verschiedenen Richtungen

[4]) v. Richthofen (Führer, 679) meint, dass man im Deutschen den Ausdruck „Plateau" entbehren könne unter Kirchhoffs freudigster Zustimmung, dass „v. R. uns von dem törichten und schulmeisterlichen Franzosenwort befreit habe" (s. Baumeisters Handb. der Erz.- u. Unterrichtslehre für höhere Schulen, Bd. IV, 1895, 47). Demgegenüber erkennt der Verf. mit Supan (a. a. O. 1896, 437; 1907, 587), Penck (II, 146) u. A. in dem seit 150 Jahren in der geographischen Literatur vollkommen eingebürgerten Wort eine z. Z. noch unentbehrliche Bereicherung unserer Kunstsprache, zumal wenn man den Begriff des Tafellandes auf Gelände mit horizontalem Schichtenbau beschränken will.

zusammenstrahlen (der grosse zentralasiatische Gebirgsknoten mit dem Hochland Pamir, Atlas, Tafel 38). — Bedeckt eine Anzahl von Kettengebirgen von annähernd parallelem Verlauf eine Landschaft, ohne mit einander in Gebirgsknoten zu verwachsen und ohne ausgedehnte Ebenen zwischen sich zu lassen, so bezeichnet man dies als Rostgebirge[5]) (Südchina, Atlas, Taf. 38).

Eine Berggruppe endlich oder auch ein Gruppengebirge besteht aus enger mit ihrem Gebirgsfuss verwachsenen, an sich aber selbständigen Einzelerhebungen, wie dies bei Vulkanbergen nicht selten ist (Siebengebirge am Rhein).

4. Die Senken. Alle soeben aufgeführten Gebilde gehören zur Gruppe der Vollformen, die ihre mehr oder weniger erhabene Oberfläche nach aussen kehren. Betrachtet man jedoch die Erdoberfläche von oben, wie wir das beim Kartenbild gewohnt sind, so können alle zwischen den Vollformen sich ausbreitenden Landstriche als Hohlformen aufgefasst werden, wenn sie auch in Wahrheit nur minder erhabene Teile der gekrümmten, nach aussen erhabenen Erdoberfläche sind. Den grössten Vollformen der Erde, den Kontinenten, stehen die Becken der Ozeane als Hohlformen gegenüber. Ebenen und Flachböden, die von Erhebungen, und seien diese noch so flach, umgeben sind, nennt man Senken. Bei den tektonischen Vorgängen sind wir solchen in typischer Form bereits begegnet (Grabensenke, Kesselbruchsenke, § 130, 2). Handelt es sich um sehr ausgedehnte flache Hohlformen, so spricht man von Landsenken. Die Aralokaspische Senke erweitert sich bis zur Grösse einer Region (S. 362). Bei nicht ausgesprochenem länglichen Umriss ist der Ausdruck Becken (das „grosse Becken" in Nordamerika, Atlas, Taf. 42, das Tarimbecken in Zentralasien, Taf. 38), bei länglicher Form der von Mulden (Muldensenke: Dsungarische Mulde zwischen Altai und Tienschan, Taf. 38) üblich. Die Senken bilden also nicht eine dritte Gattung von Geländeformen neben Flachböden und Gebirgen, sondern der Begriff setzt ein flaches Oberflächenstück nur zur überragenden Umgebung in Beziehung.

5. Die Kleinformen[6]). Auch hier treten sich Voll- und Hohlformen gegenüber, zwischen denen sich die neutrale Form der Ebene bewegt. Unter der ersten Gruppe genügt es, die Stufe und den Berg zu unterscheiden, jene durch ein einseitiges, dieser durch ein allseitiges Gehänge begrenzt. Die Grundformen des Berges lassen sich auf den Kegel, die Kuppe, den Kamm-, Rücken- und Tafelberg zurückführen.

Nur die beiden ersten haben einen ausgesprochenen Gipfel[7]); der Kegel endigt in einer stumpfen Spitze und seine rings abfallenden Gehänge steigen vom

[5]) v. Richthofen, Führer, 633; Penck II, 188 fasst diesen Begriff enger. — [6]) Die hier genannten fünf Kleinformen sind — unter Hinzurechnung der Höhle — die von Penck (s. Anm. 1) aufgestellten sechs „Grundformen", die den Formenschatz der Erdoberfläche bedingen. Er leitet die Formengruppe oder die Landschaft aus den „Formengesellschaften" ab. — [7]) Näheres über Gipfelformen, die früher das Hauptkapitel der Orographie in geographischen Lehrbüchern bildeten, bei Penck, II, 147 ff.

Fuss in stetigen oder konkaven Flächen allmählich steiler empor (Atlas, Taf. 5). Die Vulkane vertreten diese Form am reinsten. Die steilsten Böschungswinkel übersteigen nach oben selten 30°. Und wenn uns in Bergprofilen der Aufstieg viel steiler erscheint, so rührt dies allein von der durch die Raumverhältnisse bedingten Ueberhöhung her (S. 251). Die Kuppe (oder der Kopf) hat einen flachen abgerundeten Gipfel, und ihr Profil zeigt wesentlich konvexe Krümmungen nach aussen (Atlas, Taf. 5). Vom Kammberg ist oben bereits gesprochen, die Kammlinie verbreitert sich beim Bergrücken zum sanftgebogenen Rücken und im Tafelberg zur ebenen Fläche.

Die kleinen Hohlformen des Geländes sind es, die vom fliessenden Wasser aufgesucht oder selbst von diesem in die Oberfläche eingegraben werden. Leicht ist die geschlossene Form des Beckens (oder der Wanne[8]) mit annähernd ebenem Boden und allseitig nach diesem abfallenden Gehängen von der langgestreckten, schmalen, mindestens nach einer Seite geöffneten Hohlform des Tales mit einseitig geneigter Sohle[9]) und parallelen Böschungen zu unterscheiden. Es ist wichtig, sich diese Gebilde auch ohne die zwar selten fehlende Wasserverhüllung vorzustellen, wenngleich sie auf den Landkarten fast immer nur als Seebecken und Flusstäler zur Darstellung kommen.

Wir nannten die Kleinformen oben die Begleiterscheinungen der Grossformen (S. 373). Bei ihrer Kleinheit pflegen sie auf Uebersichtskarten mit Verkleinerung des Massstabes allerdings mehr und mehr zu verschwinden. Treten sie innerhalb einer Grossform gesellig in typischer Form auf, überlagern Einzelberge z. B. deren Oberfläche massenhaft oder greifen die Hohlformen wie Täler und Seen tiefer in dieselben ein, so kann der ursprüngliche Charakter der Grossform bis zur Unkenntlichkeit umgestaltet werden. Der Kartograph muss in solchem Fall schematisch vorgehen und, soweit es der Kartenmassstab gestattet, eine möglichst grosse Zahl der Kleinformen eintragen, um dem Beschauer die eigentümliche Ausgestaltung der Oberfläche in die Augen springen zu lassen.

§ 152. Die Einteilung der Grossformen nach der Lage. Einem überwundenen Standpunkte gehört die besonders im 18. Jahrhundert übliche, auf Gebirgserhebungen beschränkte Klassifikation nach den Himmelsrichtungen an (Berg-Meridiane und -Parallelen, Gebirge bezogen auf die Ekliptikschiefe etc.[10]). Derartige Betrachtungen sind heute durch die begründetere Gruppierung nach gewissen gemeinsamen Erhebungs- und Streichungsrichtungen oder nach Leitlinien ersetzt, die indessen zu keiner Artenbildung der Formen führen.

Dagegen ist die Unterscheidung nach der Festlandslage (Kontinentalität) um so massgebender geblieben, je mehr man die klimatische Bedeutung einer Binnen- oder Randlage in ihrem Gegensatz[11])

---

[8]) Dieser von Penck vorgeschlagene Ausdruck (Verh. d. IX. D. Geogr.-Tages zu Wien 1891, 29) ist als überflüssiges Synonym" für Becken von verschiedenen Morphologen bestimmt abgelehnt worden (s. Löwl, Verh. der k. k. Geol. Reichsanstalt, Wien 1894, 469); auch Supan nimmt ihn nicht an. Indessen kann er in der Beschränkung auf die ringsgeschlossene Kleinform, die „leere Wanne" im Gegensatz zum wassergefüllten Seebecken im Einzelfall von Nutzen sein. — [9]) S. Penck II, 59. — [10]) J. Chr. Gatterer, Abriss der Geographie 1775, 92. — [11]) Pencks scheinbar neue Einteilung der Erdoberfläche in Flächen gleichsinniger (zum Meere abfallender) und ungleichsinniger Abdachung (Verh. des

erkannt hat. Bei ringsum eingeschlossener Binnenlage herrscht vorwiegend trockenes Klima vor, im andern Fall besteht die grössere Möglichkeit des Eindringens von Seewinden und damit von Niederschlägen. Tatsächlich beschränkt man diese Unterscheidung auf die Senken. Die weitaus meisten Senken sind zentrale oder Binnensenken und als solche vielfach abflusslos, mit leeren Wannen und mit Salzseen bedeckt. Peripherische oder Randsenken dagegen wie die Chinesische Ebene, Hindostan, Mesopotamien, die Poebene sind reicher bewässerte Gebiete. Zu dieser Gattung von Randsenken gehören schliesslich auch die Randmeere (S. 293), nur ist bei diesen die Hohlform vollkommen unter den Meeresspiegel getaucht.

Der Begriff des Randgebirges hat mit der eben besprochenen mehr oder weniger kontinentalen Lage nichts zu tun, sondern setzt eine Gebirgserhöhung nur mit einem unmittelbar benachbarten Tafelland oder Plateau in Beziehung. Das Himálajagebirge ist ein Randgebirge des Hochlands von Tibet, da letzteres sich hart an den Nordfuss des ersteren anlehnt; das „grosse Becken" Nordamerikas ist von Randgebirgen umgeben (Atlas, Taf. 42, Profil).

Der früher vielfach gebrauchte Ausdruck „Hochland mit aufgesetzten Randgebirgen" muss aber fortan vermieden werden, da hierdurch beide Gebilde in eine falsche Verbindung rücksichtlich der Entstehungsweise gebracht werden. Er würde voraussetzen, dass sich die Schichten der Hochfläche unter dem Gebirge gleichmässig fortsetzen wie etwa der Boden, über welchem ein Vulkan aufgeschüttet worden ist, was aber bei den Randgebirgen kaum je der Fall ist.

Der Name Scheidegebirge kann für die trennende Gebirgsschranke zweier Flachböden (Kastilisches Scheidegebirge) beibehalten werden, da er ausschliesslich eine Bezeichnung der Lage in sich schliesst.

§ 153. Höhenklassen. Früher als diesen Unterscheidungen nach der Lage hat man der dritten Dimension, der Höhe, bei der Einteilung der Grossformen Rechnung zu tragen gesucht. Man ist aber über die von C. Ritter und Humboldt gelegten Grundlinien kaum hinausgekommen. Das könnte verwundern bei der ausserordentlichen Zunahme unseres tatsächlichen Wissens über Höhen und Tiefen der Erdoberfläche. Es ist aber andererseits für jeden verständlich, der sich vergegenwärtigt, wie unvollständig dasselbe trotz unserer anschaulichen Karten auch heute noch ist, und wie wenig man das gewonnene Material rechnerisch zu Mittelzahlen etc. verarbeitet hat. (Vergl. § 173: Orometrische Werte.)

Die Abstufungen knüpften zunächst ausschliesslich bei der absoluten Höhe über dem Meeresspiegel an und suchten Stufenleitern der Höhe, bis zu welcher Gesamterhebungen und Gebirge ansteigen, aufzustellen.

Die Schwellenwerte haben einesteils mit der Erweiterung der Kenntnisse von den mächtigen Massenerhebungen der Erdrinde eine Erhöhung, andernteils mit dem Uebergang vom Fuss- zum Metermass eine rein formelle ziffernmässige

IX. Deutschen Geogr.-Tages 1891: Die Formen der Landoberfläche), sowie in Tal- und Wannenlandschaften ist im Grunde nur eine Umschreibung oben gegenannten Verhältnisses.

Aenderung erfahren, die mit der Abrundung bald zu einer Erhöhung, bald zu einer Erniedrigung führte.

1. Als Tiefland fasst man seit hundert Jahren die untere Stufe der Landhöhen bis rund 200 m Höhe (früher 500′ = 160 m) über dem Meeresspiegel zusammen. Es war eine grosse Errungenschaft, als man dies durch Einführung von Flächenkolorit auf den Karten zur Anschauung brachte (S. 249). Die Eintragung von 200 m Isohypsen bietet den Anhalt zur Abgrenzung des Tieflandes, man darf aber nie vergessen, dass diese Höhenlinie einer mathematischen Linie entspricht, welche sich nur ganz im allgemeinen den Geländeformen im Tiefland anschmiegt.

Es muss der Zukunft vorbehalten bleiben zu untersuchen, ob nicht eine andere Zahl, wie etwa 300 m, besser das Tieflandsganze von den höheren Erhebungen scheidet. Eine hypsometrische Berechtigung, wie man sie für die Flachsee- oder Schelfgrenze (S. 280) durch eine ausgeprägtere Stufe nachweisen zu können glaubt, besteht für jene obere Tieflandsgrenze nicht.

Klimatische Höhenunterschiede machen sich innerhalb dieser Stufe in allen Erdzonen noch wenig geltend. Beträchtlichere Erhebungen bleiben bei solcher Abgrenzung vom Tiefland ausgeschlossen. Die Erosion kann nicht so tiefe Furchen in die Oberfläche einschneiden, weil ihr das Gefäll mangelt, aber benachbarte Höhenunterschiede von 100—150 m können doch bereits ein ziemlich unruhiges Oberflächenbild erzeugen, wie sich dies z. B. im norddeutschen Flachland zeigt. Die Tiefebene ist also nicht mit Tiefland gleichbedeutend; sie nimmt in der Regel die untere Stufe desselben ein und innerhalb der Tiefebene unterscheidet man noch die tiefer gelegenen Landstriche als Niederung[12]), die unter dem Spiegel des Meeres gelegenen als Tiefsenken oder Depressionen schlechtweg.

Die Depressionen[13]). Die grösste unter diesen von mehr als 730000 qkm Fläche ist im Bereich des Kaspischen Meeres, dessen Spiegel man zu — 26 m unter dem des Schwarzen Meeres gefunden hat[14]) (Atlas, Taf. 32). In Holland wird eine solche Depression von etwa 8—10000 qkm, die Provinzen Holland und Seeland umfassend, nur durch Deichbauten vor dem Ueberfluten geschützt; es handelt sich hier meist nur um Flächen in sich zusammengesunkenen Bodens (Atlas, Taf. 18). Die Schotts in Afrika am Südrand des Hochlands von Algier (— 30 m) und am Nordrand der Lybischen Wüste reichen — 30 m bis — 50 m unter den Meeresspiegel. Aehnliche Stellen finden sich im Osten des Abessinischen

---

[12]) Wie unsicher alle diese Begriffe noch sind, mag man daraus ersehen, dass ein so tüchtiger kartographischer Systematiker wie Hermann Berghaus zuerst unter Niederung die obere (300—500′), unter Tiefland die untere Stufe (0′—300′) verstanden wissen wollte (Stielers Handatlas, Bergkarte von Deutschland, entworfen 1857), später alles Land von 0—200 m als „Niederung", die Depression unter dem Meeresspiegel als Tiefland bezeichnete (Stielers Handatlas, Ausgabe von 1890, Bl. 4). — [13]) Man findet eine Zusammenstellung bei G. R. Credner, Relictenseen (Erg.-Heft Nr. 86 zu Pet. Geogr. Mitt. 1887, 33, mit Karte 1 : 135000000), und Penck, Morph. II, 237 ff. Vergl. auch Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 19. — [14]) Nach dem Nivellement von Fuss, Sawitsch und Sabler, 1836—37, veröffentlicht v. F. W. G. Struve in Beschreibung der zur Ermittelung d. Höhenunterschiedes zwischen Schwarzem und Kaspischem Meere angestellten Messungen, Dorpat, 1849.

Hochlandes, wo der Assalseespiegel in — 174 m liegt, und in der Verlängerung des Golfs von Kalifornien (32° Br. Atlas, Tafel 43); auch inmitten Zentralasiens hat sich am Südrand des Tienschan (90° Ö. L. Taf. 38) eine solche gefunden, welche sich lang hinzieht und bis — 130 m herabreicht[15]). Die tiefste Depression bildet die Grabensenke des Jordantals und des Toten Meeres, dessen Spiegel — 394 m unter dem des Mittelmeeres liegt. Uebrigens sind manche ähnlichen Senken durch die darüber ausgebreiteten Seespiegel verdeckt (Kryptodepressionen)[16]). Zahlreiche Seen am Südrand der Alpen und längs des Ostrandes der Adria wie im Bereich der alten Vergletscherung Nordeuropas und Nordamerikas greifen mit ihrem Seeboden unter die Hauptniveaufläche der Erde, d. h. unter den Meeresspiegel, herab, am tiefsten wie es scheint im Baikalsee (— 1047 m) und im Toten Meer (— 793 m). Depressionen finden sich vielfach auch an Flachküsten hinter Dünenwällen.

2. Hochland. Wenn sprachlich der einfache Gegensatz von Tiefland mit Hochland zu bezeichnen ist, so wie man in vielen Gebirgsgegenden Unter- und Oberland oder in Schottland die „Lowlands" und „Highlands" einander gegenüberstellt, so wird man dennoch nicht alles über 200 m aufragende Land „Hochland" nennen dürfen. Als dieses Wort in die Geographie gleichbedeutend mit Plateau eingeführt wurde, verstand man darunter ausschliesslich die grossen mächtigen Anschwellungen des Festlandes wesentlich im Gegensatz zur eigentlichen kammartigen Gebirgserhebung, also im allgemeinen eine Gesamterhebung mit Einschluss aller damit verwachsenen Flachböden und Gebirge. Hochasien stellt danach das grösste und höchste Hochland der Erde dar. Wir sprechen von einem Hochland von Tibet, von Bolivia, von Peru, von Südafrika, von Dekan etc. in diesem allgemeinen Sinne des Wortes.

Indem C. Ritter Hochländer und Gebirge nach der Höhe einzuteilen versuchte (s. u.), ging er für beide — stillschweigend — von verschiedenem orientierenden Niveau aus; beim Hochlande von einer Höhe, unter welche die tiefern Oberflächenstellen im Mittel nicht herabsinken, beim Gebirge von der Höhe, über welche im Mittel die höchsten Gipfel nicht hinausragen.

Je mehr sich die Oberfläche eines Hochlands der Ebene nähert, umsomehr wird das ebenbezeichnete Niveau mit der mittleren Erhebung einer solchen „Hochebene" übereinstimmen. Innerhalb der hypsometrischen Gattungen der Geländeformen spielt daher die Hochebene eine wichtige Rolle. An ihrer Stelle wird man freilich in den meisten Fällen besser von einer Hochfläche sprechen, weil wirklich ebene Flächen, wie sie z. B. im Gebirge oft bei Hochtälern auftreten, zu den Seltenheiten gehören[17]). Tatsächlich ist bis heute die genaue mittlere Höhe der meisten Hochflächen, über deren horizontalen Umriss man sich erst verständigen müsste, noch unbekannt. Aber bei jedem Flachboden reicht im allgemeinen schon ein einziger gut gewählter Höhenpunkt aus, um durch Abrundung seiner Höhenziffer nach oben oder unten, je nachdem der gewählte Punkt unter oder über dem mittleren Niveau zu liegen scheint, eine annähernd zutreffende Mittel-

[15]) Pet. Mitt. 1891, 126. — [16]) J. Cvijič, Les crypto-dépressions de l'Europe (La Géographie V, 1902, 447 ff.; Halbfass, in Globus LXXIX, 1901, 67; P. Stolpe (La Géographie XIX, 1909, 275). — [17]) v. Richthofen, Führer, 680.

zahl zu erhalten. Zur Zeit ist es nur gelungen, unter den Hochländern eine obere Stufe abzuscheiden, für die uns der Name von Hochplateaus geeignet scheint (statt mit C. Ritter von Hochländern erster Klasse zu sprechen). Der Schwellenwert von 1500 m, der vielleicht besser durch 2000 m zu ersetzen ist, wird meist als untere Grenze für diese angenommen; die höchsten Hochplateaus dürften 5000 m und damit etwa die Lage der höchsten dauernd bewohnten menschlichen Wohnsitze nur wenig übersteigen. Mehr Bedenken hat eine untere Grenze des „Hochlandes" überhaupt erregt. Indessen ist festzuhalten, dass in kleinen Verhältnissen selbst Flächen von 3—400 m Mittelhöhe sich bereits als niedrige Plateaus aus der Plastik der Umgebung abheben (das obere Eichsfeld, Atlas, Taf. 21). Fehlt somit der geeignete hypsometrische Gattungsname, so wird die Art der Hochfläche durch Anfügung einer Höhenziffer etwas näher gekennzeichnet.

Für das Anfangsstudium empfiehlt es sich im hohen Grade, sich nach eigenem Ermessen eine Typenskala nach Art der nachfolgenden aufzustellen und in diese alle von der Karte abgelesenen und in der Mittelhöhe abgeschätzten Erhebungen einzureihen. Hier werden nur einige der bekanntesten Hochflächen nach ganz abgerundeten Mittelhöhen zusammengestellt:

Thüringer Hochfläche	300 m	Kalahari (Südafrika)	1000 m
Oberdeutsche Hochfläche . . .	500 m	Tarimbecken	1200 m
Neukastilische Hochebene . .	600 m	Ostafrikanisches Seenplateau .	1200 m
Altkastilische Hochebene . . .	700 m	Das „grosse Becken" Nordamerikas	1500 m
Hochland von Kleinasien . . .	1000 m		

Als Hochplateaus reihen sich diesen an:

Koloradoplateau	1800 m	Hochfläche von Ecuador . . .	3000 m
Hochfläche von Mexiko . . .	2000 m	Hochebene von Bolivia . . .	4000 m
Armenisches Hochland	2000 m	Pamirhochland	4000 m
Grönländisches Eisplateau . .	2000 m	Hochland von West-Tibet . .	5000 m
Hochfläche von Abessinien . .	2000 m		

3. Mittel- und Hochgebirge. Den abstufenden Höhenmassstab gibt für das Gebirge, wie schon angedeutet, die mittlere Höhe der durch die höchsten Gipfelpunkte gelegten Fläche. Solange man diese nicht kennt oder nicht berechnet hat — was in bezug auf die Auswahl der zu berücksichtigenden Gipfel meist mit Schwierigkeiten verknüpft ist, — ist man gezwungen, den Kulminationspunkt des Gebirges (oder einer Gebirgsgruppe) als den Vertreter jener Fläche anzusehen. Seine Höhe pflegt sich übrigens im allgemeinen nicht bedeutend vom Mittelniveau der Gipfel zu entfernen. Ritters Einteilung[18]) in Hügel (1—2000′ = 325—650 m), niedrige Gebirge 2—4000′ = 650—1300 m), mittelhohe (4—6000′ = 1300—2000 m), Alpengebirge (6—10000′ = 2000—3300 m) und Riesengebirge (über 10000′ = 3300 m) hat sich nicht völlig erhalten, sondern hat der einfacheren Dreigliederung in Berg- und Hügelland, in Mittelgebirge und in Hochgebirge Platz gemacht.

[18]) C. Ritter, Die Erdkunde I, 1822, 74 und Einleitung in die allg. vergl. Geographie etc. 1852, 83.

In den Höhenschichtenkarten bietet die 500m-Linie eine zweckmässige obere Grenze für das niedrigere Bergland mit Einschluss der niedrigen Hochflächen. Nur der Abrundung wegen hat man die Stufe beim Uebergang vom Fussmass ins metrische heruntergesetzt, da 2000 Par. F. = 649m. Auf englischen Karten entspricht die 2000'-Höhenlinie (609m) etwas besser dem metrischen Schwellenwert (500m).

Eine schärfere ziffernmässige Höhengrenze zwischen Mittel- und Hochgebirge gibt es dagegen nicht. Der Unterschied zwischen beiden erweist sich, wie wir später sehen werden, auch als ein solcher der Formen von Kammlinien, Gipfeln, Tälern innerhalb der höheren Partien des Gebirges. Er ist wesentlich hervorgerufen durch die stärkere Arbeit der Atmosphärilien im Hochgebirge, die bei der Verschiedenheit der Breitenlagen nicht bei einer festbestimmten Höhenstufe beginnt. Vereinigen wir diesmal einen Ueberblick über die Höhentypen der Gebirge der Erde mit ihrer räumlichen Verteilung, so ergibt sich ein deutlicher Gegensatz zwischen den beiden von uns geschiedenen Regionen der Erde.

4. Ausserhalb der beiden grossen Gebirgsgürtel der Erde (§ 127) zeigen die meisten Erhebungen (jetzt) Höhe und Eigenart der Mittelgebirge, während letztere Form selbstverständlich auch in den Vorbergen der Hochgebirge vorherrscht.

Da solche Vorberge sich von der Karte nicht so deutlich wie die isolierten Gebirge abheben, entnehmen wir die Höhentypen ausschliesslich diesen letzteren:

Mitteldeutsches Gebirge	1000m	Französisches Hochland	1900m
Riesengebirge	1600m	Alleghanies	2000m
Ural	1600m	Australische Alpen	2200m

Auch wo die Erhebungen in jenen Gebieten vorwiegender Flachböden Hochgebirgscharakter annehmen, übersteigen sie selten die Höhe von 3000m und merkwürdig oft tritt uns in weit entfernten Gegenden die Zahl von 2700m als Kulminationspunkt entgegen.

Skandinavisches Gebirge	2600m	Kardamum-Gebirge (Südindien)	2700m
Kastilisches Scheidegebirge	2600m	Madagaskar	2700m
Roraima (Guayana)	2700m	Libanon	3100m
Omatako (Südwest-Afrika)	2700m	Katlamba-Geb. (Südost-Afrika)	3300m

Wo diese Höhen beträchtlich überschritten werden, haben wir es ausserhalb der grossen Gebirgsgürtel wohl ausschliesslich mit isolierten Vulkangipfeln zu tun.

Aetna (zum Vergleich)	3300m	Maunakea (Hawaii)	4200m
Pic von Tenerife	3700m	Ras Daschan (Habesch)	4600m
Erebus (Südpolarland)	3800m	Kenia (Ostafrika)	5600m
Kamerunberg	4100m	Kilima-Ndscharo (Ostafrika)	6000m

Innerhalb der grossen Gebirgsgürtel tragen, wie angedeutet, zahlreiche Partien auch den Charakter des Mittelgebirges, es bleiben aber wenige selbständige Gebirgszüge unter 3000m Gipfelhöhe.

Karpaten	2700 m	Sajanisches Gebirge	3500 m
Apenninen	3000 m	Vulkane Sumâtras, Javas, Japans	3700 m
Balkanhalbinsel (Olymp)	3000 m	Neuseeländische Alpen	3800 m
Pyrenäen, Sierra Nevada	3500 m	Altai[19])	(?) 4500 m

Alpenhöhe ist typisch für die Kordilleren Nordamerikas:

Sierra Nevada von Kalifornien	4500 m	Felsengebirge (50° Br.)	4900 m
Alpen (Montblanc)	4800 m	Neuguinea	(?) 5000 m

Eine höhere Stufe ist wiederum durch zahlreiche Vulkangipfel vertreten, welche sich innerhalb der asiatischen oder amerikanischen Gebirgsketten erheben.

Kaukasus	5600 m	Vulkane Alaskas (Mt. Mc Kinley)	6200 m
Elbursgebirge	5600 m	Anden v. Ecuador (Chimborazo)	6300 m
Vulkane Mexikos	5500 m	Anden von Bolivia	6500 m
Colombische Anden (Tolima)	5600 m	Anden von Chile (Aconcagua)	7000 m

Es steht noch nicht fest, wie viele der 6000 m überschreitenden Gipfel Südamerikas dem die Anden aufbauenden Grundgebirge angehören, jedenfalls erreichen nur in Zentralasien die aufgefalteten Gebirge auf weitere Strecken die Höhe von 6000 m, zahlreiche Kämme überschreiten 7000 m und viele Gipfel 8000 m.

Tienschan[20])	7200 m	Westhimálaja (Karakorum Geb.)	8600 m
Tibetanische Gebirgszüge	(?) 8000 m	Osthimálaja	8800 m

§ 154. Alte und junge Gebirge. Aus dieser Uebersicht ergibt sich zugleich, dass eine zur Breitenlage in Beziehung stehende zonale Anordnung der Gebirgshöhen, wie man sie öfter hat aufstellen wollen[21]), nicht besteht, sondern dass eine regionale massgebender ist. Denn abgesehen von den Vulkanen, die sich regellos in allen Breiten, im Tafelland und auf Gebirgskämmen zu bedeutenden Höhen aufgetürmt haben, sehen wir die höchsten Erhebungen ausschliesslich innerhalb der beiden grossen Faltenzonen der Erde. In der Auffaltung müssen wir daher von vornherein die grösste gebirgsbildende Kraft erkennen. Dieselbe scheint aber — und dies ist die Hauptsache — allein innerhalb dieser Zone sich bis in die jüngeren Zeitalter in wiederholter Weise geltend gemacht zu haben. Die Aufrichtung zu Hochgebirgen hat für diese Gebirgszone meist erst in tertiären Zeiten stattgefunden, wie sich am geologischen Bau der Schichten mit Sicherheit nachweisen lässt. Sie sind, obwohl in ihrer ersten Anlage vielfach uralt, dennoch als Hochgebirge jugendlichen Alters. Auch die Vulkane sind junge Gebilde. Andererseits erweisen sich alle oben

---

[19]) Sapodschnikow, in Iswestija d. k. Russ. geogr. Gesellsch. XXXV, 1899, 508. — [20]) Nach Merzbacher; die Russen nehmen 6800 m an. — [21]) Weil zufällig die höchsten Erhebungen in Asien zwischen 27° — 37° Br., also im Mittel auf 32° N. Br. liegen und der Einzelgipfel Aconcagua in Südamerika auf 32° S. liegt, wird man doch kaum von einem Niveau der höchsten Gipfel sprechen dürfen, das „vom Aequator zunächst bis über die Parallele von 32° hinaus ansteigt und sich dann polwärts senkt“ (Penck, Morph. II, 32), denn die kaum verschiedenen höchsten Gipfel der Anden verteilen sich doch auf eine schmale meridionale Linie von 0° — 32° S. Br.

aufgezählten selbständigen Gebirge ausserhalb der grossen Gebirgsgürtel (von denen keines die Höhe von 4000 m erreicht) als alte Bildungen im Sinne der Aufrichtung. Sie bestehen zumeist aus Ur- und ältestem Schichtengestein, und die faltende Kraft ist frühzeitig erlahmt; grosse Brüche haben sie regionenweise wie z. B. in Mitteleuropa zertrümmert und damit auch erniedrigt. Aber da dies nicht überall der Fall ist, die Wirkung von Bruchlinien sich auch im jungen Faltengebirge in erheblichem Masse geltend gemacht hat, so können tektonische Vorgänge nicht allein für die Unterschiede der Höhe verantwortlich gemacht werden. Allerdings mag die Erstarkung der Erdrinde im Laufe der geologischen Zeitalter und die Beschränkung des Raumes, in dem die Gebirgsauffaltung in jüngeren Zeitaltern tätig war, eine stärkere Wirkung an sich hervorgebracht haben als früher. Wie dem auch sei, es arbeitet vom Anbeginn der Erhebung die Denudation an der Wiederzerstörung, Abtragung und damit auch der Erniedrigung der Gebirge, ein überall verbreiteter, von klimatischen Bedingungen wesentlich abhängiger Faktor, der aber gerade in den höchsten Regionen eines Gebirges zur stärksten Entfaltung kommt. Wenn es diesem nun bis jetzt nicht gelang, zahlreiche Gebirge und hohe Vulkane, wie so manche andere, die jetzt das Gewand eines Mittelgebirges angenommen haben, zu erniedrigen oder zu vernichten, so bleibt die kürzere Dauer der Abtragung als entscheidender Grund übrig. Wir finden ausserhalb der Zonen der grossen Gebirge fast ausschliesslich alte Gebirge, weil hier keine Wiederauffaltung der Abtragung dauernd entgegengewirkt hat. Mit dieser Erkenntnis ist der Begriff des Alters des Gebirges als ein sehr wichtiges Unterscheidungsmerkmal zu den übrigen hinzugetreten.

§ 155. Die morphologischen Gattungen der Grossformen. Hat uns bisher in der Hauptsache die geographische Karte, also die Ansicht der Erde von oben, geleitet, um die Geländeformen nach äusserer Erscheinung, Lage und Höhe in wenige Haupttypen zu scheiden, so bedarf es des geologischen Querschnittes durch jene Formen, sobald wir den inneren Bau mit zu Rate ziehen. In Zukunft wird also nach dieser Seite die wichtigste Ergänzung unserer Landkarten zu erwarten sein. Es ist eine neue Entwickelungsphase der Erdkunde, die wir hiermit betreten.

Nach einer Seite hat freilich die wissenschaftliche Gebirgskunde schon seit ihren Anfängen im 17. Jahrh. dem Gebirgsbau Rechnung getragen, indem sie die Vulkane einer besonderen Betrachtung unterzog. Diese bildeten bis vor kurzem fast die einzige deutlich abgegliederte Klasse von Erhebungen als ein Erzeugnis von innen wirkender Kräfte. Da sich ihr Wirkungsbereich jedoch nur so weit ausdehnt, als die aus dem Erdinnern herausbeförderten Massen zur Ablagerung gelangen (§ 134), so nehmen sie an der Gebirgsbildung der Erde nur in untergeordnetem Masse teil.

1. Gebirge. Weitaus die meisten und bedeutendsten Gebirge der Erde werden in ihren Rohformen durch Verschiebungen der Erdrinde erzeugt und können daher kurzweg als tektonische Gebirge[22])

[22]) v. Richthofen, Führer, 654.

bezeichnet werden. Als die beiden Hauptvorgänge lernten wir früher (§ 130) Faltung und Bruch, als die Ergebnisse die Falte und die Scholle kennen. Dem entsprechend unterscheiden wir einerseits Faltungs- oder Faltengebirge, andererseits Bruch- oder Schollengebirge, je nachdem einer jener Vorgänge das eigentlich Bestimmende für die heutige Gestaltung des Erdrindenstücks als einer deutlich ausgeprägten Vollform, als eines Gebirges ist. Denn beide tektonischen Vorgänge schliessen sich in betreff der nämlichen Erdstelle keineswegs aus, und wir finden zahlreiche Gebirge, die ursprünglich Teile eines Faltengebirges waren, durch die abtragenden Kräfte in beträchtlichem Masse erniedrigt und wieder ausgeebnet, dann aber durch Brüche, längs welcher Vertikalverschiebungen der Schollen vor sich gingen, zu Landerhebungen wieder erweckt sind. Gebirge von einer so wechselvollen Geschichte hat man Rumpfgebirge[23]) genannt.

Diesen tektonischen setzen wir die durch Aufschüttung erzeugten oder aufgesetzten Gebirge gegenüber, deren Hauptklasse die obengenannten Vulkane sind. Die letzteren wetteifern mit den tektonischen Gebirgen, besonders den Faltungsgebirgen, rücksichtlich der Höhe der von ihnen geschaffenen Bergformen (S. 382), können auch nicht unbedeutende vulkanische Gebirge (Ausbruchsgebirge[24]) erzeugen; räumlich stehen diese aber doch gegen die erstgenannten stark zurück. Andererseits bringt es der Wind in den Dünen, bringen es die Gletscher in der Moränenlandschaft nur zur Bildung von Hügeln, und auch die Korallenbauten, welche so manche unterseeischen Erhöhungen krönen, treten in ihren Wirkungen zurück. Jedenfalls kann man vom morphologischen Standpunkt aus die soeben genannten Klassen von Gebirgen als aufgesetzte Hügel oder Gebirge (Akkumulationsgebirge) bezeichnen, insofern sie sich auf einem Teil der Erdrinde mittelst fremdartigen Materials von aussen aufbauen (vergl. § 159).

Eine dritte Kategorie von Unebenheiten ist dadurch entstanden, dass in ein Tafelland durch Abspülung in Verbindung mit der Erosion durch fliessende Gewässer Stufen und Hohlformen eingeschnitten und eingegraben werden. Je tiefer und breiter diese werden, umsomehr wachsen die Höhenunterschiede; andererseits verwandeln sich die zwischen den Tälern gelegenen Partien in Rücken- und Kammgebirge, ja lösen sich endlich in Inselberge und Einzelgipfel auf. So wird ein Tafelland schliesslich ein Gebirgsland, ein Erosionsgebirge[25]).

2. Nicht weniger mannigfaltig ist die Bildung der ebenen Landflächen, eine Erkenntnis, die weit später als beim Gebirge zum Bewusstsein der Geographen gekommen ist, wie denn überhaupt die Ebenen in der älteren Orographie selten näher berührt wurden. Von ursprünglichen Flachböden kann man sprechen, wenn vom Meer entblösstes flachgelagertes Schichtengestein unmittelbar an die Oberfläche tritt, ohne dass die Atmosphärilien bereits stark umgestaltend auf sie eingewirkt haben. Weit verbreiteter ist jedoch die Bildung von

[23]) v. Richthofen, Führer, 669. — [24]) Daselbst 677. — [25]) Daselbst 683.

Flachböden durch Ausebnung felsiger Unterlage (Ausgleichungs-Ebenen). Zwei Fälle sind hier denkbar. Entweder werden die vorhandenen Unebenheiten des Bodens durch lockeres, aufgeschüttetes, von Wind und Wasser herbeigeschafftes Material verhüllt, beziehungsweise ganz mit einer erstarrenden flachen Decke eruptiven Gesteins übergossen. Man kann sie als aufgeschüttete oder aufgelagerte[26]) (Akkumulations-) Ebenen zusammenfassen. Oder wir haben das Endergebnis einer alle Unebenheiten allmählich abtragenden Tätigkeit denudierender Kräfte vor uns, durch welche selbst ganze Gebirge vom Erdboden wieder verschwinden können. Die innere Struktur des nunmehr abgeflachten Bodens wird hierbei mehr oder weniger zutage treten und durch die verschiedene Härte der blossgelegten Gesteine die Ausebnung im strengsten Sinn erschweren. Diese kann man mit einem deutschen Ausdruck Rumpfflächen[27]) nennen (§ 158).

Für diese morphologischen Gattungen von Geländeformen wollen wir im folgenden möglichst anschauliche Beispiele suchen, dabei aber weniger die Stadien der Umformung als den verschiedenen Ursprung ähnlicher orographischer Gebilde verfolgen, um zu erkennen, an welchen Merkmalen möglicher Weise diese Unterschiede der Bildung von der orographischen Karte abgelesen werden können oder wo diese versagt.

§ 156. Die jungen Ebenen. Im Grunde sind alle ebenen Landflächen der Erde aufgeschüttete Flachböden, insofern sich über sie eine Schicht lockern Erdreichs durch Verwitterung, Anschwemmung, Windablagerung ausbreitet, die vermöge der ebenen Oberfläche der Wiederabwaschung oder -Abtragung entgangen ist. Diesem Gedanken könnte ein Blick auf die Karte der Verbreitung verschiedener Bodenarten (§ 149) in der Tat Vorschub leisten. Indessen wo diese lockere Schicht, wie dies nicht selten der Fall ist, so dünn und lückenhaft ausgebreitet ist, dass überall das darunter liegende Gestein zutage tritt, und die Einzelform der Unterlage durchblickt, wird man vorziehen den Charakter des Flachlandes nach dieser letzteren zu kennzeichnen.

1. Die ebenste Oberfläche hat unter den aufgeschütteten Ebenen das ausgefüllte Seebecken, in Landsenken mehr aus feingeschichtetem Material aufgebaut, in Tälern horizontale Stufen bildend, mit gröberem Geröll am Rande (S. 338). Diesen Ebenen begegnen wir indessen fast ausschliesslich unter den Kleinformen des Geländes wie innerhalb grösserer Talzüge, in denen die erneut einschneidende Erosion die Trockenlegung bewirkt hat.

2. In ungleich grösserer Ausdehnung tritt die eigentliche Ebene als Stromflachland[28]) auf. Die äusserst flachen Schwemmkegel der Deltas sind schon früher skizziert (§ 145, 1). Kleine Stromebenen finden sich in allen Talzügen ohne Rücksicht auf die Höhe, sobald

[26]) Supan (Phys. Erdk., 1896, 443; 1911, 621), nennt dieselben „aufgesetzte Ebenen". — [27]) v. Richthofen, Abschn. Geologie in Neumayers Anleitung zu wiss. Beob. auf Reisen I, 1905, 255. Der Name ist jedoch schon älter. — [28]) v. Richthofen, Führer, 682.

sich das Tal erweitert und das Gefäll gering wird. Tektonische Vorgänge zeichnen zwischen den Gebirgen hier und da die Umrisse für Stromflachländer schärfer vor.

So ist die Grabensenke der oberrheinischen Tiefebene jetzt als ein Stromflachland anzusehen, da der Rhein mit seinen Schottern und Sanden die tertiären Meeres- und Binnenseeablagerungen jener Landsenke fast völlig überdeckt hat.

Die grossen Stromebenen gehören dem Tiefland der Erde an, da hier dem Stromgefäll dauernd ein Ziel gesetzt ist. Sie stellen Ebenen von äusserst flacher Abdachung dar, die Flüsse fliessen daher nicht selten auf selbstgebauten Dämmen, als sog. Dammflüsse, über sie hinweg [29]), sodass Deichbauten die angrenzenden Gebiete schützen müssen. Jedes Hochwasser ergiesst sich sonst über die Ufer hinweg und lässt Stromseen oder Sumpfniederungen als begleitende Erscheinungen zurück.

Diese letzteren sind es, welche das echte Stromflachland auf der Landkarte leicht erkennen lassen. Sie finden sich z. B. in der Ungarischen Tiefebene, deutlicher noch längs der rumänischen Donau (Atlas, Taf. 25), am Mississippi unterhalb der Aufnahme des Ohio (Taf. 43), und mächtig entwickelt am untern Jang-tse-kiang (Taf. 38). Echte Stromflachländer sind die Randsenken im Gebiet des Eurasischen Gebirgsgürtels wie die Po-Ebene, die Hindostanische, ebenso die chinesische Tiefebene; in diesen hat man die Flussalluvionen mit Bohrungen von 2—300^{m} noch nicht durchsenkt. Da man mit solchen Tiefen nicht unbedeutend unter den Meeresspiegel gelangt, ist anzunehmen, dass Senkung und Aufschüttung annähernd gleichen Schritt gehalten haben. Von den grossen Stromebenen Südamerikas wird man wohl nur das Amazonasbecken als ein Stromflachland ansprechen können, da im Orinoko- und Laplata-Gebiet die Flussanschwemmungen nur eine zarte Schicht über ältere Bildungen ausgebreitet haben.

3. Die Ebene tritt uns ferner längs der Meeresküsten in ausgeprägter Form entgegen, teils freilich nur als äusserst schmaler Saum, teils als sanft sich ins Meer abdachende Fläche. Jener Saum ist meist das unmittelbare Erzeugnis der Meeresanschwemmung (S. 349), jede negative Strandverschiebung (§ 135) wird ihn verbreitern und so ein marines Flachland [30]) entstehen lassen.

Als ein solches ist die seit der Tertiärzeit sich ständig vergrössernde Ebene erkannt, welche die Vereinigten Staaten längs des Atlantischen Ozeans und des Golfes von Mexiko in wechselnder Breite umsäumt (s. u. S. 390) [31]). Ebenso ist Nordrussland bis etwa zur nordrussischen Landhöhe (Atlas, Taf. 32) nach der Eiszeit vom Meer überflutet gewesen, wodurch die Spuren der letzteren verwischt und sandige Tone zur Ablagerung gelangt sind, wogegen eine ähnliche Transgression vom Kaspischen Meer ausgehend während der Eiszeit das östliche Russland bis zur Kamaquelle hin bedeckte [32]).

4. Wenden wir uns den Binnengebieten, den trockenen Steppenländern der Erde zu, so erweisen sich in diesen oft weite ebene Gelände durch den salzdurchtränkten Boden als Sohle ehemaliger

[29]) Penck, Morph. II, 4. — [30]) v. Richthofen, 679; Supan, 1896, 448; 1911, 628 benennt sie „angefügte Ebenen". — [31]) S. Mc Gee, The Lafayetteformation im XII. Ann. Rep. U. S. Geol. Survey, Wash. 1891; s. bes. Taf. XXXVIII. Vergl. auch Pet. Mitt. 1888, Lit.-Ber. Nr. 428. — [32]) Nach Tschernyschew, s. Pet. Mitt. 1893, Lit.-Ber. Nr. 709.

Salzseen, welche durch die Verdunstung trocken gelegt sind (Seeböden oder flache Wannen).

In der Aralokaspischen Senke verschwinden solche noch unter unseren Augen. Deutliche Uferterrassen umkränzen die ebene Sohle ehemaliger Binnenseen im grossen Becken Nordamerikas, wie ein solcher sich im W des Grossen Salzsees (Atlas, Taf. 43) ausbreitete[33]), als dessen Rest-Gebiet letzterer anzusehen ist.

5. In der Mehrzahl der geschilderten Fälle handelt es sich im Grunde nur um mässige Umgestaltungen bereits flachen, mehr oder weniger ebenen Bodens. Aehnliches gilt von den flachen Ueberschüttungen einer Koralleninsel mit dem Korallensand, der sich nur wenige Meter über den Meeresspiegel erhebt. Anders steht es mit der Ausfüllung mächtiger Landsenken[34]) durch den äolischen Staub, besonders den Löss, in den trockenen Kontinentalgebieten. Hierdurch sind z. B. zahlreiche breite und viele hundert Meter tiefe Mulden zwischen den zentralasiatischen Höhenzügen in flache Senken verwandelt, wenn ihnen wahrscheinlich auch vielfach tertiäre Seenablagerungen, die man in bedeutender Mächtigkeit nachgewiesen hat, vorgearbeitet haben[35]). Wie hier ein Faltenland so finden sich ebenso Schollenländer durch Aufschüttung in Flachländer verwandelt, die kaum ahnen lassen, wie uneben die felsige Unterlage ist. Als anstehendes Gestein und kleine Gesteinsinseln ragen die höchsten Partien der letzteren wohl aus dem lockeren Material, mit dem sie bedeckt sind, hervor.

So zeigen uns z. B. im norddeutschen Flachland (Atlas, Taf. 14) Bohrungen, dass Niveauunterschiede des Schichtenbaues von 100 m und mehr durch die glaziale Decke verwischt sind. Eine völlige Ebene ist allerdings in diesem Fall nur im nordwestlichen Deutschland entstanden, wo manche Einsenkungen auch allmählich durch Torf- und Moorbildungen ausgefüllt sind.

§ 157. Schichtungs-Tafelländer[36]). Entgegen diesen jungen, mit lockerem Material überlagerten Flachböden und Ebenen bestehen andere aus flachgelagerten und verfestigten Schichtengesteinen meist älteren Ursprungs. Man beschränkt daher neuerdings im Gebiet der Morphologie gern den Begriff des Tafellandes auf die Landstriche mit mehr oder weniger wagerechtem Schichtenbau. Diesem gehören die ausgedehntesten Flachböden der Erde an. Solche Tafelländer sind übrigens im allgemeinen nicht das Erzeugnis nur einer Periode der Erdgeschichte, sondern haben sich häufig durch erneute Transgressionen erhöht und erweitert, sodass sie auf geologischen Karten ein viel unruhigeres Bild abzugeben pflegen, als auf der orographischen. Innerhalb der Tafelländer wird man als Platte[37]) jene

[33]) S. die Ausdehnung des ehemaligen sog. Bonneville-Sees nach Gilbert in Bergh. Phys. Atl., Taf. 18, 1 : 5 000 000. — [34]) v. Richthofen, 683: Flachböden der atmosphärischen Aufschüttung; Penck (II, 252): Wannengebiete äolischer Akkumulation; Supan 1896, 443; 1911, 622: Ausgefüllte Landsenken; S. Passarge, 201: Aeolische Aufschüttungslandschaften. — [35]) v. Richthofen, China II, 369. S. die Abbildungen der Lössmulden bei Supan, 1896, 445; 1911, 624. — [36]) v. Richthofen, Führer 679. — [37]) Der Sprachgebrauch verbindet übrigens mit dem Begriff der Platte auch meist den einer gewissen Festigkeit des Gesteins. Penck II, 143 will den Ausdruck Platte zur Bezeichnung von Tafelländern verwendet wissen, welche die Höhenunterschiede des Flachlandes aufweisen.

schärfer abgegrenzten, sich von der Umgebung ein wenig abhebenden Landstriche unterscheiden dürfen; sei es, dass sie als Ebenen von schwachen Randstufen umschlossen (und folglich Hohlformen) sind, sei es, dass sie sich über das Tafelland ein wenig erheben, aber zu flach sind, um bereits als Gebirge, und zu wenig gewölbt, um als Landschwelle zu gelten.

Als niedriges Flachland mit ausgedehnten Bodenschwellen erweist sich die grosse Russische Tafel[38]) von Polen bis zur Wolga, vom Finnischen Busen bis zum Schwarzen Meer reichend. Hier sind Schichten fast aller Zeitalter vom Silur an flach übereinander gelagert; nur an wenigen Stellen gestört, erhebt die Tafel sich im Mittel nicht 200 m über das Meer und ist, im Norden von einer nicht sehr mächtigen Decke glazialen Schuttes, im Süden von einer noch dünneren Schicht der Schwarzerde (S. 369) überlagert. Eine typische „Platte" zieht sich, von den Flüssen in Stromschnellen durchbrochen, im Süden Russlands westöstlich hin, die südrussische Steinplatte (auch Granitschwelle) genannt. — Das Tafelland im oben beschriebenen Sinne herrscht durchaus vor in der grossen Wüstentafel in Südafrika, in Dekan, wie das früher geschildert ist (S. 365). In Nordamerika zieht sich das niedrige Mississippi-Tafelland, aus paläozoischen, vorwiegend karbonischen Flachschichten gebildet, über den grössten Teil jenes Flussgebietes hin[39]). Langsam von 300—400 m an den Rändern nach der Mitte zu sich senkend, geht es im W unmerklich in das schräggestellte Tafelland der grossen Ebenen (Plains) über. Dieses letztere, eine Kreidetafel, — etwa bei der 500 m Isohypse beginnend (Atlas, Taf. 42) — steigt gegen Westen allmählich bis auf 16—1800 m empor, von den Strömen in breiten und tiefen Rinnsalen durchschnitten.

Ungleich seltener als von Schichtengesteinen werden Tafelländer von Decken eruptiver Gesteine gebildet. Man hat sie als Ueberguss-tafelländer[40]) bezeichnet.

Mit allen Merkmalen ausgedehnter Tafelländer treten solche nur in Nordamerika und in Vorderindien auf (vergl. S. 315). Dort sind es Lavadecken, die sich im Gebiet des Schlangenflusses und des Kolumbia horizontal ausbreiten und z. T. echte Ebenen bilden (Kolumbia-Ebene. Atlas, Taf. 43). Den ganzen Nordwesten Dekans nehmen dagegen Decken von festem Trapp ein (Plateau von Malva, Atl., Taf. 38).

§ 158. Alte Flachböden oder Rumpfflächen. Eine dritte Klasse von Flachländern ist das Endergebnis völliger Abtragung ehemaliger Gebirgserhebungen. Welche Vorgänge dies zu Wege gebracht haben, ist freilich zur Zeit nur Vermutung und wird im Einzelfall sehr verschiedenartig erklärt. Der Name einer Rumpffläche an Stelle der allgemeinen Bezeichnung einer Denudationsfläche lässt zunächst die strittige Frage der Umbildung offen. Es

[38]) Suess, Antlitz der Erde I, 1883, 240. Andere erblicken im russischen Flachland keine Tafel im obigen Sinn, sondern eine Denudationsfläche, weil die flachgelagerten Schichten doch eine, freilich nur sehr geringe Neigung zeigen und somit die Ausebnung durch Abtragung der erhöhten Schichtenränder und -Rücken entstanden seien, s. A. Philippson, Zeitschr. für Erdk. Bd. 33, 1898, 41. — [39]) Wenn früher, S. 366, gesagt war, dass durch die Faltung des Appalachian-Systems auch das westlich davon gelegene Flachland beherrscht werde, und hier von Flachschichtung gesprochen wird, so erklärt sich dies daraus, dass sich die Faltensättel westlich der Alleghanies ungemein verflachen (Suess, Antlitz der Erde I, 717). — [40]) v. Richthofen, Führer, 682.

kann sich um eine solche einerseits handeln, wenn die abtragenden Kräfte ein Rumpfgebirge auch seiner letzten Erhebungen beraubt haben. Dazu sind gewaltige Zeiträume erforderlich, und somit darf man in diesem Falle von ältesten Flachböden oder Ebenen sprechen, ohne sie ursprüngliche zu nennen. Denn im Gegenteil lassen sie in dem starken Wechsel und meist steil aufgerichteten Bau der den Boden dieser Rumpfflächen bildenden, mehr oder weniger oben schräg abgeschnittenen Schichten noch unschwer erkennen, dass hier einst ein Faltengebirge gestanden haben müsse. Dazu kommt, dass wir solchen echten abgehobelten Flächen vorzugsweise im Gebiet des Urgesteins und der ältesten Schichtengesteine begegnen.

Das grossartigste Beispiel solcher Rumpfflächen bieten die mehrfach geschilderten nordatlantischen Felsplatten, in welchen die spätere Uebereisung noch manches zur Ausebnung beigetragen hat.

Als einen wichtigen Vorgang zur Herstellung von Rumpfflächen hat man die Abrasion durch die Meeresbrandung (S. 346) angenommen, da wir zur Zeit unter den abtragenden Kräften keine andere kennen, welche im gleichen Masse flächenmässig abträgt und ausebnet (§ 144). Der kurze Name Abrasionsfläche sollte in diesem Falle die Entstehungsweise der fraglichen Rumpffläche unmittelbar ausdrücken[41]). Mehr und mehr ist man jedoch auf Rumpfflächen gestossen, welche irgend welche Ueberlagerung mit Meeressedimenten ausschliessen und also innerhalb einer Kontinentalperiode zur Ebene umgestaltet sein müssen. Das wird dann auf subaerischem Wege geschehen sein mittelst der Erosion durch fliessendes Wasser und Ablation durch den Wind. Hierbei wird der Wechsel der Härte des Gesteins noch grössern Einfluss ausüben als bei der Abrasion durch die Brandung. Man findet daher nicht selten in solchen Rumpfflächen einzelne aufragende, felsige Kuppen, von den Amerikanern Monadnocks nach einem Berg im südlichen New-Hampshire (Neu-England Staaten) genannt, wofür man den deutschen Ausdruck „Härtling" vorschlug. In andern Gegenden hat dieser Wechsel härterer und weicherer Gesteine die Folge, dass sich durch die niedrigen, nach gleichen Richtungen streichenden Unebenheiten, die zu unbedeutend sind, um als Hügel zu gelten (20—30 m), ein unruhiges Oberflächenbild ergibt. Die Amerikaner nennen solche Strecken Peneplains[42]) oder Fastebenen. Da es sich bei diesen um eine Endform handelt, bei der die abtragenden Kräfte weiter einzugreifen nicht in der Lage sind, hat man sie auch Gleichgewichtsflächen genannt[43]).

Eine solche Fastebene zieht sich auch um Ost- und Südfuss der Alleghanies hin, von den Amerikanern Piedmont — Gebirgsfussebene — genannt, die

---

[41]) Daher vielleicht besser als Flächen mariner Abrasion zu bezeichnen. — [42]) Der Name Peneplain rührt von dem Amerikaner W. Morris Davis her (Amer. Journ. Science, 3. Ser., Bd. 37, 1889, 340), während schon Powell 1875 die subaerischen Agentien für die Bildung solcher Abtragungsflächen in Betracht zog. Eingehend verteidigte Davis den Begriff gegen Einwendungen in „La pénéplaine", Annales de géogr. VIII, 1899, 289—303; 385—404. — [43]) Vergl. S. Passarge, Physiol. Morphologie 1912, 150; Penck II, 24 nennt die Peneplains Wellungsebenen

ausschliesslich aus steil aufgerichtetem krystallinischen Gestein gebildet ist, im oberen Teil mit niedrigen Hügeln besetzt, im untern mit stark eingeschnittenen Flusstälern.

Dieses niedrige Plateau gibt Anlass darauf hinzuweisen, wie wenig unsere Uebersichtskarten im Tiefland die fast unmerklich ineinander übergehenden, ihrer Bildung und oberflächlichen Bedeckung nach ganz verschiedenen Ebenen abzugrenzen im stande sind. Gleichmässig zieht sich das Tieflandsgrün über die archäische Piedmont-Ebene wie die tertiäre Küstenebene, die wir als marines Flachland bezeichneten. Genauere Karten zeigen uns freilich längs des Saumes der Piedmontfläche eine niedere „Falllinie", an der die Mehrzahl der Flüsse kleine Stromschnellen besitzt, ehe sie in die Niederung steigen. Diese Grenzlinie zieht etwa über Richmond, Raleigh, Columbia, Augusta, Montgomery (Atlas, Taf. 43)[44]).

§ 159. Typische Hügelländer. Es ist klar, dass manchen der eben geschilderten Flachböden auch entsprechende Hügelländer als Zwischenstadien der Bildung zur Seite stehen und daher kaum weiterer Erläuterung für unsere Zwecke bedürfen. Wo im verdeckten Schollen- oder Faltenland die Unebenheiten noch nicht völlig durch die Ueberlagerung mit lockerem Material ausgeglichen sind, treten die festeren Gesteinsreste unter letzterer oder aus letzterer oft noch als Hügel oder kleine Berge hervor. Aehnlich ist es bei der noch nicht völlig abgeglätteten Rumpffläche, die soeben geschildert ist. In diesem Fall sind also die Hügel letzte Reste ehemaliger Gebirge. Andererseits zeigen sich Erhebungsformen ohne eigentlichen Gebirgscharakter — also Hügel — im Anfangsstadium aller der Vorgänge, welche Gebirge erzeugen und können daher als nur dem Grade nach verschieden mit diesen zugleich betrachtet werden. Aber es gibt auch Gegenden sehr unebenen Geländes, in denen die Kräfte, welche die Erhebungen schufen, sich gleichsam mit der Erzeugung von Hügeln erschöpft haben. Es sind durchweg aufgeschüttete Hügel. Wir übergehen dabei die Kleinformen der Sinterkegel (S. 328) und Schlammvulkane (S. 313), die doch nur lokal auftreten und heben nur zwei Formen von regionaler Bedeutung hervor.

Dünen[45]). Die lockerste und unbeständigste Bodenerhebung ist die vom Wind aufgehäufte Düne, bis zum Grund aus Flugsand bestehend. Nur den Flachküsten mit vorherrschenden Landwinden (wie in der Provence) ganz fehlend, gelangt die aus parallelen Wällen aufgebaute Dünenlandschaft doch nur seltener zur vollen Ausgestaltung, da ihr durch den Pflanzenwuchs, durch anderweitige Bodenerhebungen, auch wohl durch Strandseen nach der Landseite zu bald ein Ziel gesetzt ist. Doch erreichen auch Küstendünen wohl 200 m an Höhe, bleiben aber meist unter 50—60 m, bei einer Breite von wenigen hundert oder tausend Meter für den einzelnen Wall. Die zwischenliegenden Dünentäler sind häufig versumpft, das ganze ist eine öde vegetationslose Landschaft. — Zu weit grösserer Ausdehnung gelangen

[44]) Nach Mc Gee (s. o. Anm. 31). — [45]) Penck II, 38—50. Hauptwerk: Sokolów, Die Dünen, aus d. Russ. v. Azruni, Berlin 1894; Pet. Mitt. 1896, L.-B. 44; Dünenbuch, bearb. v. F. Solger, P. Graebner u. A., Stuttg. 1910. —

die Kontinentaldünen[46]), die Sandberge der Wüsten: im einzelnen Hügel von Hufeisenform, welche dem Winde ihre konvexe Seite zukehren und auf der anderen Seite in einer Nische steiler abfallen, Sicheldünen, (Barchane in Zentralasien genannt). Vergesellschaftet ordnen sie sich auch in mächtigen Dünenreihen zusammen und steigen bis 150 m, ja 200 m.

Sie fehlen auch feuchtem Klima nicht ganz, wie in Europa, wo sie in der Campine Nordbelgiens, in der Veluwe (westlich der Yssel; Atlas, Taf. 18), in Ungarn östlich der Donau typisch auftreten[47]), aber freilich bei der Kleinheit der Erhebungen auf Uebersichtskarten nicht mehr zur Darstellung gelangen können.

Moränenlandschaft. Als Hügelland von fast regelloser Anordnung erweist sich auch das von Gletschern verlassene Flachland. Nicht selten sind die ehemaligen Endmoränen noch als halbkreisförmige Hügelzüge erhalten, die 100 m und mehr erreichen können (S. 333). Anders als bei den Dünen ist der aus zähem Grundmoränenschutt gebildete Boden für Wasser wenig durchlässig, sodass sich in den Dellen und Wannen zwischen den Hügelhaufen Seen und Sümpfe ansammeln, die ein typischer Begleiter dieser sog. Moränenlandschaft zu sein pflegen, aber meist so klein sind, dass Uebersichtskarten sie ebensowenig wie die Hügel darstellen können[48]).

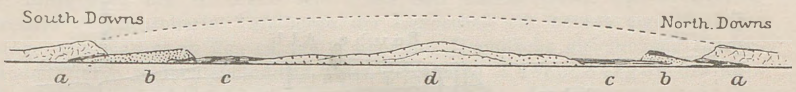
Doch gibt es auch Ausnahmen, wie z. B. die Moränenlandschaft des ehemaligen Rhonegletschers mit ihren zahllosen Wasserbecken im Pays de la Dombes nördlich von Lyon (Atl., Taf. 22) deutlich auf der Karte in die Erscheinung tritt, wobei freilich zu beachten, dass die meisten dieser kleinen Wasserbecken künstlichen Ursprungs sind[49]). Eine eigenartige Form nehmen die gesellig auftretenden Hügel im Gletscherschuttland zuweilen als sog. Drumlins an[50]). Es sind niedere, flachgeböschte Rücken von elliptischem Umriss, parallel angeordnet mit Längsachsen in der Richtung des Stroms der ehemaligen Gletscher. Hierher gehören auch die aus geschichteten Sanden und Granden bestehenden langgestreckten Åsar oder Eskerrücken, wie man sie in Skandinavien nennt, und die mehr regellos sich über grössere Flächen ausbreitenden Kameshügel innerhalb der von Gletschergewässern ausgestalteten Ebene.

§ 160. Die Landschwellen und Landstufen. Mehrfach sehen wir im Flachland sanft gewölbte Bodenschwellen auf längere Strecken sich hinziehen, deren Aufschlüsse längs der eingeschnittenen Flusstäler sie als äusserst flache Aufbiegungen der Tafelschichtung erweisen. Die Schwelle von Artois im nördlichen Frankreich (Atlas, Taf. 18) gilt als solche sanfte Wölbung einer Kreidetafel. Den Beweis entnimmt man der Fortsetzung der Schwelle jenseits des Kanals, wo sie aller-

[46]) Muschketow, Die Kontinentaldünen, a. d. Russ.; s. D. Rundschau f. Geogr. u. Stat., Wien 1890, XII, 147. Joh. Walther, Gesetze der Wüstenbildung, Berlin 1900. — [47]) Vergl. d. Kärtchen mit den nordwestlich streichenden Flugsandrücken in der Theissebene bei Penck II, 44; 1 : 2 750 000. — [48]) Vergl. Wahnschaffe, Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 3. Aufl., Stuttg. 1909. — [49]) Reclus, Géogr. univ. II, 1877, 364, mit Kärtchen 1 : 160 000; s. auch Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 5, 1 : 1 500 000. — [50]) S. z. B. die neuen Blätter der topogr. Karte Württembergs 1 : 25 000 im N. des Bodensees. Vergl. auch J. Früh, Die Drumlinslandschaft (Jahrb. naturw. Ges. St. Gallen 1904/5).

dings längst ihre Scheitelfläche verloren hat, sodass die Erosion nunmehr zwischen den nach aussen schwach geneigten, nach innen mit Steilrand abfallenden Landstufen der South- und North-Downs, die beide aus Kreidekalk bestehen, die tieferen Schichten in das Hügelland des Weald umschaffen konnte (Fig. 67 [51]) u. Atl., Taf. 30).

Fig. 67.



a Ob. Kreidekalk b. Grünsand c. Wealdenthon d. Hastingsand

Geolog. Profil durch das Weald (nach Ramsay).

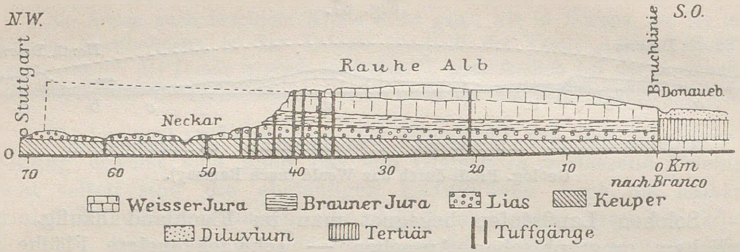
Solchen Landstufen begegnet man im Flachland häufig. Bei ähnlichem orographischen Aussehen — schwachgeneigte Fläche mit Steilrand und in Bergkuppen zerlegter Kammlinie — können sie verschiedenen Ursprungs sein. Im allgemeinen dürften tektonische und erosive Vorgänge zusammengewirkt haben, sie zu erzeugen, wenn auch meist die Strukturlinien (Verwerfungen, Beugung der Schichten), die zu ihrer ersten Bildung Veranlassung gaben, durch die darüber gelagerten Erdmassen verdeckt oder bei rückwärtsschreitender Erosion weitab von dem jetzigen Abhang zu suchen sind. Besonders häufig sehen wir die Stufen beim Ausstreichen von Gesteinsschichten verschiedener Härte auftreten, wo dann die Erosion durch Auswaschung der weicheren den Steilrand zu bilden beginnt. Manche Stufen fallen mit der Grenze verschiedener Gesteinsformationen deutlich zusammen. Dass bei diesen Erscheinungen es die Erosion ist, welche die irgendwie ins Leben gerufenen Stufen im Laufe der Zeit rückwärts verlegt, erkennt man deutlich an den vor dem Stufenrand zerstreut stehengebliebenen Resten der Gesteinsschicht, welche die Stufe im Zusammenhang bedeckt, und durch deren Gipfel man die einstige Fortsetzung der Decke verfolgen kann. Teils treten diese „Zeugen", wie man sie nennt, in der Form von Tafelbergen, teils bei weiterem Fortschritt der Erosion als Kegel auf.

Das mitteldeutsche Schollenland ist reich an Landstufen. Eine solche bildet als „Dün" und „Hainleite" den Nordrand der Muschelkalkplatte Thüringens (Atlas, Taf. 21). Sanft neigt sich die letztere, von Keuper überdeckt, nach dem Innern der Hochfläche zu. Aehnlich heben sich die Keuperstufen Mittelfrankens als Steigerwald und Frankenhöhe von der westlichen, um 200 m tiefer gelegenen Muschelkalkplatte ab (Atlas, Taf. 22). — Der Doppelkranz von niedrigen Höhen, welcher das Pariser Tieflandsbecken umgibt, erweist sich ebenso als Stufenrand der verschiedenen Schichtengesteine, die in regelmässiger Folge vom Eocän bis zum Jura das Becken umlagern. Die Kreidetafel der Champagne fällt im Osten mit Steilrand gegen die Juratafeln jenseits der Aisne ab, und die sich bis 200 m über den Taleinschnitten erhebenden Höhen von Laon, Reims, Epernay u. s. f. werden mitsamt ihren Vorsprüngen (südlich v. Reims; Atlas, Taf. 18) ausschliesslich von Tertiärschichten gebildet. — Eine deutliche Abtragungsstufe, bereits von gebirgigem Charakter, bildet der scharf ausgezackte Nordwest-

[51]) Ramsay, Physical geology and geography of Great Britain; V. ed. London 1878, 339.

abfall der Schwäbischen Alb. Hier ist von einem Bruch der einst weiter nach Nordwesten reichenden Jurakalkplatte nichts zu bemerken. Der am Fuss der „Albtraufe“ zu tage tretende Lias breitet sich im gleichen Niveau über die vorgelagerte Ebene aus, in welchem er unter der Albplatte lagert. Ebensowenig kann die Stufenbildung der seitlichen Erosion des Neckar zugeschrieben werden.

Fig. 68.



Massstab 1 : 80000 in zehnfacher Ueberhöhung.

Vielmehr ist die Stufe im Laufe der Zeit allein durch Untergrabung und Abtragung beträchtlich rückwärts geschoben. Denn die hier zahlreich auftretenden Tuffgänge zeigen im Flachland, weitab vom Gebirge und inmitten des Lias, in ihren Gemengen deutlich Gesteine des braunen und weissen Jura, durch welche sich die eruptiven Massen also einst hindurchgebrochen haben müssen, während solche in der Umgebung jetzt gänzlich verschwunden sind [52]).

§ 161. Erosionsgebirge. Die eben geschilderten Vorgänge haben wir uns nur in verstärktem Masse wirkend zu denken, um die Entstehung der mächtigen Tafelgebirge zu verstehen. Härtere Deckschichten über weicheren Gesteinen oder besser ein mehrfacher Wechsel zwischen harter und leichter zerstörbarer Flachschichtung und ein nicht zu feuchtes Klima sind die Voraussetzungen zu ihrer Bildung. Dann zerlegt Verwitterung und Abspülung die Gehänge in terrassenförmige Abhänge, die einen steten Wechsel von steiler Felswand und mächtigem Schuttfelde darunter zeigen. Der härteren Schicht gehören Plattform und Steilwand an, die weichere ist durch die Schutthalde verdeckt, weicht aber nach deren allmählicher Entfernung vor den Angriffen der Atmosphärilien immer weiter zurück und lässt die Steilwand des Hangenden nachstürzen. Schneiden sich nun gleichzeitig Flüsse in die Tafel ein, so räumen diese nicht nur die Verwitterungsprodukte des Steilrandes rascher mit hinweg, sondern greifen seine Vorsprünge noch von rückwärts an, bis sie dieselben völlig vom Mutterkörper getrennt und so den rings isolierten Tafelberg erzeugt haben.

Das grossartigste Beispiel solcher Denudationsterrassen bietet uns das Tafelland, welches das Koloradoplateau in Nordamerika im N und O umkränzt [53]). Es ist

[52]) S. die äusserst klare Darlegung von Branco, Schwabens 125 Vulkan-Embryonen, Stuttg. 1894, 20—60. — [53]) Dutton, Tertiary History of the Grand Cañon District. Monographs of the U. S. Geol. Survey. II. Wash. 1882, mit Atlas und anschaulichen Abbildungen. S. die Mesa verde in Neumayrs Erdgeschichte I, 8.

u. a. das Südende des Wahsatchgebirges (Atlas, Taf. 43), an welchem die vorwiegend mesozoischen flachgelagerten Schichten in regelmässigen Stufen bis zur Karbonfläche des Koloradoplateaus herabfallen. Auf den Höhen liegen eocäne Gesteine, ihr Steilrand bildet die oberste Terrasse, dann folgt weniger widerstandsfähiges, aber echte Tafelberge bildendes Kreidegestein. Deutlich sinkt die Juraterrasse wieder mit Steilrand ab, und ebenso die Triasterrasse (die sog. Vermillion Cliffs). Nach einer schmaleren Permterrasse erreichen wir die um 1500 m unter der Eocänstufe gelegene Plattform der Karbonschichten, in die sich in ca. 80 km Entfernung der Kolorado sein tiefes Bett eingeschnitten hat. — Gesellig auftretend geben isolierte Tafelberge der Landschaft ein höchst eigentümliches Gepräge, wie man es in den ca. 300 m über der Hochfläche gleichmässig sich erhebenden, durch schluchtenähnliche Täler getrennten Karreebergen des Kaplandes (Atlas, Taf. 41a) von der Karte ablesen kann. Der Spanier nennt diese Tafelberge Mesas, Tische. Ueber manche solcher „Inselberglandschaften" ist man jedoch noch nicht im Klaren. Ihre Bildung scheint sich in frühern Perioden der Erdgeschichte mit wesentlich trockenerm Klima vorbereitet zu haben[54]).

Anders im feuchten Klima und im Bereich weicheren Gesteins. Wenn mächtige Ströme über ein solches Flachland hinwegziehen und sich selbst breite Täler ausfurchend die durch Abspülung zusammengetragenen Materialien rascher entfernen, so gestalten sie dasselbe verhältnismässig schnell um. Neben der Wasserfülle ist stärkeres Gefäll in erster Linie erforderlich. Es kommt daher die Höhenlage des Flachlandes im Verhältnis zu tieferen, die Gewässer ausserhalb der Platte aufnehmenden Stufen besonders in Betracht.

Die Nordhälfte der Oberdeutschen Hochfläche zeigt uns den Fall, wo wasserreiche Alpenflüsse eine Tafel tertiären Gesteins allmählich in ein Hügelland, nämlich in flache, leistenartige Rücken zerlegt haben[55]), ohne fortan ihre Täler beträchtlich tiefer legen zu können, da die Donau, die sie aufnimmt, in einem nur wenig unter der Mittelhöhe des Hügellandes gelegenen Tale fliesst. — Im Elbsandsteingebirge dagegen, in den Lösslandschaften Chinas, im Koloradoplateau Nordamerikas hat überall vom tiefer gelegenen Vorland aus die Erosion steilwandige Täler in die Flachschichtung geschnitten. Senkrechte Zerklüftung des Gesteins wie im Elbsandsteingebirge oder den mit Löss bedeckten Mulden Chinas arbeitet der Flusswirkung vor.

Bei stärker verzweigtem Talsystem muss dann ein Tafelland mehr und mehr in ein Bergland verwandelt werden, wenn nämlich die Talböschungen sich allmählich verflachen und die zwischen den Erosionstälern gelegenen Rippen und Leisten des ehemaligen Tafellandes schmalere Kammlinien erhalten und sich in Einzelgipfel auflösen. Das Charakteristische eines solchen aus ursprünglichem Flachland entstandenen Erosionsgebirges ist neben dem Mangel einer einheitlichen Kammlinie und der Regellosigkeit des Talsystems (das freilich durch die ursprüngliche Neigung der Oberfläche bestimmt sein kann), das annähernd gleiche Niveau, in welchem sich die Einzelgipfel befinden.

---

[54]) S. Passarge, Rumpfflächen und Inselberge (Zeitschr. d. D. Geol. Ges. LVI, 1904, Dez. Protokoll, 197); Passarge, Die Kalahari, Jena 1904. Vergl. Verhandl. des 18. D. Geogr.-T., Innsbruck. Berlin 1912. — [55]) Penck, Das Deutsche Reich, 1887, 167.

Als ein solches Erosionsgebirge wird uns das sog. Rote Becken, das Bergland der Provinz Sze-tschuan in Innern Chinas (Atlas, Taf. 38) geschildert[56]), das, bedeckt von einem flachgelagerten, roten, leichter verwitterbaren Sandstein, durch die wasserreichen Zuflüsse des Jang-tse-kiang in ein z. T. flachhügeliges Gebirge zerlegt ist.

§ 162. Faltengebirge[57]). Denken wir uns den Streifen eines Tafellandes in starker Faltung begriffen, d. h. durch seitliche Stauung auf einen kleineren Raum zusammengeschoben, ohne dass andere tektonische Vorgänge oder exogene Kräfte darauf einwirkten, so müsste ein Gürtel mehr oder weniger paralleler Faltensättel (Antiklinalen) entstehen, die als Gebirgskämme aufragend durch Faltenmulden (Synklinalen) getrennt wären. Die Stärke der Faltung würde sich im allgemeinen innerlich in der Steilheit der Schichtenstellung, äusserlich in der Kammhöhe wiederspiegeln. Erreicht die Intensität der Stauung keinen zu hohen Grad und sind die Schichten plastisch genug, um sich den Biegungen anzuschmiegen, so liesse sich ein normales Faltengebirge denken, über das sich die ursprüngliche oberste Deckschicht ununterbrochen und nur in Falten gelegt hinzieht. Indessen solche Gebilde finden sich, da diese Vorgänge sich stets in ungemein langen Zeiträumen vollziehen, auf der Erdoberfläche tatsächlich nicht. Denn die Abtragung hat während der Auffaltung genügende Zeit, ihre die Kämme zernagenden Wirkungen auszuüben und damit die unter jener obersten Deckschicht gelegenen Gesteine blosszulegen, durch Quertäler die Falten in einzelne Abschnitte zu zerlegen, gegebenen Falls unterstützt durch Verschiebung einzelner Faltenteile an Längs- oder Querbrüchen.

1. In allen Faltengebirgen wechseln daher Sattel-(Antiklinal-)Kämme mit isoklinalen und selbst synklinalen (Fig. 68, S. 397) ab[58]), aber ein näheres Studium des Querprofils lässt doch den ursprünglichen Faltenbau erkennen. Die Bergrücken entsprechen den Sätteln der Gesamtfaltung, die Senken zwischen ihnen den Faltenmulden. Ein auf diese Weise gebildetes Gebirge nennen wir ein einfaches Faltengebirge[59]). Je jünger es ist, um so mehr wird es die Eigenschaften des normalen Faltengebirges zeigen. Die Kämme sind ohne ausgebildetes Profil. Flache Kuppen, durch die Abtragung herausgearbeitet, pflegen die allgemeine Kammlinie in grosser Einförmigkeit nur um ein geringes zu überragen.

Die Faltengebirge sind sonach die Hauptvertreter der Kettengebirge (S. 375). Das typische Tal ist das durch tektonische Vorgänge

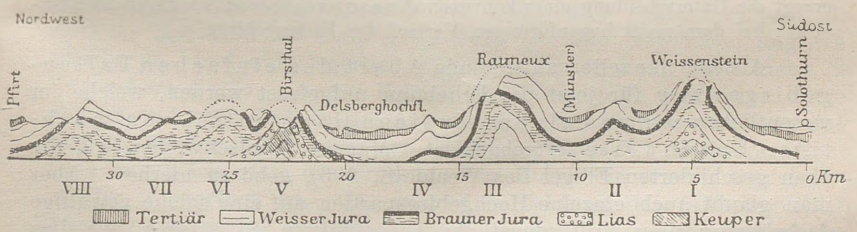
[56]) v. Richthofen in Pet. Mitt. 1873, 293. — [57]) In der Bezeichnung der Faltengebirge folgen wir zumeist den zweckmässigen Vorschlägen Supans. — [58]) Der Charakteristik Pencks, wonach jedes Faltengebirge aus einer starren, ungefalteten Scholle, aus der Faltenzone mit Faltenabfall gegen die starre Zone und aus der Austönungszone bestehen soll, wird man kaum zustimmen können. Jedenfalls gehört die erstere, eben weil sie nicht gefaltet ist, nicht zum Gebirge. [59]) Supan, Phys. Erdk. 1896, 467; 1911, 660; diese einfachen Faltengebirge entsprechen v. Richthofens homöomorphen, d. h. gleichförmigen oder reinen Faltengebirgen, also solchen, bei denen Faltung das durchaus herrschende Prinzip des Gebirgsbaues ist; Penck nennt sie monogenetisch.

vorgebildete Längstal, parallel dem Streichen der Schichten und mit breiter Sohle versehen (§ 169).

Nur selten beobachtet man für eine Reihe paralleler Falten den gleichen Grad der Schichtenstellung; steilere und schwach gewölbte stehende Falten wechseln mit schiefen, liegenden und selbst überkippten (S. 303) scheinbar regellos ab. Aber im allgemeinen geht durch die Faltung ein und desselben einfachen Faltengebirges ein gemeinsamer Grundzug; die Falten sind im Durchschnitt nach einer Seite steiler aufgerichtet oder überschoben. Dabei pflegen die steileren Falten überhaupt mehr einer Flanke des Gebirges anzugehören, während auf der entgegengesetzten die faltende Kraft gleichsam zu erlahmen scheint, sodass die Falten nach aussen schwächer und schwächer werden. Innerhalb einer solchen „Austönungszone", die sich oft im Tafelland verlieren kann, ist es immer schwierig, die Grenze für das Faltengebirge festzustellen.

Vergegenwärtigen wir uns diese Verhältnisse zunächst an dem Gebirge, das lange als klassisches Beispiel eines solchen einfachen Faltengebirges galt, wenn sich auch hier wieder wie bei allen Faltengebirgen der Bau verwickelter gezeigt hat, als es anfänglich schien[60]). Wir meinen den Französischen (oder Schweizer) Jura, von den Geologen kurzweg als Faltenjura oder Kettenjura, im Gegensatz zum Tafeljura bezeichnet. Schon ein Blick auf die Karte (Atlas, Taf. 24) lässt uns erkennen, dass die einzelne Falte, wie sie sich im Gebirgsrücken darstellt, sich niemals durch die ganze Länge des Gebirges, das zwischen Rhoneknie und Rheindurchbruch mehr als 300 km misst, erstreckt. Vielmehr schieben sich nordwärts weit kürzere Falten — deren längste etwa von halber Gesamterstreckung — kulissenartig hinter einander vor, sodass ein Querschnitt von den anderthalb hundert Einzelfalten, die man gezählt hat, kaum mehr als 8—10 treffen würde. (Fig. 69 in Verbindung mit Atl. Taf. 24.) Die Falten der Südostseite sind die steileren, zum Teil nach NW überliegenden, die Austönungszone befindet sich in

Fig. 69.



Profil durch den Berner Jura ca. 1 : 310 000 und in etwa dreifacher Ueberhöhung.

diesem Falle auf der Nordwestseite des Gebirges. Und da die Faltung sich auch noch im Relief ziemlich deutlich ausprägt, so kann man die Grenze des Faltenjuras im NW ganz gut verfolgen. Sie schneidet einerseits bei Porrentruy, andererseits im N des Hauenstein deutlich gegen den Tafeljura ab, während in der Rheinebene die Falten noch weiter nach N (bis Pfirt) vordringen[61]). Zugleich

---

[60]) Fr. Machaček, Der Schweizer Jura; Versuch einer geomorphol. Monographie. Pet. Mitt. Erg.-Heft 150, Gotha 1905, bes. Kap. V. — [61]) Nach Steinmann, Ber. d. naturf. Ges., Freiburg i. B. 1892, II, 150. S. das Kärtchen in Neumayrs Erdgeschichte I, 358, 1 : 1.000 000.

kann das Profil die Tatsache erläutern, dass das Juragebirge im Beginn der Tertiärzeit noch nicht existierte. Denn die mitteltertiären (mitteloligocänen) Meeressande, die jetzt isoliert das Becken von Delsberg und die südlichen Täler erfüllen, haben einst noch die Osthälfte des ganzen Gebirges bedeckt und sind, soweit sie nicht von den Bergrücken fortgewaschen sind, bei der Auffaltung mit gebogen.

Methodische Bemerkung. Die verwickelten und noch ungelösten Fragen über die ursächlichen Vorgänge der Gebirgsfaltung würden wir hier unbeachtet lassen können, wenn nicht gewisse Ausdrucksweisen angefangen hätten, sich auch in der geographischen Literatur einzubürgern, die nur vom Standpunkt ganz bestimmter, aber nicht allgemein angenommener theoretischer Anschauungen verständlich sind. Dazu gehört der Begriff der Vorder- und Rückseite eines Faltengebirges oder seines Vorlandes und Rücklandes. Es beruht auf der Wahrnehmung, dass in vielen solchen Gebirgen die Falten nach einer Seite überliegen, und auf der Hypothese, dass dies durch einen einseitig auf das Gebirge wirkenden Druck hervorgerufen sei[62]). Die Vorderseite würde hiernach dort zu sehen sein, wohin das Gebirge mit seinen überkippten Faltenzügen gleichsam „vorzudringen“ und benachbarte starre Schollen zu überwältigen scheint, wogegen das Rückland den Sitz der die Falten von hinten überschiebenden Druckkraft bezeichnen würde. Für den Kettenjura würde also die Burgundische Hochfläche das Vorland, die Schweizerische das Rückland bedeuten. Für die deutschen Alpen wäre die Oberdeutsche Hochfläche das Vorland, für das Himálayagebirge die Hindostanische Ebene etc. Die Vorstellung des einseitig wirkenden Druckes ist es, die bekämpft wird, da man noch keine Erklärung dafür besitzt, wie ein solcher zu stande kommt[63]) und andererseits die Vermutung solchen einseitigen Drucks, der wie z. B. die Karpaten vollständig beherrschen sollte, sich bei weiterer Untersuchung als irrig erwiesen hat. Denn gerade dort hat man nachgewiesen[64]), dass der seitliche Druck, welcher einzelne Zonen in Falten gelegt hat, zu verschiedenen Zeiten bald von Nord nach Süd, bald umgekehrt wirkte. Unter diesen Umständen empfiehlt es sich für uns, jene Ausdrücke in ähnlicher Weise zu vermeiden wie die der „Hebungen und Senkungen“ der Küsten, für welche man einen neutralen Audruck eingeführt hat (§ 135). Weniger Bedenken erregt die Unterscheidung einer konvexen Aussenseite und konkaven Innenseite bei dem meist bogenförmigen Verlauf der Faltengebirge.

Als eine nur selten auftretende Abart des einfachen Faltengebirges mag für jetzt die Erhebung aufgefasst werden, welche im wesentlichen nur aus einem einzigen Hauptsattel von mächtiger Spannweite aufgebaut ist. Manche Landschwellen, wie die oben geschilderten Flügel des Weald (S. 393), gehören hierher. Aber man glaubt auch einzelne Hochgebirgspartien auf eine solche gewaltige Aufwölbung eines Erdrindenstücks zurückführen zu müssen, wie dies z. B. von seiten der Amerikaner für das Uintah-Gebirge, welches das Wahsatch-Gebirge mit dem Felsengebirge verbindet (40° N. Br., Atl., Taf. 43), versucht ist. Da man dabei eine Beugung der Schichten wesentlich nur an den Flanken der Gebirge beobachtete, hat man sie als Flexurgebirge oder Sattelgebirge bezeichnet[65]).

[62]) Begründer und Hauptvertreter dieser Anschauungen vom einseitigen Druck ist E. Suess. S. bes. die Schrift „Entstehung der Alpen“ 1875. — [63]) S. z. B. Bittner, Ueber einige tektonische Begriffe etc. (Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, Wien 1887, 397—422). — [64]) V. Uhlig, Bau u. Bild der Karpaten (in Bau u. Bild Oesterreichs, Wien u. Leipz. 1903); Abschn. XII, Geol. Entwickelungsgesch. d. Karpaten. — [65]) Supan, Phys. Erdk. 1911, 658 ff.

2. Zusammengesetzte Faltengebirge[66]). So einfachen äusseren wie inneren Baues, wie er oben geschildert, sind schon die Gebirge nicht, welche wir soeben als einfache Faltengebirge bezeichneten, geschweige denn die grossen Kettengebirge der Erde. Vielmehr sind dieselben alle aus Zonen beträchtlich verschiedener Bildungen zusammengesetzt. Meist lässt sich eine vorwiegend aus krystallinischem Urgestein gebildete Kernzone den sie begleitenden Gürteln von gefaltetem Deckgebirge gegenüberstellen. Doch trifft man selten einen wirklich symmetrischen Bau an, wie es (in gewissem Sinn) bei den Ostalpen der Fall ist. In diesen kann man eine ausgesprochene Kernzone, aus Grundgebirgen bestehend, von einer nördlichen und südlichen Kalkalpenzone von annähernd gleicher Breite und Höhe (aber freilich vielfach ungleichem Bau) unterscheiden. Aehnlich bei den Pyrenäen, die gleichfalls ein symmetrisches Faltengebirge darstellen, wofür der Beweis der speziellen Landeskunde dieses Lehrbuchs vorbehalten werden muss.

Aber auch ohne solche Symmetrie, die in vielen Fällen erst durch nachträgliche Umgestaltungen des ursprünglich symmetrisch angelegten Faltengebirges zerstört ist, herrscht gürtelförmige Anordnung der einzelnen Erdrindenteile, welche die grossen Faltengebirge zusammensetzen, durchaus vor. Die krystallinischen Zonen wechseln wie beim Himálaya mehrfach mit vorherrschend sedimentären ab. Nun zeigt sich immer deutlicher, dass diese Zonen teils im ganzen, häufiger noch in ihren einzelnen Abschnitten eine wechselvolle Geschichte gehabt haben. Im allgemeinen pflegen die krystallinischen Zonen — nicht isoliert in der Breite, in der sie heute entblösst sind, sondern voraussichtlich mitsamt ihren Flanken unter der heutigen Sedimentdecke — bereits in älteren Perioden in Falten gelegt und zu Gebirgen aufgerichtet, dann wieder abgetragen und von neuem unter das Meer tauchend mit Sedimenten bedeckt zu sein. In späterer Zeit sind sie dann gleichzeitig mit den inzwischen ungleichförmig an- und aufgelagerten Schichten von neuem, aber meist in ungleichem Grade von der Faltung ergriffen, noch mächtiger aufgerichtet und eben deshalb der Abtragung wieder in höherem Grade ausgesetzt worden. Vom grössten Teil krystallinischer Kernzonen kann man annehmen, dass das Urgestein erst durch die erneute Denudation wieder blossgelegt ist. Ja, auch die Richtung der faltenden Kraft bleibt nicht immer dieselbe. Die Folge ist, dass Zerberstungen gewaltiger Rindenteile, horizontale wie vertikale Verschiebungen derselben längs grosser Brüche an der Umgestaltung jedes zusammengesetzten Faltengebirges mitarbeiten und damit nicht selten einzelne Partien einer erneuten Aufbiegung in Falten ganz entziehen.

So kommt es, dass wir in ein und demselben Gebirge hier die jüngsten angelagerten Steine noch in steile Falten aufgerichtet sehen — dies ist besonders am Nordrand der Schweizer Alpen mit den miocänen Molassefalten der Fall —, während an andern Stellen Schichten weit höheren Alters wie die Triaskalke

[66]) Supan, 1896, 469; 1911, 662 ff.; v. Richthofens heteromorphe, d. h. ungleichförmige, Pencks polygenetische Faltengebirge.

der Oesterreichischen Alpen weithin flachgelagert und in Schollen zerlegt sind, ohne dass sie an der tertiären Auffaltung nennenswerten Anteil genommen haben.

Als weitere Folge ergibt sich, dass die über ältere Gesteine abgelagerten Schichten selbst innerhalb der nämlichen Zone des Gebirges oft in sehr verschiedenes Niveau kommen, daher in einem Fall der rascheren Fortwaschung gänzlich anheimfallen, im andern durch ihre tiefere Lage davor teilweise bewahrt geblieben sind.

Die geologische Karte zeigt uns daher oft mitten in den krystallinischen Zonen Reste des einst weiter verbreiteten Deckgebirges, wie z. B. ein solches von mesozoischem Alter (Trias und Jura) in weiter Ausdehnung zwischen den Urgesteinsmassiven der Rätischen Alpen einerseits und dem Bernina, Ortler und Oetztaler Massiven andererseits (Atlas, Taf. 14) im sog. Senkungsfeld von Ostgraubünden gefunden wird.

Lange hat man allgemein angenommen, dass, wenn innerhalb der Faltengebirge ältere Schichten über jüngeren lagern, dies nur eine Folge vollständiger Ueberkippung mächtiger Falten sein könne (Fig. 65, S. 304). Oberhalb der Erdoberfläche suchte man einerseits durch Konstruktion der Luftsättel den Zusammenhang der mittlerweile in ihren Wölbungen zerstörten Falten wieder aufzufinden, andererseits unterirdisch sie bis zu ihren umgebogenen Wurzeln zu verfolgen. Man vermutete also durch Bohrungen auf den unterlagernden Flügel der überkippten Schicht zu kommen.

Wie sehr solche künstlichen Konstruktionen geologischer Profile zu Täuschungen führen können, hat sich bei Durchbohrung des Simplontunnels ergeben; der innere Verlauf der gefalteten Gesteine hat sich völlig anders gezeigt, als man ihn aus den Neigungen der aussen zutage tretenden Schichten und Massengesteine geschlossen hatte.

Auf Ueberschiebungen bis zu einem Vorstoss der überkippten Falten von 10, ja 15 km war man gelegentlich schon gestossen. Schwierigkeit bot diese Erklärungsweise immer dort, wo die Schichten, welche nach Alter und Bildungsweise d. h. nach dem Befund der Versteinerungen und petrographischer Zusammensetzung zueinander gehören, räumlich allzuweit voneinander entfernt waren und den Felsmassen etwas Fremdartiges oder Exotisches gaben.

So zeigen z. B. die sogenannten Schweizer Voralpen im Chablais und den Mittelalpen, d. h. die Kalkalpen nordwestlich einer Linie von etwa Cluses im Arvetal (Atlas, Taf. 24) bis zum Ostende des Thuner Sees, keine der eben genannten Beziehungen zu den benachbarten Juraketten, mit denen man sie früher im unterirdischen Zusammenhang unterhalb des Schweizer Hügellandes dachte. Und fremdartig erscheinen gewisse Klippenberge im der Umgebung des Vierwaldstätter Sees, wie vor allem die Mythen in O. von Schwyz insofern, als sie offenbar wurzellos als feste Jura- und Kreidekalke auf der Unterlage der sie zugleich umgebenden weichen (jüngern) Flyschschichten ruhen.

Unter den verschiedenen Erklärungsversuchen hat die Aufstellung der sog. Ueberfaltungstheorie oder der Theorie der Ueberdeckungsschollen sich vielfach Anhänger erworben, ist aber auch

nicht ohne starken Widerspruch geblieben [67]). Es handelt sich um eine, allerdings an die Phantasie starke Ansprüche machende Erweiterung der Lehre von den überkippten Falten. Danach sollen jene exotischen, nicht zu ihrer Umgebung passenden Kalkmassen Reste völlig überkippter Falten sein, welche durch horizontalen Schub von der Südseite der krystallinischen Hochalpen auf Entfernungen von 30, 40, ja 50 km herüber geschoben seien und zwar zu einer Zeit, in der diese letztern noch nicht von neuem zu der bedeutenden Höhe emporgefaltet und gehoben waren, in der wir sie jetzt finden. Indem durch eben diese spätere Erhebung die Wurzeln der überfalteten Schichten in höhere Regionen gelangten, wurden sie einer weit stärkern Abtragung ausgesetzt und z. T. ganz fortgewaschen, sodass ihre vorgeschobenen Enden, des Zusammenhangs beraubt, immer mehr als Klippen oder ganze Gebirgsstreifen wie eben jene Voralpen wurzellos erscheinen, d. h. als fremdartige Gebilde gegenüber ihrer Unterlage und Umgebung. Indem die gewaltigen Decken, welche einzelne Partien eines Gebirges weithin überlagern, auch Lücken zeigen, in denen das unterlagernde, autochthone, d. h. an Ort und Stelle gebildete Gebirge zutage tritt, spricht man von Fenstern im Bereich der Decken. Als solche werden z. B. die hohen Tauern von manchen Forschern angesehen [68]).

Ueberall, wo die Auffaltung dem Gebirgszuge noch den eigentlichen Charakter gegeben hat, wo Streichungsrichtung der Schichten der Hauptsache nach mit der Erhebungsrichtung der Einzelzüge übereinstimmt, wo ferner durch die begleitenden Vorgänge die ursprüngliche Anordnung in grosse Faltenzonen noch nicht völlig aufgehoben ist, diese letzteren noch den Hauptketten und -erhebungen entsprechen und demnach auch die für eine solche Anordnung typischen Längstäler deutlich in die Erscheinung treten, bleibt der Name des Faltengebirges gerechtfertigt.

Wie schon öfter hervorgehoben, gehören dieser Gattung des zusammengesetzten Faltengebirges alle unsere grossen Hochgebirge an, vor allem die zahlreichen Glieder der beiden Hauptgebirgsgürtel der Erde, des Eurasischen wie des

---

[67]) Ueber diese etwa um 1898 auftauchenden Anschauungen vergl. u. a. H. Schardt, Die exotischen Gebiete, Klippen und Blöcke am Nordrande der Schweizer Alpen, Lausanne 1898, und M. Lugeon, Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse; (Bull. Soc. géolog. de France, 1901). Eine übersichtliche, durch zahlreiche Abbildungen und Profile erläuterte Darstellung gerade dieser neuen Auffassungen gab G. Steinmann, Geolog. Probleme in den Alpen, Zeitschr. d. D. u. Österr. Alpenvereins 37, 1906, 1—44. Daselbst auf S. 29 die Profile durch den Simplon nach älterer und neuerer Anschauung. S. Passarge (Physiol. Morphol. 1912, 197) reiht den symmetrischen und asymmetrischen Gattungen der Faltengebirge eine dritte als Ueberschiebungsfaltengebirge an. Gegen die Ausdehnung der Ueberdeckungsschollen-Theorie auf die Ostalpen haben sich österreichische Geologen bisher meist ablehnend verhalten. Vergl. u. a. C. Diener in Pet. Mitt. 1907, Lit.-Ber. 49; J. Frech, Ueber den Gebirgsbau der Alpen, Pet. Mitt. 1908, 224 ff. Auch die Italiener erkennen die Theorie für die Apenninen nicht an. Vergl. Th. Fischer, Pet. Mitt. 1908, 164 ff. — [68]) Vergl. Ed. Suess, der im letzten Bande des Antlitz der Erde (III 2, 1909) ganz der Deckentheorie sich anschliesst. Vergl. Abschn. 13 u. 14 d. Alpen, bes. S. 189 ff.: „die Tauern sind ein Körper, der mit lepontischer Umrandung unter den Ostalpen (als Fenster) hervortritt".

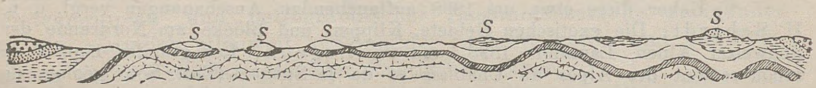
Amerikanischen. Aber auch ausserhalb derselben ist sie in dem Ural und den Alleghanies vertreten, die wir jedoch als weitaus ältere, bereits zu Mittelgebirgen abgetragene jenen jungen, hauptsächlich in der Tertiärzeit von neuem mächtig aufgefalteten und daher noch vielfach den Hochgebirgscharakter tragenden Gebirgen gegenüberstellen.

3. Einseitig gebrochene Faltengebirge. Betrachten wir die genauer untersuchten bogenförmigen Faltengebirge Südeuropas, so tritt uns die Tatsache deutlich vor Augen, dass die konkaven inneren Zonen bereits gewaltige Zerstörungen durch Einbrüche erlitten haben und daher teilweise oder ganz verschwunden sind. An ihre Stelle traten häufig vulkanische Ergüsse, welche, wie wir vermuten, der Auflockerung der Erdrinde an dieser gebrochenen Seite ihr Entstehen verdanken.

Bei den Westalpen fehlt die innere Zone der Kalkalpen, bei den Ostalpen ist sie durch grosse Verwerfungen gegliedert, und die jungen vulkanischen Erscheinungen treten in den Lessinischen Alpen, sowie den Monti Berici und Euganei neben den jungtertiären Sedimenten auf (Atlas, Taf. 23). In den Karpaten ist das Westende der krystallinischen Kernzone bereits unter der Ungarischen Tiefebene versenkt und nur noch in Resten vorhanden, sie fehlt im Quellgebiet der Theiss und tritt erst in Siebenbürgen wieder auf. Dagegen breiten sich längs dieses Innenrandes des Gebirges Decken jungeruptiver Gesteine aus (Taf. 14). Ja in den Apenninen ist die gesamte Innenzone in die Tiefe gesunken, die krystallinische nur noch in einzelnen getrennten Resten vorhanden (wie in den Apuanischen Alpen nördlich von Pisa (Atlas, Tafel 23), dem Toskanischen Hügelland, dem Kap Circello etc., den Kalabrischen Gebirgsmassiven). Die Stelle jenes ehemals zusammenhängenden Gürtels nehmen jetzt z. T. weit ausgebreitete vulkanische Aufschüttungen ein, die höchsten Erhebungen des Gebirges (Gran Sasso u. a.) sind auf die äusserste Sedimentzone gerückt.

4. Die alten abgeflachten Faltengebirge oder Rumpfgebirge. Die Gebirgsfaltung hat, wie wir wissen, in allen Zeitaltern stattgefunden, wenn auch vielleicht in einzelnen Perioden (S. 356 und 358) in erhöhtem Masse. Es gibt aber Gebirge, in denen eine jüngere Auffaltung nicht nachweisbar ist. Sie erweisen sich schon

Fig. 70.



Geol. Profil durch die Alleghanies nordwestlich von Harrisburg (nach Rogers[69]).

durch die Abwesenheit jüngerer Bedeckungen als ältere Gebilde, sie zeigen teils mesozoische Schichten (Ural), teils nur paläozoische (Alleghanies) an ihrer Oberfläche. Die von aussen wirkenden, die Erhebungen wieder zerstörenden Kräfte haben in diesem Falle, unbehindert durch spätere Wiederauffaltung, ihre Wirksamkeit durch unendliche Zeiträume

[69]) S. B. Willis, The mechanics of Appalachian structure in XIII. Ann. Rep. of the U. S. Geol. Survey, Wash. 1893, Taf. LVI.

entfalten können. Die Folge ist eine starke Abtragung aller Faltensättel, beträchtliche Verminderung des Abstandes von Gipfel- und Sockelniveau und damit ein Ausgleichen der Kammlinie. So kommen die verschiedensten geologischen Horizonte an die Oberfläche und zum Teil in gleiches Niveau. Bezeichnend ist, wie oft die Gebirgskämme der Ketten alsdann von den im allgemeinen härteren (S. 304) Synklinalfalten gebildet werden, die ursprünglich in der Tiefe der Muldentäler gelegen haben müssen (*S* in Fig. 70). Solange solche im Rumpf erhaltenen Gebirge daneben noch die Anordnung in parallele Ketten und das typische Längstal beibehalten haben, bekunden sie aufs deutlichste ihre nahe Verwandtschaft zu den Faltengebirgen.

Das Hauptbeispiel eines solchen alten, stark abgeflachten Faltengebirges, in dem trotz mannigfacher Umgestaltung, auch durch Brüche, die Richtung der Ketten und grossen Längstäler noch der nordöstlichen Streichungsrichtung der Schichten entspricht, bieten uns die Alleghanies Nordamerikas (Fig 70).

§ 163. Leitlinien der Faltenzüge. Nur selten begegnen wir auf der Erdoberfläche Faltengebirgen von streng geradliniger Erstreckung — Pyrenäen und Kaukasus sind die wichtigsten Vertreter dieser Gattung. Weitaus die meisten haben, wie angedeutet, einen bogenartigen Verlauf, ohne dass man die Ursache dieser Erscheinung schon erkannt hätte. Was aber besonders beachtenswert, das ist die Neigung zu starken Biegungen am Ende einzelner Faltenzonen. Teils wird hierdurch ein fast ununterbrochener Zusammenhang, eine Vermittelung zwischen Gebirgen selbst entgegengesetzter Streichungsrichtuug hergestellt, die sich damit zu grossen die Kontinente durchlaufenden Faltenzügen oder Gebirgssystemen vereinigen. Teils stellt ein rutenförmiges Auseinanderweichen der Einzelketten (eine Virgation) am Ende mancher Kettengebirge eine gewisse Verbindung zwischen weit von einander entfernten, parallelen Faltenzügen her. Diesen Leitlinien grosser Faltenzüge nachzuspüren, um ihnen nach weiter Unterbrechung wieder und wieder ein Glied einzufügen, hat einen besonderen Reiz. Es fehlt uns aber noch viel an der richtigen Erkenntnis des inneren Baues der meisten Faltengebirge, um die Leitlinien schon überall verbürgen zu können.

Die rutenförmige Ausstrahlung der Einzelketten von Faltengebirgen tritt schon klar bei den Ostalpen in die Erscheinung, wo die nördlichen Falten zu den Karpaten, die südlichen zu den dinarischen Alpen hinüberleiten. Deutlich lässt sich die Umbiegung nach Ost am Nord- und Südende der Anden von Südamerika verfolgen [70]), sowie die schon unter dem 30° S. Br. beginnende rutenförmige Abzweigung einzelner sich stärker umbiegender Ketten (Sierra de Córdova und Höhenzüge südlich von Buenos Aires. Atlas, Taf. 44). Wirbelförmig sind die Leitlinien der südeuropäischen Gebirge [71]). Von den Alpen zweigt sich im Norden des Golfes von Genua der Apennin ab, biegt sich in Süditalien bezw. Sizilien immer mehr nach West und leitet so zum Atlassystem hinüber, dessen Innenseite dem Mittelmeer zugekehrt ist. Am Westende führt eine zweite Biegung im Halbkreis nur durch den Einbruch der Meerenge von Gibraltar unterbrochen derart zum westlichen Ausläufer der Sierra Nevada, dass die Innenseite dieses Ge-

[70]) Ed. Suess, Antlitz der Erde I, 663. — [71]) Daselbst I, 285 ff.

birges wiederum dem Iberischen Meer zugewandt ist. In ähnlicher Weise schwenken die sich von den südöstlichen Alpen abzweigenden Illyrischen Alpen nach Südosten ab, durchziehen den Westen der Balkanhalbinsel bis zum Peloponnes und scheinen über Kreta längs der Westküste Kleinasiens nordwärts umzubiegen [72]). Dort legt sich der taurische Bogen an, der nun den Süden Kleinasiens durchzieht, um am Südrand Armeniens in die taurischen Ketten umzubiegen und die Randgebirge Irans fortzusetzen. So nähern sich die Faltenzüge bald einander — es findet eine Scharung, ein engeres Aneinanderschliessen statt —, bald weichen sie auseinander, weite Hochflächen oder auch tiefe Einsturzbecken (Aegäisches Meer, Thyrrhenisches Meer etc.) zwischen sich lassend, sodass sie in guirlandenförmiger Anordnung innerhalb des Eurasischen Gebirgsgürtels erscheinen.

§ 164. Schollengebirge. Das Wesen einer Bruchlinie im Erdreich und der Verschiebung von Erdrindenteilen längs solcher Verwerfungen ist früher geschildert (§ 130). Immer mehr bricht sich die Erkenntnis Bahn, dass für grosse Regionen der Erde die Bruchbildung eine viel wesentlichere Ursache der Umgestaltung der Erdoberflächenformen ist, als man früher annahm. Allerdings scheinen weite Gegenden seit langem den Charakter völlig starrer Schollen angenommen zu haben, in anderen hat aber die Bruchbildung niemals geruht, selbst in den jüngsten Zeitaltern nicht. Sie fehlt selbst nicht im jugendlichen Aufschüttungsboden, wo freilich Verwerfungsfugen und -Absätze rasch durch die lockere Deckschicht verwischt werden. Sie haben sich daher häufig ihrer Feststellung lange entzogen, bis eine erneute Prüfung ihre Spuren aufdeckte.

1. Niveauunterschiede von beträchtlicherem Masse, sodass wir von Gebirgsabfällen reden können, werden bei der Bruchbildung immer nur entstehen, wenn ein grösseres Erdrindenstück dabei in Bewegung gerät. Nach unseren neueren Anschauungen ist die Abwärtsbewegung einer sinkenden Scholle die hauptsächlichste Ursache. Nicht notwendig braucht sich dieselbe ringsum durch Brüche von ihrer Umgebung zu lösen; es kann auch durch Beugungen, sog. Flexuren (S. 304) geschehen. Wie dem auch sei, das Stück, von dem jene sich losgelöst hat — es mag kurzweg als stehengebliebene Scholle (der „hangende Flügel") bezeichnet werden —, tritt uns fortan als Vollform, als Gebirgserhebung entgegen. Leicht ergeben sich danach die beiden Hauptarten von Bruchgebirgen, das Schollenrandgebirge und das Horstgebirge.

Schollenrandgebirge [73]). Im ersten Fall kommt als Gebirgserhebung nur der Gebirgsabfall längs der gesenkten Scholle in Betracht. Die Landstufe, soweit sie durch den Abbruch einer Scholle erzeugt ist, gehört hierher, bedarf aber kaum erneuter Erörterung (§ 159). Hat der Bruch ein bereits geneigtes Erdrindenstück betroffen, oder ist, wie dies wohl häufig geschehen sein mag, während des Vorgangs dieser Gebirgsbildung die stehengebliebene Scholle in eine geneigte Lage gekommen, so haben wir es mit einer Keilscholle zu tun. Gebirgscharakter wird sie aber nur am Schollenrand besitzen, sich

[72]) Ed. Suess III1, 1901, 411. — [73]) v. Richthofen, Führer, 655.

also von der Stufe nur durch die geneigte Rückenfläche der Scholle und die etwas schärfer ausgeprägte Kammlinie längs dem First des Schollenrandes auszeichnen. Mehr oder weniger parallele Flusstäler auf der schwach geneigten Abdachung, kurze in die Kammlinie rückgreifende Rinnsale am Steilrand, dessen Gewässer ein dem Gebirgsfuss entlang ziehender Fluss aufnimmt, sind die Begleiter der Keilscholle.

Von diesem Standpunkt ist das Sächsische Erzgebirge ein gutes Beispiel eines solchen Schollenrandgebirges, sobald man diesen Namen mehr auf die orographische Einheit des schmalen Grenzgebirges zwischen Sachsen und Böhmen beschränkt und nicht auf die geognostische Einheit einer Rumpfscholle (s. u.) ausdehnt. Im Norden das senkrecht zur Kammlinie abfliessende Talsystem der Mulde, die ihre parallelen Quellflüsse erst in der Ebene vereinigt, nach Süden die 6—800 m tiefer gelegene Senke, von Eger und Biela in Längstälern durchströmt und mit jungtertiären, unmittelbar auf dem tiefgesenkten Gneis ruhenden Ablagerungen bedeckt.

Horstgebirge[74]). Auf den Begriff des Horstgebirges ist früher schon hingewiesen (S. 302 und Fig. 63). Es setzt im Grunde einen allseitigen, durch Bruchlinien bewirkten Gebirgsabfall voraus; der Name scheint indessen auch gerechtfertigt, wenn der grösste Teil der Umfassungslinien eines Gebirges auf solche Vorgänge zurückzuführen ist. Ob nun in diesen Fällen die formgebenden Niveauunterschiede nicht teilweise auch durch eine Emporpressung des Horstes bewirkt sind, wie manche annehmen, entzieht sich bis jetzt noch der Entscheidung.

Ob der Harz, den man längere Zeit als Vorbild eines Horstes anzusehen geneigt war, wirklich als solcher zu gelten hat, erscheint nach den neueren Untersuchungen, die jüngere Auffaltungen nachgewiesen haben, doch fraglich. Die Horstnatur der Zwillingsbildungen Vogesen und Schwarzwald tritt auch nicht deutlich in die Erscheinung; ausgeprägte Bruchlinien begrenzen beide Gebirge nur nach der Rheinseite, während die Aussenränder mehr durch Abtragungsstufen der flachabfallenden Deckschichten gebildet zu werden scheinen[75]).

Systeme der Bruchlinien. Es ist nun wichtig, darauf hinzuweisen, dass ebenso wie weite Landstriche von derselben Richtung der Auffaltung ergriffen sind, so auch die zahlreichen Bruchlinien, die ein echtes Schollenland durchziehen, immer deutlicher sich in gewisse Systeme ordnen lassen, bei denen eine Hauptrichtung vorherrscht. Sie treten freilich, weil sie sich mehrfach kreuzen, weniger klar in die Erscheinung wie die stetigen oder nur allmählich sich umbiegenden Faltungsrichtungen, aber weil sie die heutigen Umrisse der Gebirgserhebungen im Schollenland hauptsächlich bedingt haben, so lassen sie sich doch in vielen Fällen von der Karte ablesen. Die erweiterte Forschung hat auch die Talstreckenbildung in manchen Ländern in engen Zusammenhang mit diesen Systemen von Bruchlinien zu bringen gewusst.

---

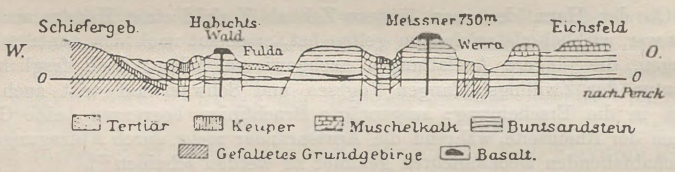
[74]) v. Richthofen, Führer, 655. — [75]) H. Eck in Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1891, S. 248. Vergl. auch Penck II, 360.

Auf diese Weise ist die am Anfang des 19. Jahrhunderts von L. v. Buch aufgestellte Dreigliederung der deutschen Gebirge nach ihrer Erhebungsrichtung in anderer Gestalt wieder aufgelebt infolge der Erkenntnis, dass hauptsächlich drei Richtungen von Bruchlinien das deutsche Schollenland durchsetzen und sowohl die Umrisse der Gebirge als den Verlauf zahlreicher Talsenken bedingen: das niederländische System, nordöstlich (bis ostnordöstlich) gerichtet, im Hunsrück und Taunus wie im Erzgebirge vertreten, das rheinische, in den Begleitern des oberrheinischen Tieflandes mit Nordnordostrichtung erkennbar, und das herzynische, nordwestlich gerichtet, wie es Harz und Sudeten, Böhmer und Thüringer Wald zeigen. — In gleicher Weise sind es z. B. meridionale Bruchlinien, die das Plateau von Utah im westlichen Nordamerika durchsetzen.

2. Deutliche Unterschiede müssen sich daher ergeben, je nachdem ein Tafelland, ein Faltengebirge oder das Gebiet eines Gebirgsrumpfes von solchen Brüchen erreicht wird. Man wird daher nach diesen Gesichtspunkten drei Arten von Schollengebirgen unterscheiden dürfen [76]).

Die Tafelschollengebirge (Tafelgebirge) treten in der Form von Schichtstufengebirgen und Tafelhorsten in vielen Tafelländern mit mehr oder weniger wagerechtem Schichtenbau auf. Beide unterscheiden sich wenig von den entsprechenden Formen des Erosionsgebirges (§ 161), nur dass die erodierende Kraft der fliessenden Gewässer durch die grossen Vertikalunterschiede wirksamer gemacht ist und den Bildungen eine reichere Ausgestaltung gibt.

Fig. 71.



Geolog. Profil durch das nordhessische Bergland. Massstab 1 : 1.250000 in 10facher Ueberhöhung [77]).

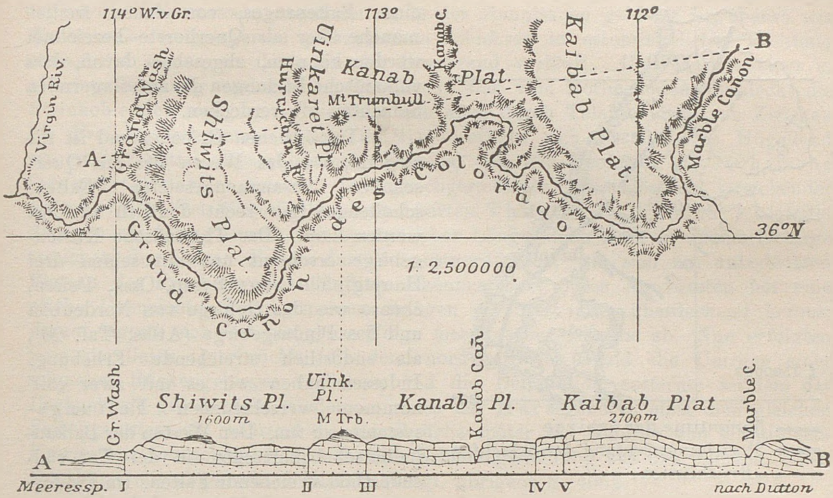
Das hessische Bergland, ursprünglich ein Sandsteinplateau, verdankt seine mannigfaltige vertikale Gliederung, abgesehen von den Durchbrüchen zahlreicher Basaltkegel und -decken dem Zusammenwirken von Längs- und Querbrüchen und besteht daher jetzt aus vielen kleinen Tafelschollen von recht verschiedener Höhe, die zum Teil durch Basaltdecken (Meissner) vor der Abtragung bewahrt blieben (Fig. 71 in Verbindung mit Atlas, Taf. 21).

In grossartigem Masse ist das Koloradoplateau durch meridional verlaufende Verwerfungen in Tafelschollen zerlegt, die gegenseitig um 1000 m und mehr verschoben sind, wie dies Fig. 72 andeutet. Die

[76]) Die von Supan durchgeführte Unterscheidung in Tafelschollen-, Faltenschollen- und Rumpfschollengebirge erscheint mir zweckmässiger als diejenige Pencks in Deckschollen- und Grundschollengebirge. — [77]) Penck, Das Deutsche Reich, 1887, S. 320.

Einzelschollen sind zu breit, um als Gebirge zu gelten, wohl aber sind sie mit mächtigen Erosionsstufen umkränzt (S. 393) und bedeckt.

Fig. 72.



Geolog. Profil durch das Koloradoplateau [78]).

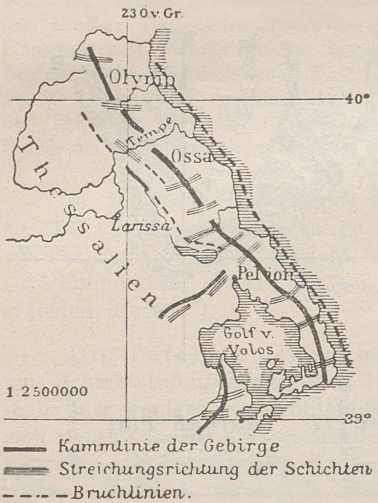
Faltenschollengebirge. Wird ein Faltengebirge durch Brüche in Schollen zerlegt, so bedingt die Richtung der Verwerfungen im Verhältnis zur Streichungsrichtung die Scheidung von Längs- und Querschollen, die bei Tafelschollen nicht notwendig ist. Jede Faltenscholle, in der die Erhebungsrichtung mit der Streichungsrichtung übereinstimmt, wird als Längsscholle (Längshorst), jede solche, bei welcher sich beide schneiden, als Querscholle oder Schrägscholle (Diagonalscholle) bezeichnet werden müssen. Wird nun ein Faltensystem von Quer- (oder Schräg-) Brüchen derart betroffen, dass durch Absinken von Zwischenschollen einzelne Stücke jener Falten als isolierte Erhebungen stehen bleiben, so bilden sich Faltenschollengebirge. In der Form kleiner Längsschollen treten sie wie Inseln häufig dort aus dem Flachland auf, wo grössere Faltengebirge durch Querbrüche ihr Ende erreichen, wie z. B. am Fuss der Ostalpen (Leithagebirge, Bakony Wald). In ihrer reihenförmigen Anordnung lassen sie trotz grosser Zwischenräume zuweilen die ehemalige Ausdehnung grosser Kettengebirge noch weithin ins Flachland oder über Inselreihen verfolgen. Auf die angedeutete Weise können Faltensysteme vollkommen in Erhebungsfolgen aufgelöst werden.

---

[78]) Karte nach Petermann, Stielers Handatlas, Taf. 58; Das überhöhte Profil nach Dutton, Tert. Hist. of the Gr. Cañon District, Wash. 1882, Pl. 2 (Anm. 53).

Wir erinnern an die Erhebungen krystallinischen Gesteins, welche im bogenförmigen Verlauf die argentinischen Pampas durchziehen und als Fortsetzung der östlichen Andenkette anzusehen sind (S. 403). Der Kranz der kleinen Antillen bildet eine Folge kleiner Schollen eines Faltenzuges, von denen freilich manche eher als Querhorste bezeichnet werden könnten, abgesehen davon, dass vulkanische Bildungen die unterlagernden Schichten oft verdecken.

Fig. 73.



Im östlichen Griechenland ist die Gegend, wo das Wesen des aus Querschollen zusammengesetzten Faltenschollengebirges recht deutlich verfolgt werden kann. Das Thessalische Küstengebirge erscheint uns mit seinen drei Hauptgipfeln von Olymp, Ossa, Pelion, ebenso wie das Gebirge von Nordeuböa und das Pindusgebirge (Atlas, Taf. 26), als südöstlich streichende Erhebung. Indessen haben wir es mit zwei vollkommen verschiedenen Faltungssystemen zu tun. Den Westen der Balkanhalbinsel beherrschen in der Tat südsüdöstlich streichende Falten. Im Pindussystem stimmt Gebirgs- und Streichungsrichtung überein. Den Osten Griechenlands erreicht dagegen ein älteres von Kleinasien herüber streichendes ostwestliches System zahlreicher paralleler Falten. Diesen gehören die Längsschollen des Othrys, Oeta und der Gebirge an, die Böotien von Attika trennen; in diesen verläuft auch die Kammlinie westöstlich. Aber längs der Küste haben parallele Bruchlinien das Thessalische Küstengebirge aus einer grossen Zahl von kurzen Querschollen des alten Faltengebirges zusammengeschweisst. Die Kammlinie ist nunmehr (Fig. 73) der Richtung des Faltenstreichens schnurstracks zuwider und läuft über Faltensättel und -mulden hin[79]).

Rumpfschollengebirge oder Rumpfhorste. Von dem zuletzt beschriebenen Fall unterscheidet sich ein Rumpfhorst nur dadurch, dass ein Stück alten Faltenlandes, das aber durch Abtragung bereits seines Gebirgscharakters entkleidet war, durch Brüche neue Umrisse erhält und in ein anderes Niveau zur Umgebung gebracht wird. Setzen wir auch hier den Verlauf der massgebenden Bruchlinien zum Faltungssystem der Schichten in Beziehung, so lassen sich Beispiele aller Arten von Schollengebirgen unschwer erkennen. Im allgemeinen mehr in der Form von Massiven (S. 375) auftretend, zeigen sie mitunter die deutlichsten Formen eines Rücken-, seltener eines Kettengebirges. Als gemeinsame Kennzeichen ergeben sich dabei geringer Unterschied der Gipfelhöhen, eine Oberfläche vorherrschend von Plateaucharakter mit flachgewölbten Kuppen und einförmigen Rücken, Talsysteme ohne ausgesprochene Richtung, oft widersinnig zur Schichtenfaltung. Das Durchbruchstal (§ 170) ist typisch für diese Rumpf-

[79]) S. Bittner, Burgerstein, Neumayr u. Feller in Denkschr. d. Wiener Akad. d. Wiss., Math.-nat. Kl., Bd. 40, 1880, daraus Fig. 78.

schollengebirge, und wo die Seitentäler die Längsrichtung annehmen, sind sie nicht so breitsohlig wie die tektonischen Täler der Faltengebirge.

Die deutschen Mittelgebirge gehören grösstenteils den Rumpfschollengebirgen an. Das Erzgebirge vertritt die Form einer schräggestellten Längsscholle, indem die Gneismassen, aus denen es in der Hauptsache gebildet ist, ebenso wie die teilweise aufgelagerten paläozoischen Schichten in ostnordöstlicher Richtung aufgefaltet waren, in der auch der Bruchrand verläuft. Und jenseits einer in gleicher Richtung verlaufenden Mulde, in der vom Rotliegenden überdeckt die Steinkohle sich ablagert, — sie lässt sich auch durch Talabschnitte von Zwickau bis Freiberg erkennen (Atlas, Taf. 21) — erhebt sich als niedriges Hügelland ein zweiter Sattel krystallinischen Gesteins, von den Geologen das sächsische Granulitgebirge genannt, mit gleichgerichteter ostnordöstlich streichender Faltung[80]). — Den Südabfall des benachbarten Thüringer Waldes[81]) begleitet dagegen ein Querbruch von erstaunlicher Länge, denn auch in diesem Gebirge streichen die älteren Falten durchaus ostnordöstlich, wie sich am unbedeckten Plateau des Frankenwaldes deutlich erkennen lässt. Der Nordwesten hat eine reiche Geschichte, Porphyrmassen drangen dort fast alles überdeckend hervor, darauf lagerte sich fast die ganze Folge mesozoischer Gesteine ab. Nun erfolgten jene parallelen Querbrüche, die dem nordwestlichen Wald die Umrisse eines schmalen Rückengebirges verliehen, und die Denudation entfernte seitdem das Deckgebirge grösstenteils wieder. — Auch der Harz gehörte einst dem gleichen Faltungssystem an, während die Randbrüche später ein Gebirge von elliptischem Umriss mit westnordwestlich ziehender Erhebungsrichtung aus ihm bildeten, einen Querhorst mit abgeflachten Gipfeln (vergl. übrigens S. 405).

§ 165. Vulkanische Gebirge. Nachdem früher (§ 134) die Einzelformen vulkanischer Erhebungen besprochen sind, gilt es jetzt Vorkommen und Verbreitung der Vulkanberge kurz zu erörtern. Das erstere ist an keine Höhenstufe gebunden, sie treten ebenso als wenig bemerkbare Erhebungen wie als gewaltige Bergmassen auf. Sie sitzen auf dem Kamm der Gebirge wie auf zwischengelagerten Hochebenen. Vielfach überragen sie den Kamm der Hochgebirge. Aber als aufgeschüttete Massen darf für sie nicht schlankweg die absolute Höhe des Gipfels in Rechnung gezogen werden, sondern eigentlich nur die Erhebung über dem Niveau des durchbrochenen Erdreichs.

Von diesem Standpunkt kennen wir zur Zeit kaum höhere Vulkanberge als solche von rund 5000 m. Dazu gehört u. a. der sich unmittelbar am Meeresstrand erhebende Kliutschewskaja Sopka in Kamtschatka (4800 m) und der Kilimandscharo in Ostafrika, der sich auf einer Hochfläche von etwa 1200 m bis zu 6000 m (absolut) erhebt. Uebrigens wechselt bei dem unsichern Stand von Kraterrand und Aschenkegel die Gipfelhöhe tätiger Vulkane rasch, wie z. B. die des Vesuvs seit hundert Jahren zwischen 1100 m und 1300 m schwankte.

Gesellig können kleinere Vulkankuppen und -kegel als Kleinformen einer Landschaft einen eigentümlichen Charakter verleihen (Eifel, die Puys in der nördlichen Auvergne); zu Vulkangebirgen kommt es erst bei enggeschlossenem Auftreten.

---

[80]) H. Credner, Das erzgebirgische Faltensystem, Vortrag, Dresden 1883. — [81]) Proeschold, Der Thüringer Wald und seine Umgebung, Stuttg. 1891 (Forsch. z. deutschen Landes-Volkskunde V, Heft 6).

Ein vulkanisches Kuppengebirge von kleinstem Umfang ist das Siebengebirge am Rhein; zu einem solchen von ungemein unruhigem Oberflächenbau hat die Erosion das Böhmische Mittelgebirge umgestaltet, bei dem Basalte, Trachyte und Tuffe wohl einst mehr von Kreidesandsteinen bedeckt gewesen sind. Ein Kammgebirge von beträchtlicher Länge stellen die Trachytmassen der Hargita in Siebenbürgen im Quellgebiet der Maros und Aluta, an der die beiden Kokel entspringen, dar (Tafel 25 b).

Eine zuverlässige Statistik aller in historischer Zeit tätigen Vulkane gibt es zur Zeit nicht; auch die Zahl von 415 Vulkanen [82]), für welche innerhalb der letzten Jahrhunderte Ausbrüche nachgewiesen sein sollen, dürfte zu niedrig gegriffen sein. Es ist auch im Einzelfall schwierig, einen Vulkan für vollkommen erloschen zu erklären; ebenso überhaupt die Individualität des Einzelvulkans festzustellen. Man hat deshalb versucht, den letztern Begriff durch „Eruptionszentrum" zu ersetzen [83]). Doch fehlt es noch viel zu sehr an genauern Durchforschungen der meisten Verbreitungsgebiete, um eine bestimmte Zahl der als erloschen geltenden Vulkanberge verbürgen zu können. Sicher ist sie weit grösser als die der in jüngsten Zeiten tätigen [84]).

Wenn nach obiger Angabe allein 328 auf die Umsäumung des Grossen Ozeans entfallen, so ist dies ein Beweis für den engen Zusammenhang, in welchem der Faltengürtel der pazifischen Gestade mit dem Vulkanismus steht. Im allgemeinen reihenförmig gruppiert, wenn auch keineswegs strenglinear innerhalb der Einzelgruppe, lassen sich die tätigen oder noch wohl erhaltenen Vulkane auf den australischen und asiatischen Inselkränzen von Neuseeland bis nach Kamtschatka und den Alëuten — auch die Marianen rechnen wir hier ein — fast in ununterbrochener Folge erkennen. Am reichsten dürften sie sich auf dem äussern Kranz der Sundainseln auftürmen, da man in Sumatra und Java deren einschliesslich der erloschenen je mehr als hundert nachgewiesen hat. Geringer scheint ihre Zahl auf dem Westrand von Nordamerika zu sein. Grössere Lücken finden sich hier zwischen dem Vorkommen kürzerer Reihen. Erst in Mexiko beginnt das gesellige Auftreten von neuem, um sich dann, wieder durch weite Lücken vulkanloser Gebiete getrennt, in Zentralamerika (13 ° — 9 ° N. Br.) und wieder nahe dem Aequator in Colombia und Ecuador (5 ° N. — 3 ° S.) fortzusetzen. Unweit des Titicacasees beginnt dann eine neue Reihe [85]),

---

[82]) G. Mercalli, I vulcani attivi della terra, Milano 1907. Vergl. d. Auszug aus der Tabelle in geogr. Anordnung bei Supan, Phys. Erdk. 1911, 339. Mercalli nimmt 213 seit 1800 tätige Vulkane an. — [83]) A. Stübel, Ueber die Verbreitung der hauptsächlichsten Eruptionszentren und der sie kennzeichnenden Vulkanberge in Südamerika. Pet. geogr. Mitt. 1902, 1. M. Karte (Anm. 85). — [84]) Begreiflicher Weise lässt sich auf Uebersichtskarten der ganzen Erde der Reichtum an vulkanischen Erhebungen innerhalb der Einzelgruppen nicht entfernt darstellen. Sie können nur ein allgemeines Bild geben. Vergl. Berghaus, Physik. Atlas Abt. I, Taf. 3, 1888, 1:90000000. Auf C. Wägler, Die geogr. Verbreitung der Vulkane (Mitt. d. Vereins f. Erdk., Leipzig 1900, mit 2 Planigloben im mittl. Massstab 1:31000000), wird nur wegen der Karten verwiesen; der Text ist flüchtig und zeigt den Verfasser der Aufgabe nicht gewachsen. — [85]) A. Stübel (vergl. Anm. 83) unterschied noch 1902 ein völlig getrenntes peruanisch-bolivianisches Vulkangebiet (16 ° — 26 ° S.) von einem mittelchilenischen

die nach den neueren Untersuchungen nun kaum mehr eine grössere Unterbrechung erfährt bis zur Südspitze des Kontinents, sodass es ziemlich willkürlich erscheint, hier von einem besondern peruanisch-bolivianischen, chilenisch-argentinischen und patagonischen Vulkangebiete zu sprechen.

Die Vulkane fehlen dagegen fast ganz an den Schollenküsten des Atlantischen und Indischen Ozeans, treten aber auf den ihnen zugekehrten, in Inselkränze zerstückelten Faltengebirgen, wie auf den kleinen Antillen in Westindien und, wie schon erwähnt, auf den grossen Sundainseln wieder auf. Innerhalb des Eurasischen Faltengürtels erscheinen Vulkanbildungen seltener, doch fehlen sie dem westlichen Zweige keineswegs und sind auch hier meist in Gruppen vereinigt. Sehen wir von dem mehr sporadischen Auftreten am Innenrand der südspanischen Kordillere und des Atlas ab, so folgt dem mächtigen Vulkangebiet längs der Thyrrhenischen Küste Italiens — der Etna steht schon ausserhalb des inneren Bruchrandes — dasjenige der griechischen Kykladen; an das kleinasiatische schliesst sich das reich ausgebildete Armeniens. Kaukasus und Elburs besitzen deren, während sie im Himálaja bisher nicht nachgewiesen sind. Sie fehlen nicht am Bruchrand der Südalpen und Karpaten und treten sporadisch im Bereich des westeuropäischen Schollenlandes (Auvergne, Eifel, Nordböhmen etc.) auf. Vor allem machen sie sich längs des grossen ostafrikanischen Grabens inmitten des heutigen Kontinents geltend und fehlen nicht im Gebiet seiner nördlichen Verlängerung längs des syrischen Grabens und im Nordwesten Arabiens. Auch in Westafrika treten sie vereinzelt auf. Ein solches Vulkangebiet gruppiert sich um den innersten Winkel des Guineabusens (Kamerunberg, Fernando Poo etc.). Madagaskar trägt Vulkane; die benachbarten Inseln (Komoren, Maskarenen) sind vulkanisch.

Innerhalb der Ozeane selbst lassen sich die Vulkane bis jetzt schwieriger zu bestimmten Gruppen vereinigen. Die grosse Mehrzahl aller hohen Inseln des grossen Ozeans sind rein vulkanischer Natur, ebenso wie die Galapagos in der Westhälfte derselben. Von den Inseln des Atlantischen Ozeans gilt dasselbe. Die Antarktis entbehrt der gleichen Erscheinungen nicht (Gaussberg in Kaiser Wilhelm II. Land, Erebus und Terror im Victoria-Land). Damit ist die Aufzählung nicht erschöpft. Nur die wichtigsten Verbreitungsgebiete konnten genannt werden. Das Ergebnis ist von neuem ein sehr häufiger Zusammenhang des Vorkommens mit tektonischen Regionen, ohne dass sich die Vulkane als notwendige Begleiterscheinungen erweisen.

(31° — 44° S.), wogegen R. Hauthal sofort die Lücke zwischen 26° — 34° S. durch etwa 80 nachgewiesene Vulkanberge, besonders dicht im O. der Atakamawüste, ausfüllte (Pet. Mitt. 1903, 97 — 102) und im übrigen die von Stübel südl. d. 34° angenommenen 28 Eruptionszentren auf 48 ergänzte, ganz abgesehen von ca. 30 vulkanischen Deckenergüssen im O. der Kordilleren. Vgl. die zugehörigen Karten Stübels und Hauthals 1 : 10 000 000, die beide seltsamer Weise ohne ausgezogenes Gradnetz veröffentlicht sind(!).

§ 166. Die Gewässer des Festlandes. Die feinere Gliederung der Landoberfläche wird, wie wir sahen (§ 151), durch gewisse Kleinformen hervorgerufen, unter denen man an sich, wie bei den Grossformen, einen Gegensatz zwischen Voll- und Hohlformen machen könnte. Tatsächlich haben nur die letzteren die Aufmerksamkeit der Geographen auf sich gezogen, weil sie zur Aufnahme der von der Landoberfläche abfliessenden Gewässer dienen, bis diese am tiefsten Punkt, also, wenn sich die Hohlformen nach dem Meere zu öffnen, in diesem selbst zur Ruhe kommen. Bäche, Flüsse, Ströme, Seen geben innerhalb der Täler und Becken, in denen sie sich bewegen und sammeln, zwar nur ein Element der Gestaltung der Bodenform an, aber ein sehr wichtiges und leicht zu verfolgendes, nämlich eine Tiefenlinie, gegen welche die Gefällsrichtungen der Umgebung geneigt sind; in ihrer Horizontalprojektion zeichnen wir sie als Flusslinien und Seeränder (Küstenlinien) auf die Karte.

Methodisches. Es ist bekannt, dass die Kartographie sich viele Jahrhunderte begnügte, lediglich das Netz aller dieser feuchten Tiefenlinien festzulegen, es dem Beschauer überlassend, sich daraus zugleich eine Vorstellung von der Plastik des Erdbodens zu machen. Als ein Erzeugnis der Phantasie, die hierdurch genährt wird, haben sich bis ins 19. Jahrhundert auf den Karten nicht selten langgestreckte Gebirgszüge dort erhalten, wo im Flachland nur niedrige Anschwellungen den Abfluss regeln[86]), weil man sich im gebirgigen Mitteleuropa das Quellgebiet eines Stromes nur auf dem Gebirgskamm vorstellen konnte. Die Hydrographie des Festlandes, die Lehre von den Quellen, Flüssen, Seen blieb in den geographischen Lehrgebäuden bis in die Gegenwart ein im übrigen unabhängig von der Orographie und losgelöst von den sie beherbergenden Gefässen behandelter Zweig der physikalischen Erdkunde. Je mehr man indessen die wahre Abhängigkeit des Flussverlaufes und der Wassersammlung in Seen von der Bodengestaltung erkannt hat, je mehr die zusammenhängenden Flusslinien sich als eine Verkettung zahlreicher Hohlformen (Täler) von ganz verschiedenem Ursprung erwiesen, an deren Ausgestaltung der in ihnen heute entlang ziehende Strom oft nur einen untergeordneten Anteil hat, während ihm manche Verbindungsglieder allein ihre Entstehung verdanken, umsomehr ist der Schwerpunkt der Betrachtung von den Gewässern selbst an die Stellen des festen Bodens, welche sie aufzunehmen vermögen, gerückt. Diese gesunde Entwickelung wissenschaftlicher Anschauung, die uns beim Studium des hydrographischen Netzes nunmehr von der orographischen Karte ausgehen heisst, muss sich auch im Lehrgang aussprechen[87]).

Wir werden daher zunächst die im Gelände vorgezeichneten erhabenen Ausgangspunkte des fliessenden Wassers, die Wasserscheiden, sodann die abwärts geneigten Kanäle, in denen es herabgleitet, nämlich die Täler, und endlich seine Ruhepunkte, die Seebecken, betrachten, ehe wir zu den diese Formen in Verbindung setzenden Flusssystemen (§ 177) selbst übergehen.

§ 167. Die Wasserscheiden[88]). Jedem rinnenden oder stehenden Gewässer auf der Landoberfläche kommt ein bestimmtes Gebiet zu,

[86]) Diese wasserscheidenden Phantasiegebirge fristen auch heute noch auf manchen Schulwandkarten ein munteres Dasein. — [87]) Zu weit geht man in der angedeuteten Richtung wohl, wenn man, wie Penck, Gebirge und gar Tafelländer dem primären Begriffe der Tallandschaft unterordnet. — [88]) In erschöpfender Weise zum ersten Male behandelt v. A. Philippson, Studien über Wasserscheiden, Leipzig 1886, 162 S. Vergl. auch v. Richthofen, Führer 695.

von dessen mittelbar oder unmittelbar nach innen geneigten Flächen das Wasser der betreffenden Tiefenlinie oder dem Tiefenpunkte zufliesst. Das ist sein Stromgebiet, dessen Aussengrenzen die sogenannte Gesamtwasserscheide des Gebietes bilden. Jeder Einzelpunkt derselben befindet sich an einer Stelle, wo zwei Gefällsrichtungen des Abflusses von einander abgekehrt sind. Im Vergleich mit dem nächst benachbarten Gelände ist eine Wasserscheide also stets eine Höhenlinie, die, wie jede Grenze doppelseitig ist, damit den beiden Gebieten angehört, welche sie trennt. So wichtig die Kenntnis ihrer Lage auch für manche hydrographische Fragen ist, so finden die Wasserscheiden auf unseren Karten doch keine unmittelbare Darstellung. Wir vermuten sie in der Nähe der Quelle eines Rinnsals, und zwar etwas oberhalb, weil die meisten Quellen am Abhang einer Erhebung entspringen, und ziehen daher mit grösserer oder geringerer Berechtigung die Hauptwasserscheide als Linie längs der Mitte zwischen den Ursprungsstellen zweier nach entgegengesetzten Richtungen strömenden Gewässer. Die Wasserscheide umschliesst das Quellgebiet eines Flusses, um dann im Zusammenhang dem ganzen Flussbecken als vereinigende Grenzlinie (Scheidelinie) zu dienen (§ 177).

Bleiben wir zunächst bei ihrer trennenden Aufgabe, beim wasserteilenden Punkte oder der wasserteilenden Strecke stehen. Gut entwickelt setzt letztere einen deutlichen First zweier widersinnig entwässerten Abdachungen voraus. Nicht selten verflachen sich jedoch einzelne Stellen. Die Wasserscheide wird unbestimmt; sumpfige Flächen verdecken sie. Statt einer Höhenlinie trennt eine neutrale Ebene, die in der Niederung gewaltige Ausdehnung annehmen kann, die benachbarten Abflussgebiete. (Weitere Ausführung im § 178.)

1. Normal nennen wir die Linie, wenn sie als sog. Kammwasserscheide mit dem Verlauf der Kammlinie einer Erhebung zusammenfällt und mit dieser alle Höhen- und Tiefenpunkte gemeinsam hat. Bei Kettengebirgen also, wenn sie den Hauptkämmen entlang läuft und damit die Hauptabdachungen des Gebirges auch hinsichtlich des Wasserabflusses scheidet, gleichviel, ob sich die von den verschiedenen Abdachungen abrinnenden Gewässer etwa ausserhalb des Gebirges wieder zu einem Flusssystem vereinen oder nicht.

Normal ist die Scheide im Thüringer Wald (Atlas, Taf. 21), normal ist auch im allgemeinen die Hauptwasserscheide der Alpen, da sie Aussen-, Innen- und Ostabdachungen des Gebirges normal trennt. Von den Ligurischen Alpen in vielfach gewundenem Einzelverlauf bis an die Hohen Tauern gelangend, gabelt sie sich an deren Westende (Dreiherrenspitze, Atlas, Taf. 23) und lässt keinen Fluss der ungarischen Abdachung nach Oberdeutschland und der Adria oder umgekehrt gelangen.

Alle Kräfte, welche einen Gebirgskamm abzutragen suchen, helfen die Wasserscheide erniedrigen. Die eigentlich gefährdeten Stellen sind immer ihre Tiefenpunkte, sobald sich diesen die Wurzeln zweier Gegentäler nähern, weil das abfliessende Wasser dann beiderseits mit starkem Gefäll rückgreifend an der Erniederung arbeiten

kann. Wenn trotzdem sich viele Wasserscheiden durch ganze Erdepochen fast an der nämlichen Stelle erhalten haben, so rührt dies im allgemeinen von dem geringfügigen Wasservorrat her, der gerade in der unmittelbaren Umgebung der Scheide zur Verfügung zu stehen pflegt.

Sobald freilich einer jener Tiefenpunkte unter das Niveau eines benachbarten Sammelgebietes erniedrigt wird und somit dieses letztere sich durch die Lücke in dasjenige entwässern kann, von dem es bisher geschieden war, so gliedert sich der alten Wasserscheide des Stammbeckens sofort diejenige des Nachbargebietes an. Die bisher gemeinsamen Strecken der Hauptwasserscheide werden bis auf die Durchbruchstelle Nebenscheiden. Wir sprechen in diesem Fall von einer überspringenden oder durchgreifenden Wasserscheide. Die Ursache solcher Flussdurchbrüche wird uns später beschäftigen (§ 170). Hier erinnern wir an die auf der Karte leicht zu verfolgende Tatsache, wie ungemein häufig solche rück- oder durchgreifenden Wasserscheiden sich finden. Eine unsymmetrische Teilung nach dieser Richtung folgt besonders bei solchen Gebirgen, die eine ausgesprochene Regenseite besitzen. Dort ist die Scheide weit nach innen gerückt und verläuft oft über niedere Innenketten, während hochgipfelige Vorketten nur Scheiden zweiter Ordnung bilden.

Die auffallendsten Beispiele[89]) gewähren die von den Monsunen bestrichenen Südabhänge des Himâlaja (Taf. 38), wo nicht nur die Hauptflüsse (Indus, Satledsch, Brahmaputra) auf der tibetanischen Seite entspringen, sondern zahlreiche andere ihre Quellen auf Hinterketten haben. Das gleiche ist der Fall bei den Anden von Peru (Taf. 44), wo die Westkette Hauptwasserteiler ist. Die Erosion greift hier weit von der regenreichen Ostseite aus ins Gebirge. In Ecuador, wo beide Gehänge Niederschläge empfangen, springt die Wasserscheide dagegen mehrfach von einer Hauptkette zur andern über (Taf. 44).

2. Besondere Beachtung verdienen noch die Talwasserscheiden[90]), niedrige Erhöhungen, die sich quer durch ein Tal hinziehen, also lediglich den Boden dieser Hohlformen, nicht diese selbst gliedern. Sie sind in Kettengebirgen weit häufiger, als man nach Uebersichtskarten vermuten sollte, besonders in Längstälern (S. 419). Zuweilen unter unseren Augen durch Steintobel und Bergstürze entstanden, lassen sich manche auf Moränenschutt der Eiszeit zurückführen, wie denn diese letztere in manchen Gebirgen und einst vergletscherten Flachlandsgebieten erheblich zur Umgestaltung der Talsysteme und damit des Verlaufes der Wasserscheiden beigetragen hat. Die Verstopfung eines Tales an irgend einer Stelle bedingt zeitweilige Gefällsverminderung und Auffüllung des oberen Talbodens mit Geröllmassen. Oft überwindet der aufgestaute Fluss das Hindernis direkt und es entsteht auf die Dauer eine Talwasserscheide nur dann, wenn die Aufstauung schliesslich im oberen Talabschnitt zur Umkehrung des Gefälls führt.

---

[89]) O. Krümmel, Einseitige Erosion, Ausland 1882, 30—33 u. 45—48. — [90]) A. Supan, Studien über Talbildungen des östl. Graubündens und der Tiroler Zentralalpen, Wien 1877 (Aus d. Mitt. d. k. k. Geogr. Ges. 1877), 36.

Dieser Fall ist eingetreten, als ein Zweig des Inngletschers sich ins Tal des Achensees drängte[91]) und es im Süden durch Geschiebe verstopfte. Seitdem wird das Tal nach Norden zur Isar entwässert. Typische Talwasserscheiden sind das Toblacher Feld (1200m) inmitten des Pustertales (Taf. 23), ferner die Stelle bei Sargans in Graubünden (Taf. 24), welche der Rhein einst zeitweise benutzt hat, um seine Gewässer über Walen- und Züricher-See der Aar zuzuführen. Das auffallende Beispiel der Reschenscheideck im Quellgebiete der Etsch (1500m, Taf. 24) erklärt man sich dadurch[92]), dass eine sehr niedrige Kammwasserscheide durch mächtige Geröllmassen, welche die abwärts rinnenden Flüsse in Zeiten grosser Aufstauung zu beiden Seiten aufschütteten, ausgeebnet ist.

§ 168. Die Täler[93]). Zum engeren Begriff eines Tales gehört neben zwei im nahen Abstand parallel verlaufenden und gegeneinander geneigten Seitengehängen eine Sohle mit einseitigem Gefäll[94]). Jedes Tal hat also ein oberes Ende (Talanfang) und ein unteres; und, wenn man in einem Tale abwärts zieht, hat man die rechte Talwand zur Rechten und umgekehrt.

1. Tieftäler und Flachtäler. Am deutlichsten treten obige Elemente der Talform an Gebirgstälern hervor. Wir haben es dabei fast immer nur mit Tieftälern zu tun. Es bestehen bei diesen freilich in Hinsicht der Tiefe und Breite wie der Form des gesamten Querschnittes noch beträchtliche Unterschiede. Wir erinnern an die unzugängliche Schlucht (Klamm) mit senkrechter Wandung (§ 140), an das zum Zirkus ausgeweitete Quertal, wie es dem Faltenjura eigen ist[95]), ferner an die häufigste Form der Talfurche (mit V-förmigem Querprofil), in der die Sohle neben dem auf ihr herabeilenden Fluss kaum Platz für eine Strasse lässt (Kerbtäler[96]). Endlich an die breitsohligen, in ebenen Stufen abfallenden, stattliche Ansiedelungen der Menschen aufnehmenden Längstäler unserer Hochgebirge (Sohlentäler[96]). Ein Spezialfall der breitsohligen sind die übertieften Täler innerhalb einst vergletscherter Gebirge, auf die früher hingewiesen ist (S. 343). Sie besitzen eine U-form oder eine Trogform mit breiter Sohle und ziemlich steilen, oft in Terrassen ab-

---

[91]) Penck, Vergletscherung der deutschen Alpen, Leipzig 1882, 159, mit Profil. — [92]) Philippson (s. Anm. 88). — [93]) Eine kurze Geschichte der wandelnden Ansichten über die Talbildung s. bei Penck, Morph. II, 134 ff. Ueber neuere Einzelarbeiten berichtet E. Rudolph im Geogr. Jahrbuch. Kaum eine morphologische Frage ist seit einem Menschenalter so im Fluss wie diese. Daher eine fast verwirrende Fülle von Erklärungs- und Einteilungsversuchen und solchen der Namengebung für die nämlichen Begriffe. Pencks Kapitel über die Täler (II, 58—141) behandelt erschöpfend die orographischen Elemente dieser Hohlformen, lässt aber mehr wie andere Abschnitte seines Werkes beweisende Ausführungen und erläuternde Beispiele vermissen. An letzteren ist reich F. Löwls Schrift „Ueber Talbildung“ (Prag 1884), weniger glücklich ist die Namengebung. In letzterer Hinsicht zeichnet sich dagegen v. Richthofen (Führer, 638—652) aus, der aber die verschiedenen Möglichkeiten der Talbildung auch nicht durch Beispiele belegt. Mehr an die Natur knüpfen die eingehenden Ausführungen über die Wasserläufe von de la Noë und de Margerie (Les formes du terrain, 1888) an. — [94]) Penck II, 60. — [95]) A. F. Förste (nicht Förstle), The drainage of the Bernese Jura, Proc. of the Boston Soc. of Nat. Hist. XXV, 1892, 392—418, mit Kartenskizze); vergl. Pet. Mitt. 1894, L. B. 344. Machaček, Der Schweizer Jura, Gotha 1905. — [96]) S. Passarge, Physiol. Morphologie, 1912, 160.

fallenden Talwänden[97]). In jedem Fall nehmen die Gehänge der Tieftäler einen beträchtlichen Anteil am gesamten Flächengehalt der Hohlform. Dass fast alle Gebirgstäler als Tieftäler auftreten, ist leicht verständlich, weil, wie immer dieselben durch tektonische Vorgänge vorgebildet sein mögen, dennoch der Hauptfaktor der Ausgestaltung, das fliessende Wasser, im Gebirge in verhältnismässig reichem Masse vorhanden ist und ein starkes Gefäll vorfindet. Es sind die Tieftäler aber auch den meisten Hochflächen, zumal ihren Stufenrändern, eigen, weil die Erosionsbasis, von welcher aus ein Fluss sich rückwärts eine Talfurche tiefer und tiefer einschneidet, beträchtlich unter dem Niveau der Hochfläche zu liegen pflegt.

Das untere Ende der Täler ist, von dem seltenen Fall des blinden Tales abgesehen, stets geöffnet, im Innern eines Gebirges gegen ein anderes Tal, am Gebirgsrand gegen die Ebene oder gegebenen Falls gegen das Meer. Die meisten Gebirgstäler haben ferner am oberen Ende einen Abschluss, ein Hintergehänge, in welchem sich die Seitengehänge oder Talwände zusammenschliessen und das in steilem Aufstieg zu einer Kammwasserscheide führt. Es tritt am ausgeprägtesten in der Form der halbkreisförmigen Kare auf (S. 344). Ein solches Hintergehänge fehlt dagegen, wenn zwei in entgegengesetzter Richtung streichende Täler nur durch eine Talwasserscheide getrennt sind. Wir haben es dann mit dem einfachsten Fall eines Talzuges zu tun. Der Volksmund hat solche Talzüge nur bei sehr niedriger Wasserscheide mit einheitlichem Namen belegt, wie z. B. bei dem Pustertal, indem die beiden Gegentäler der Drau und Rienz gleichsam als eine einzige Hohlform angesehen werden. Setzt sich dagegen durch ein nach beiden Enden geöffnetes Tal das Gefäll eines oberhalb desselben gelegenen Talbodens gleichförmig fort, so hat sich dafür der Name eines Durchbruch- oder Durchgangstales eingebürgert.

Der Begriff des blinden Tales[98]) setzt eine Verwachsung der Talwände am unteren Ende voraus. Das im Tal strömende Wasser muss sich an letzterm in einem Endsee aufstauen oder unterirdisch durch Hohlräume entweichen. Blinde Flusstäler sind daher den Karstgebieten besonders eigen. Ihrer Entstehung nach sind sie Einsturztäler. Das Rekatal im Norden von Istrien, das Likatal in Dalmatien (Atlas, Taf. 23) sind solche blinden Täler.

Im Flachlande verschwinden die Seitenwände eines Tales oft derart gegenüber der Talsohle, dass die Grenzen des einem Flusse zugehörigen Flachtales[99]) aus indirekten Anzeichen bestimmt

---

[97]) H. Hess, Der Taltrog; Pet. Mitt. 1903, 73 mit Karten. L. Diestel, Die Form alpiner Hochtäler, bes. im hohen Tauerngebiet. Mitt. Geogr. Ges. München VII, 1912, bes. 79 ff. Taltrog. — [98]) Penck II, 282. — [99]) Penck (II, 65) will alle Täler bis zu 200 m Tiefe als Flachtäler bezeichnet wissen, offenbar nach Analogie der Unterscheidung von Tiefland und Hochland oder von Flachsee und Tiefsee. Indessen tritt hier der Mangel einer Unterscheidung zwischen Gross- und Kleinformen zutage. Beim Tal kommt durchaus das Verhältnis der Talgehänge zur Breite des Talbodens und die Neigung des Gehänges mit in Betracht. Daher lässt sich eine solche Höhengrenze nicht festsetzen, in jedem Fall liegt sie für das Flachtal sehr weit unter der Grenze von 200 m.

werden müssen. In der Ebene liegt die Talsohle nicht selten nur einige Meter unter dem allgemeinen Niveau des Landstriches, ja bei den die eigene Alluvion stetig vergrössernden Dammflüssen (S. 387) erhebt sie sich in der Mitte des Tales bisweilen über die Höhe der Talränder. Es gehen dort die Flachtäler vielfach in weite sog. Talungen über, wie solche als alte Urstromtäler, die durch die Gletschergewässer der Eiszeit ausgearbeitet wurden, z. B. die Provinz Brandenburg von O. nach W. durchziehen. Ohne Schwierigkeit können in diesen die Flüsse durch Kanäle verbunden werden, weil die in ihnen verbreiteten Talwasserscheiden ausserordentlich niedrig sind.

2. Jedes Tal zeigt verschiedenartig ausgestaltete Talstrecken[100]), Talweitungen wechseln mehr oder weniger mit Talengen, ebene Talböden mit Stufen raschen Gefälles aus Ursachen, die meist schon früher bei der Betrachtung der Flusserosion und Sedimentablagerung geschildert sind (§ 140). Bei gestörter Gesteinslagerung ist für die wechselnde Form der Täler oder einzelner Talstrecken auch die Schichtenstellung der erodierten Gebiete massgebend. Von einem Synklinal- oder Muldental spricht man, wenn die Talwände beiderseits nach der Talsohle zu einfallen, also von — meist sanft geneigten und quellenreichen — Schichtenflächen gebildet werden (Münstertal im Jura im Querschnitt, s. Fig. 69, S. 397). Bei einem Antiklinal- oder Satteltal treten dagegen beiderseits die Schichtenköpfe zutage und legen Schichten verschiedener Härte bloss, sodass sich Verwitterungsterrassen an den Gehängen bilden (Birstal im Juraprofil, Fig. 69, S. 397). Theoretisch besitzen dagegen die Isoklinaltäler oder Monoklinaltäler, auch wohl Scheidetäler genannt[101]), ein steileres aus Schichtenköpfen gebildetes und ein sanfter geneigtes, von einer Schichtenfläche oder nach dem Tal zu fallenden Schichten aufgebautes Gehänge. Eine dieser Formen pflegt dem Tale auf weite Strecken den eigentlichen Charakter aufzuprägen, und ein Wechsel desselben ist auch fast immer mit einem solchen der Talrichtung verknüpft. Umgekehrt weist daher eine plötzliche, wenn auch unbedeutende Talwendung meist auf veränderte Gesteinslagerung oder Härtewechsel der Talwände hin.

3. Die Versuche, die Täler nach ihrer Entstehung einzuteilen[102]), haben zwar noch zu keiner Einigung geführt, aber allgemein hat man erkannt, dass es sich dabei im Durchschnitt um weit ältere Gebilde handelt, als man früher annahm.

---

[100]) S. die anschaulichen Karten zu Supans Talstudien (Anm. 90). — [101]) Der Name des Scheidetales wird zum Teil auf diejenigen (meist monoklinen) Täler beschränkt, in denen eine Formationsgrenze verläuft, wie z. B. im Inntal oberhalb Innsbrucks. — [102]) Bei diesen Versuchen (s. Anm. 93) spielen begreiflicher Weise die theoretischen Ansichten über Gebirgsbildung eine grosse Rolle. Sie sind im gewissen Sinne insofern verfrüht, als das Verhältnis der tektonischen Anlage und der erosiven Ausgestaltung eines Tales noch zu wenig durch Einzeluntersuchung selbst an denjenigen Tälern festgestellt ist, welche seit langem dem Typus der einen oder anderen Form zugewiesen sind. Vor allem steht der äusserst schwierige positive Nachweis von Verwerfungslinien innerhalb der Gebirge noch im Anfang.

Viele Täler führen ihren Ursprung auf Zeiten zurück, in denen das Bodenrelief ihrer Umgebung ein beträchtlich vom heutigen verschiedenes war. Tektonische Vorgänge, also einfache Schichtenneigung oder Schichtenstörungen im Sinne der Faltung und des Bruches, haben dem fliessenden Wasser stets zuerst die Richtung der Strömung vorgezeichnet, aber in seltenen Fällen die heute sichtbaren Hohlformen der Täler unmittelbar geschaffen. Dies ist wesentlich das Werk der Erosion, deren Wirkung mittelbar wieder von Rindenbewegungen beeinflusst ist. Denn durch letztere wird das Flussgefäll in einem Falle verstärkt, im anderen gelähmt. Es werden durch diese Verschiebungen Schichten verschiedener Härte und Abtragbarkeit dem Angriff der Erosion zugänglich gemacht. Kurz die Anpassung der Wasserrinnen an das Gestein wird meist durch die Schichtenlagerung bedingt. Theoretisch lassen sich nun zwar leicht die verschiedenen Möglichkeiten der Talbildung aufstellen, aber die Schwierigkeit liegt im Einzelfall in der Abwägung der für die heutige Ausgestaltung massgebenden Faktoren und damit der Unterordnung eines bestimmten Tales unter das System. Es fehlt dazu noch sehr an gründlichen Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte einzelner Täler. Noch werden manche Vorkommnisse in ganz entgegengesetztem Sinne gedeutet. Man hat den angedeuteten Schwierigkeiten dadurch Rechnung zu tragen gesucht, dass man die bisherige Gegenüberstellung von tektonischen und Erosionstälern[103]) durch eine Dreigliederung ersetzt und beiden Gruppen noch die tektonischen Erosionstäler[104]) hinzufügt.

Für unsern Zweck genügt es, einige typische Vorkommnisse an der Hand der Karte zu erläutern. Wir richten dabei zunächst unser Augenmerk auf die Flachlands- und Zwischengebirgstäler (intermontane oder interkolline Täler), weil Verlauf und Form derselben in leichter verständlichem Zusammenhang mit dem heutigen Relief des Bodens stehen; nur gelegentlich ziehen wir sogleich einige Formen der Gebirgstäler heran.

1. Unschwer erkennt man die Bildung der einfachen Abdachungstäler[105]), nämlich der Rinnsale, welche eine geneigte Fläche entwässern, als Werk der Flusserosion. Wo sie als Tieftäler auftreten, wird man im allgemeinen für frühere Zeiten höhere Erhebungen in den Quellgebieten und damit reichlichere Wassermassen und stärkeres Gefäll, als den heutigen Wasseradern eigen ist, annehmen dürfen.

---

[103]) Löwl, Ueber Talbildung, und v. Richthofen, Führer, 635. Letzterer bezeichnet die echten Erosionstäler als Skulpturtäler. — [104]) Auf diese Dreigliederung läuft das wenig durchsichtige System Pencks hinaus, der unter den tektonischen Tälern „aufgebaute“ und „ausgearbeitete“ unterscheidet. Supan (Phys. Erdk. 1896, 400; 1911, 545) setzt die Erosionstäler unmittelbar den „ursprünglichen“ Tälern (Mulden, Gräben, interkolline Täler) gegenüber, und tektonische Täler bilden in seinem genetischen System eine Unterabteilung der Erosionstäler (orographische, tektonische, epigenetische, Einsturztäler). — [105]) Warum allein das Abdachungstal als orographisches bezeichnet werden soll (Supan, 1911, 544), ist schwer ersichtlich. Auch die Zwischengebirgstäler sind durch die Orographie des Landstrichs bedingt.

Das Abdachungstal ist im Gebirge durch die kurzen steilen Quertäler vertreten, die die Gehänge wasserscheidender Kämme rippenartig zerschneiden (Gehängetäler), z. B. an der Nordseite der Tauern (Atlas Taf. 23); in ähnlicher Weise erscheinen viele Küstenabdachungen durch parallele Flusstäler gegliedert (z. B. Hinterpommern, Taf. 20; atlantische Küste der Vereinigten Staaten, Taf. 43); Vulkangipfel zeigen diese erosiven Abdachungstäler in strahlenförmiger Anordnung (Vogelsberg, Taf. 21).

2. Diesen reihen sich die Tafellandtäler gleichfalls als reine Erosionswerke an. In trockenen Landstrichen treten sie als Cañons auf, die nur durch rückwärts schreitende Ausnagung von den unteren Terrassen des Tafellandes aus erklärbar sind. Bei der flachen Lagerung der Schichten wird die Erosion besonders langer Zeitläufe bedürfen, um tiefe Täler einzuschneiden, wenn nicht angrenzende Randgebirge zugleich starke Wasseradern auf das Tafelland führen. Dies ist z. B. beim Kolorado im Westen Nordamerikas der Fall.

3. Jede Bodenerhebung, die sich quer vor einer Abdachung hinzieht, muss zur Bildung eines Saumtales[106]) Veranlassung geben, in dessen Rinne die Abdachungsflüsse ihre Gewässer sammeln. Es sind dies die häufigsten Vertreter der Zwischengebirgstäler und sie begleiten den Fuss zahlreicher Landstufen und einzelner Gebirge, meist mit einer flachen und einer steilen Talwand versehen.

Ein Saumtal wird mit kurzen Unterbrechungen von der Donau längs des Juragebirges und Bairischen Waldes (bis Vilshofen, Taf. 23) und ebenso am Nordrande der Bulgarischen Platte (Taf. 26) durchströmt, während das niedrige Nordufer von Stromseen begleitet ist. Die Wolga ist auf der gesamten Strecke, wo man ein Bergufer und ein Wiesenufer unterscheidet, Saumtal (Taf. 32). Auch das Tal der Saône-Rhone, des Orinoco, des Ganges wird auf weite Strecken als Saumtal aufzufassen sein.

4. Bei doppelter Abdachung einer Flachlandsmulde wird dagegen die Tiefenlinie, die die Hauptentwässerung vorzeichnet, mehr in die Mitte des Stromgebiets gerückt sein. Wir finden die Form des Flachmuldentales vornehmlich bei grossen Tieflandsströmen der Erde, dem Po, Amazonas, Mississippi (unterhalb Kairos, Taf. 43).

5. Dass Grabensenken vielfach von fliessenden Gewässern aufgesucht und ihrer Länge nach durchmessen werden, ist verständlich, da ihre erhabenen Seitenwände ein beliebiges Ausbrechen verhindern. Nur bei Schmalheit werden wir von Grabentälern sprechen dürfen, während freilich der Sprachgebrauch zwischen der Grabensenke und dem Tal innerhalb der Senke nicht immer unterscheidet[107]).

Irrtümlich bezeichnet man gewöhnlich die Göttinger Senke (5—10 km breit) einfach als Leinetal (Taf. 21), und das gleich breite „Ghor", die grosse syrische Grabensenke, die sich bis in den Golf von Akaba deutlich fortsetzt, als

[106]) v. Richthofen, Führer, 637. — [107]) Das lange nach Whitney als echtes Grabental aufgefasste „Yosemite Valley" in Kalifornien (vergl. die früheren Auflagen dieses Lehrbuches) scheidet aus, nachdem es als Erosionstal erkannt ist, in welchem die Ausfurchung durch Gletscher stark mitgewirkt hat (s. H. W. Turner, Proc. California Acad. of science 3), I, Geology, 1900, 261—322; H. Gannett, National Geogr. Magazine XII, 1899, 86 ff.

Jordantal (Taf. 37). Noch weniger darf man das 30 km breite oberrheinische Tiefland als Rheintal schlechtweg ansprechen.

§ 169. Längs- und Quertäler. Wenden wir uns näher zu den Gebirgstälern, wozu wir für jetzt auch alle das Hügelland in etwas engerem Tal durchschneidenden Talzüge rechnen wollen, so werden die Fragen verwickelter. Die älteste und einfachste Unterscheidung in Längs- und Quertäler entstammt den Talformen in Kettengebirgen. Sie ist dann wohl auch auf Zwischengebirgstäler übertragen, indem man sie zu den benachbarten Erhebungen in Beziehung setzte. Ursprünglich ging sie allein von der Hauptrichtung der Täler im Verhältnis zur Erhebungsachse der Gebirge aus, wird aber jetzt mehr auf die Beziehungen zum Schichtenstreichen bezogen und lässt sich damit auch auf Rumpfgebirge anwenden. In den meisten Fällen stimmen in Faltungsgebirgen Richtung der Erhebung und des Streichens annähernd überein (S. 397), und dem entsprechend sind auch Längs- und Quertäler im allgemeinen unschwer auf der orographischen Karte zu unterscheiden. Im Einzelfall lösen sich manche scheinbaren Widersprüche auf einfache Weise.

So hat z. B. das Etschtal unterhalb Bozen, obwohl es fast senkrecht auf die Erhebungsrichtung der Gesamtalpen verläuft und man durch dasselbe geraden Wegs bis zum Hauptkamm gelangt, in seinen grossen Talweitungen ganz den Charakter eines Längstales. Und ein solches ist es auch insofern, als die Schichtengesteine zwischen dem Adamellomassiv und den Dolomiten (Taf. 23) durchaus in südsüdwestlich streichende Falten zerlegt sind, sodass das Tal der Richtung der Streichung folgt. Es empfiehlt sich für das Anfangsstudium die Täler einzelner Gebirge, die ja oft auch in Diagonalrichtung verlaufen, nach guten orographischen Karten in Längs- und Quertäler zu zerlegen und nachher an der Hand der geologischen Spezialliteratur nachzuforschen, inwiefern die Gliederung mit dem Schichtenstreichen übereinstimmt.

1. Fasst man als tektonische Gebirgstäler nicht nur diejenigen auf, bei denen die eigentliche Hohlform unmittelbar tektonischen Vorgängen ihr Dasein verdankt, sondern alle, welche nahbenachbarten tektonischen Linien (Verwerfungen) folgen und durch sie beeinflusst sind, so sind die meisten Längstäler der Faltengebirge tektonischen Ursprungs. Teils sind sie durch Gebirgsfaltung (Faltungstäler), teils durch Brüche (Bruchtäler[108]) veranlasst. Für die allerdings selten in reiner Form auftretenden Synklinal- oder Muldentäler (Faltenjura) und die Grabentäler (s. o.) ist dies von selbst klar. Freilich fallen die Längsseiten der Täler nur äusserst selten mit parallelen Verwerfungen zusammen, wie sie die Grabensenke voraussetzt, die überhaupt im gefalteten Gebirge noch wenig nachgewiesen ist. Ein grossartiges Beispiel eines zu einem tiefen Längstal führenden Längsbruches im Streichen ist die Spalte des Kaledonischen Kanals in Schottland[109]) (höchster Punkt der Talwasserscheide 32 m, Taf. 30).

[108]) Weitere Unterabteilungen bei v. Richthofen, Führer, 638. Alle mit Brüchen in Beziehung stehenden Täler als Spaltentäler zu bezeichnen (Löwl), ist unzweckmässig wegen des engeren Begriffs einer Spalte im Gegensatz zur Verwerfung. — [109]) Suess, Antlitz d. Erde II, 97.

Es wäre aber verfehlt, die grossen geradlinigen Talzüge, wie sie z. B. (Taf. 23) in je 200 km Länge die Schweizer Alpen (von Martigny bis Chur), die Tiroler Alpen (vom Arlberg durch das Inntal bis Kufstein) und die Ostalpen am Nordfuss der Tauern (von der Salzachquelle bis zum Ennsdurchbruch) durchziehen, unmittelbar als Grabensenken anzusehen. Sie sind vielmehr aus Talstrecken verschiedener Bildung, unter denen rein erosive nicht fehlen, zusammengewachsen, ursprünglich mögen grosse Muldenzüge die Längstalbildung veranlasst haben [110]).

Es handelt sich bei den sog. Bruchtälern also mehr um einen mittelbaren Zusammenhang der Talformen mit den mehr oder weniger bereits deutlich nachgewiesenen Längsbrüchen durch Förderung der Erosionsarbeit. Hierbei spielt die Erschliessung weicherer Schichten mittelst der Verschiebung der Gebirgsteile an Längsbrüchen wohl die Hauptrolle. Denn das Vorherrschen breiter Sohle und grösserer Talweitungen im Längstal hängt besonders mit der Ausräumung leicht angreifbarer Schichten (Inntal) zusammen, an der sich während der Eiszeit auch die Gletscher in beträchtlichem Masse beteiligt haben mögen. Die leichtere Verschiebung von Talwasserscheiden und der Umstand, dass das Anzapfen benachbarter Flusstäler durch rückschreitende Erosion weit mehr vom Längstal als vom Quertal auszugehen scheint, zeigt im übrigen — gleiches Gefäll vorausgesetzt — die leichtere Arbeit der Erosion im Schichtenstreichen.

In der Gruppe der Faltentäler ist man zur Zeit auch geneigt, das Sattelthal als echtes Erosionstal anzusehen, während man seine Bildung früher allein einem (in seinen Ursachen allerdings schwer nachweisbaren) Aufbruch der antiklinalen Schichtenfalten zuschrieb. Die erste Anlage solcher Satteltäler bietet freilich der Erklärung Schwierigkeit, wenn man nicht der tiefgreifenden Verwitterung des im Schichtensattel an sich mehr aufgelockerten (gedehnten) Gesteins (S. 304) einen besonderen Anteil zuschreiben will, ähnlich wie man diese zur Erklärung der breitsohligen Fjordtäler herangezogen hat [111]). Wir kommen auf diese Täler zurück. (§ 186.)

2. Im Gegensatz zu einer lange aufrecht erhaltenen theoretischen Ansicht [112]) erblickt man in den Quertälern nicht mehr blosse Ausweitung klaffender Querbrüche des Gesteins, sondern — von gewissen Ausnahmen abgesehen — das ausschliessliche Ergebnis der Erosion. Dieselbe hat, indem sie geneigte Schichten quer durchsägt, wegen des öfteren Härtewechsels eine schwerere Arbeit zu leisten als im Streichen der letzteren. Daher das Vorherrschen des engen Furchentales, die grosse Zahl von Talstufen, über die sich das Wasser in Fällen stürzt, oder oberhalb deren Seen aufgestaut werden [113]).

---

[110]) Als durchgeführte Einzeluntersuchung ist Heims Betrachtung der Rheintäler (Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz XXV, 1891, 421 ff.) und Futterers Studie über Durchbruchstäler (Zeitschr. f. Erdkunde XXX, 1895, 57 ff.) besonders zu empfehlen. Nur darf man nicht ausser acht lassen, dass es sich bei Erklärung dieser Formen nicht selten um gewisse allgemeine Grundanschauungen über Tektonik oder über die Wirkung der Erosion etc. handelt. S. eine andere Erklärung der Entstehung der obern Rheintäler bei Penck, Die Alpen im Eiszeitalter, 1902, II, 431. — [111]) v. Drygalski, Ein typisches Fjordtal (Richthofen-Festschrift 1893, 53). — [112]) Einer der letzten Vertreter war O. Peschel, Neue Probleme, 2. Aufl., 1876. — [113]) Rütimeyer, Ueber Tal- und Seebildung, 1869, der sich besonders mit den Quertälern beschäftigt.

Gegen die allgemeine Auffassung des Quertales als Spaltentales spricht die Tatsache, dass Verwerfungen der Erdrinde selten klaffende Spalten erzeugen und selbst in einem von Querbrüchen durchsetzten Gebirgsteil die vorhandenen Quertäler diesen letzteren nicht oder nur ausnahmsweise folgen[114]). Man hat ferner die Sohle selbst enger Querfurchentäler (Taminaschlucht bei Ragatz) im allgemeinen nicht mit tieferem Schuttmaterial ausgefüllt gefunden, wie es im Grunde einer klaffenden Spalte vorauszusetzen ist. Auch entsprechen sich fast immer in unverschobener Fortsetzung die Schichten an beiden Talwänden der Quertäler.

Andererseits ist nicht ersichtlich, warum nicht im Einzelfall ein Querbruch dem rinnenden Wasser ebenso die Richtung vorschreiben sollte wie ein Längsbruch, und man hat bereits solche mehr tektonischen Quertäler nachgewiesen[115]). Insbesondere bringt man die grossen breiten Quertäler, mit welchen sich Rhone und Rhein noch innerhalb der Alpen nordwärts umbiegen, mit gewaltigen horizontalen Blattverschiebungen (S. 303) der benachbarten Gebirgsteile in Zusammenhang[116]).

§ 170. Die Durchbruchstäler. Zur Zeit fasst man unter diesem Namen noch alle Täler zusammen, die nach oben wie nach unten geöffnet (S. 416) einzelne Gebirgsketten und selbst ganze Gebirge oder Hügelrücken quer durchsetzen. Nicht mit Unrecht reiht man sie den Quertälern ein. Denn immer finden sie sich in einer dem oberen Sammelgebiet eines Flusses quer vorgelagerten Schwelle. Offenbar bringen sehr verschiedene Vorgänge hier eine ähnliche Erscheinungsform hervor. Zu ihrer Erklärung hat man zahlreiche Theorien ersonnen[117]) und im Kampfe für dieselben den Fehler begangen, die Geltung der einzelnen Erklärung zu sehr zu verallgemeinern. Nur die wichtigsten durch einige Striche an leicht auf der Karte verfolgbaren Beispielen erläuternd, verweilen wir bei diesen Hohlformen etwas länger, weil sie zum Gedanken erweckenden Kartenstudium in besonderem Masse anregen.

1. Auch nachdem für jetzt die sog. Spaltentheorie aufgegeben ist, geht die eine Gruppe von Erklärungsversuchen, wie eben diese Spaltentheorie, in der Hauptsache von dem heutigen Bodenrelief aus und sieht die Durchbruchstäler für jünger als die durchschnittenen Erhebungen an.

Zu den auffallendsten Fällen gehören die Quertäler, durch welche Oder und Weichsel in plötzlicher Rechtswendung den baltischen Höhenrücken durchsetzen (Taf. 20), während sie früher dem Südfuss desselben entlang zogen. Man hat ihre Richtung mit dem jüngsten, Deutschland nordnordostwärts durchziehenden System von Verwerfungen (S. 406) in Beziehung gesetzt[118]), und wenn es gelingt, hier wirklich postglaziale Brüche nachzuweisen, so würden sie den Typus von tektonischen (Bruch-) Tälern unter den Durchgangstälern vertreten.

---

[114]) S. den Nachweis z. B. bei Futterer (s. Anm. 110). — [115]) Ueber das früher hierher gerechnete vom Piave verlassene Tal des Lago di Sta. Croce in den Venetianer Alpen vergl. Anm. 126. — [116]) Penck II, 95. — [117]) S. die kurze Zusammenstellung von V. Hilber, Ueber Durchbruchstäler, Pet. Mitt. 1889, 10—16, mit Lit.-Nachweisen. — [118]) A. v. Koenen, Ueber postglaziale Dislokationen, Jahrb. d. Geolog. Landesanst. 1886. Eine völlig andere Auffassung

In zahlreichen Fällen — namentlich innerhalb der Gebirgstäler — hängt die Durchschneidung von Querriegeln sicher mit der Aufstauung der Gewässer zu einem See zusammen. Die Arbeit beginnt dann von der Zeit, wo der Spiegel des Sees eine Lücke in der vorgelagerten Erhebung überhöht. Es hat nichts Befremdliches, auch einzelne Durchbruchstäler auf diesen Vorgang zurückzuführen. Voraussetzung ist, dass sie oberhalb von einem geschlossenen Becken, in dem sich Reste von Seeablagerungen oder Strandterrassen finden, begrenzt werden.

So lässt sich die Bildung der Egerdurchbrüche (Taf. 21) unterhalb Eger durch die Ausläufer des Kaiserwaldes und unterhalb Karlsbad durch die Basaltmassen des Oedschlossgebirges erklären, weil die Becken von Eger und Karlsbad von Seebildungen (Braunkohlenablagerungen) erfüllt sind[119]).

Die Ansicht, dass sich die Durchbruchstäler wesentlich durch rückschreitende Erosion (Regressionstheorie) gebildet hätten[120]), knüpft an die Erfahrung an, dass jede Erosion von unten nach oben arbeitet — die Wasserfälle schreiten rückwärts —, aber bleibt im Einzelfall den Beweis schuldig, woher im Gebiet der Kammwasserscheide die genügende Wassermenge kommen soll, um diese selbst in eine Furche zu verwandeln. Auch müsste sich die Stelle, an der diese einstige Wasserscheide gelegen hätte, in dem entstehenden Durchbruchstal durch eine Enge markieren, die wir vielmehr fast immer nur an Stellen härteren Gesteins ohne Rücksicht auf die ursprüngliche Plastik des durchsägten Gebirgsstocks finden. Noch ist kein Durchbruchstal mit Sicherheit auf diesen Vorgang zurückgeführt, wohl aber ist die Verschiebung der Talwasserscheiden durch rückschreitende Erosion wahrscheinlich gemacht[121]).

2. Die anderen Theorien betrachten die Flussläufe und ihre Durchbruchstäler als älter und versetzen sie in Zeiten, wo die durchschnittenen Gebiete als Erhebungen noch nicht bestanden oder jedenfalls die Niveauverhältnisse zwischen letzteren und dem Sammelgebiet des durchbrechenden Flusses andere als heute waren. Die grosse Mannigfaltigkeit der Fälle lässt sich auf die beiden massgebenden Vorgänge zurückführen, welche die Erdoberfläche umgestalten. Entweder haben sich ohne Unterbrechung der einmal eingeleiteten Talbildung die Niveauunterschiede durch allmähliche Verbiegungen oder durch ungleiche Denudation der in Frage kommenden Erdschollen gebildet. Selbstverständlich können beide Faktoren auch gemeinsam wirken.

Zum Einschneiden eines Quertales im Gebirge bedarf es reicher Wassermengen und starken Gefälles. Beides gewähren die Hauptabdachungen einer Erhebung, da sie dem durch reichlichere Nieder-

vertritt F. Wahnschaffe in „Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes", 3. Aufl., Stuttg. 1909. Er sieht jene Quertäler von Oder und Weichsel als echte Erosionstäler an. — [119]) Löwl, Ueber Talbildung, 34. — [120]) Hauptvertreter sind Löwl und Hilber (s. a. a. O.). — [121]) A. Heim zeigte, dass die Maira mit ihrem steilen Gefäll am Malojapass (Taf. 24) dem Inn einige Quellflüsschen abgewonnen hat, deren Täler noch heute in der Höhe des Inntals liegen.

schläge an der Kammwasserscheide gesammelten Wasser den kürzesten Weg zum Gebirgsfuss weisen. In der ursprünglichen Hauptwasserscheide der Faltengebirge erblicken wir hiernach den Ausgangspunkt für die alten Stammtäler. In der Form von Quertälern vermögen sich dieselben selbst dann noch zu erhalten, wenn sich die einmal durchschnittenen Vorlandzonen aufwölben oder neue Gebirgsfalten sich dem Gebirgsfuss anlagern. Die Voraussetzung ist, dass die äusserst langsamen Vorgänge der weiteren Talerosion und der Aufwölbung mit einander Schritt halten oder letztere nicht derart vorauseilt, dass eine Flussablenkung oder Gefällsumkehrung erfolgt. Für diese sog. Antezedenztheorie — so benannt, weil eben die Talbildung der Gebirgsbildung vorausgeht[122]) — wird man Beweise nicht im Bereich ältester Durchbruchstäler, sondern möglichst junger suchen müssen, und zwar mittelst der Schichtfolge der in die Ebenen getragenen Sedimente. Und es spricht für die Richtigkeit derselben im Einzelfall, wenn man das aus dem Oberlauf stammende und demnach feinere Anschwemmungsmaterial von dem gröberen Geröll der später durchsägten Vorketten überlagert findet.

In der Tat ist dies u. a. nachgewiesen an den einen Kreidesattel durchbrechenden Flüssen der Venetianer Alpen. Dort lagern unter dem Kreidegeröll kalkige Anschwemmungen. Wären die Täler durch rückschreitende Erosionen entstanden, so müssten sich umgekehrt die Kreidegerölle überlagert finden von dem feineren Detritus der Kalkgesteine, in denen jene Flüsse entspringen[123]).

Die obige Auffassung lenkt den Blick vor allem auf das scharfe Knie, in welchem die Längstäler zahlreicher grosser Alpenströme (Rhone, Rhein, Inn, Salzach, Enns, Mur etc.) in Quertäler umbiegen. In den meisten Fällen mündet an der gleichen Stelle ein direkt von den Kernalpen herabkommendes Gehängetal, das als Wurzel des Stammtales betrachtet wird[124]). Aehnliche Erscheinungen finden sich häufig auf der Erdoberfläche vor. Leicht verständlich ist, warum das Durchbruchstal viel mächtiger eingegraben ist als die Stammtalwurzel. In jenem hat meist die Wasserfülle der angezapften und von der Seite ins Stammtal mündenden Längstäler mitgearbeitet.

Die spätere Entwickelung der Gebirge hat im übrigen diese alten Stammtäler vielfach zerstückelt, einzelne Talstrecken sind anderen Talsystemen einverleibt, andere sind, indem ihnen der Hauptfluss entzogen ward, in der Austiefung zurückgeblieben, ja wohl gar in Trockentäler verwandelt, sodass ihr Talboden jetzt hoch über anderen, mittlerweile weiter erodierten Talstücken liegt.

---

[122]) Diese Erklärung der Flussdurchbrüche durch sich hebende Ketten wird in der Literatur nicht selten nach ihren hauptsächlichsten Begründern Medlicote-Powell-Tietzesche genannt. Tietze hat die Frage in der deutschen Literatur wieder neu angeregt (Einige Bemerk. über d. Bildung von Quertälern. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt, Wien 1878, 581), nachdem Römer den obengeschilderten Vorgang schon 1857 zur Erklärung des Weserdurchbruchs bei Minden verwandt hatte. — [123]) S. die eingehende und lehrreiche Erörterung dieses Vorganges an der Hand der Täler in den Karnischen Alpen bei Futterer (Ueber Durchbruchstäler, Zeitschr. f. Erdk. XXX, 1895). — [124]) Sogen. Theorie von Jukes. Näheres bei Hilber (Anm. 117).

Von diesem Standpunkt ist es eine interessante Aufgabe, dem Verlauf alter Stammtäler nachzuspüren, was selbstverständlich nur durch genaueste Beobachtung in der Natur auf Grund von Sedimentresten etc. zum Abschluss gebracht werden kann, sodass grosse Vorsicht geboten ist. Aber die Aufsuchung derartiger Talzüge im Gegensatz zum heutigen Flussnetz führt trefflich in das Kartenstudium ein. Manche dieser Erscheinungen lassen sich selbst auf guten Uebersichtskarten verfolgen. Dahin gehört die einstige Fortsetzung des Hinterrheins über Vatis und Ragatz (Taf. 24), als die Talsohlen bei Reichenau noch weit höher lagen und die Senke von hier nach Chur noch nicht bestand[125]). Man nimmt ferner an, dass der Oberhalbsteiner Rhein von Tiefenkastel nordwärts über Parpan und Chur das grosse östliche Stammtal des Rheins bildete, bis rückwärts schreitende Erosion die Albula dem Hinterrhein zuführte[126]). — Bisher hatten wir es mit Fällen zu tun, wo das alte Stammtal noch die gleiche Gefällsrichtung wie das heutige Durchbruchstal hat. Indessen kann auch das Umgekehrte eintreten. Die Birs durchsetzt in ihrem Hauptquertal nicht weniger als vier Jurasättel in fast senkrechter Linie. Im weicheren Gestein dieser Antiklinalen ist es jedesmal zirkusartig ausgewaschen. Nach Funden von Vogesen- und Schwarzwaldgesteinen in einzelnen diluvialen Ablagerungen dieser Täler erblickt man in jener Folge von Durchbrüchen ein altes Stammtal, das vor der jugendlichen Emporfaltung des Jura über eine von N. nach S. geneigte Abdachung der heutigen entgegengesetzt sich hinzog[127]).

Wenden wir uns zu den auffälligsten Erscheinungen von Durchbruchstälern, wo die massgebende Wasserscheide ganz ausserhalb des querdurchsetzten Gebirges liegt oder das Sammelgebiet — ja mitunter gar das Quellgebiet — des durchbrechenden Stromes sich in niedrigerem Niveau als die durchschnittene Scholle befindet, so lässt sich der scheinbare Widerspruch in den relativen Niveauunterschieden im Einzelfall auch durch den Nachweis lösen, dass sich das Quell- oder Sammelgebiet erst später gesenkt hat, und zwar schritthaltend mit dem allmählichen Einschneiden des Tales.

Für diesen Fall sei an das Rheintal zwischen Bingen und Bonn erinnert[128]). Hier sprechen diluviale und pliocäne Schotterterrassen, aus Flussgeröll des Oberrheins bestehend, die man an den Gehängen des Haupttales und ähnlich in den Seitentälern in Höhen bis zu 250^{m} über dem heutigen Flussspiegel gefunden, dafür, dass die Zuflussgebiete einst weit höher gelegen haben müssen. Sie liegen jetzt rings um das Schiefergebirge tiefer als früher, aber die Eingrabung der Täler in die alten Schiefer ist nicht unterbrochen.

Die Tieferlegung des Quellgebietes kann aber auch durch ausgedehnte Abtragung geschehen, zumal wenn es sich über weichere Schichten ausbreitet. Es rückt dasselbe damit zugleich auf ein geologisch älteres Gebilde. Im härteren Gestein macht die

---

[125]) A. Heim, Beiträge, 1891, 469 ff. (s. Anm. 110). — [126]) A. Heim, Mechanik d. Gebirgsbildung, 1878, I, 321; als typisches Beispiel für die Möglichkeit, einen alten Flusslauf von der Karte abzulesen, galt uns nach Futterer (Anm. 123) das obere Tal des Piave in den Venetianer Alpen, das einst seine Fortsetzung in der Seensenke von S. Croce nach Vittorio zu gehabt haben sollte. E. Brückner (Die Alpen im Eiszeitalter III, 1908, 987) sucht im Gegenteil zu beweisen, dass der Piave niemals diesen Weg über den See von S. Croce genommen hat. — [127]) Nach A. F. Förste (s. Anm. 95). — [128]) R. Lepsius, Geologie v. Deutschland I, 1887, S. 215 ff.

Abtragung nur langsame Fortschritte, während die Erosion des im Fluss gesammelten Wassers die Talbildung auch in diesem mit Erfolg fortsetzt. Dann tritt die eigenartige Erscheinung ein, dass ein Fluss im ältern und tiefer gelegenen Gelände entspringt und dennoch eine härtere, jüngere und höhere Platte zerschnitten hat.

Der Donauzufluss der Altmühl kann hierfür als typisches Beispiel gelten[129]) (Atlas, Taf. 22). Ihre Quelle ist kaum 500 m hoch im Keuper der Frankenhöhe gelegen, während die von ihr durchschnittenen Juraplatten am Nordrand etwa 600 m an Mittelhöhe erreichen.

Die eben geschilderte Erscheinung ist jedoch nur eine Abart der viel weiter verbreiteten Auflagerung von sog. epigenetischen Tälern. Es handelt sich dabei um Eingrabung solcher durch eine mit der Zeit fortgewaschene Deckschicht hindurch in das Grundgerüst eines Gebirges. Die rätselhaften Antiklinaltäler (S. 417) mögen in häufigen Fällen entstanden sein, indem eine als Muldental gebildete Flusslinie beim tieferen Einschneiden den Sattel einer ursprünglich verdeckten Antiklinalfalte traf und die Richtung beibehaltend in dieser die (epigenetische) Talbildung fortsetzte. So erklären sich manche die heutige Sattelform des Vorderrheintales, das, als die Austiefung noch 1000 m weniger betrug, voraussichtlich noch Muldental war[130]).

Die epigenetischen oder aufgelagerten Täler[131]) finden sich besonders häufig auch im Gebiet alter Rumpfflächen, wo sie mit der Schichtenstreichung und den Höhenverhältnissen so vielfach in Widerspruch stehen. Wir denken sie uns angelegt in einer Zeit, in der jene Flächen mit jüngeren Sedimenten bedeckt von neuem dem Meere entstiegen sind. Die einzelnen Abdachungen wiesen den Flüssen nunmehr die Richtung, die sie auch auf dem ungleichen Untergrunde beibehielten, wo immer sie diesen beim tieferen Eingraben trafen. Erst nachdem dann die Abtragung die überlagernde Deckschicht allmählich wieder entfernt hat, trat das scheinbar Widersinnige ein, dass ein Fluss oft eine harte Scholle durchsetzt, statt auf kleinem Umwege dieselbe zu umgehen.

Als Beispiel kann man den Eintritt der Donau in die Vorhöhen des Böhmischen Gneismassivs zwischen Passau (Vilshofen) und Krems (Atlas, Taf. 14 u. 23) ansehen. Den Hauptbeweis für diese Bildungsweise werden stets die kleinen Reste ehemaliger Sedimentbedeckungen auf dem vom Fluss durchbrochenen Gebiet bilden; auf den Höhen des Donaugebirges lagern noch diluviale und pliocäne Gebilde über dem Gneis.

§ 171. Die Gliederung der Gebirge. Im Gegensatz zu der einförmigen Oberfläche von Ebenen und Tafelländern ist diejenige der Gebirge durch den steten Wechsel von Erhebungen und Tälern auf kleinem Raum mannigfaltig ausgestaltet. Auf ihm beruht der landschaftliche Reiz der Gebirgsszenerie, auf ihm auch vor allem die Zugänglichkeit und Wegsamkeit eines Gebirges. Je höher und ge-

---

[129]) Gümbel, Bavaria III, 1865, 756. — [130]) Heim, Beiträge 1891, 473. — [131]) v. Richthofen, Führer, 173 ff.

schlossener es ist, als ein um so grösseres Hindernis der Bewegung stellt es sich allen beweglichen Elementen der Erdoberfläche gegenüber dar. Wir dürfen dabei nicht allein an den menschlichen Verkehr denken, sondern ebenso sehr an die Wanderung von Tieren und Pflanzen, sowie an den Austausch der unteren Luftmassen. Richtung, Tiefe und Breite der Täler und deren gegenseitige Anordnung in ihrem Verhältnis zum Gebirgsfuss und zu den höchsten im Innern gelegenen Erhebungen kommen dabei in Betracht, andererseits die Lücken und Einschartungen in der Kammlinie der letzteren, die Pässe. Tiefenlinien und Tiefenpunkte sind es also wiederum, auf die wir bei Betrachtung der Gebirgsgliederung zunächst unser Augenmerk zu richten haben.

1. Die Tiefenlinie des Gebirgssaumes, die zunächst das Einzelgebirge zu individualisieren, von den benachbarten Landschaften zu trennen bestimmt ist, ist keineswegs immer leicht zu verfolgen. Nur wo die Randberge scharf ohne Vorhügel und Vorsprenglinge aus der Ebene sich erheben, wo sie von einem Saumtal (S. 419) begleitet sind, kann es ohne Schwierigkeit geschehen. Wie weit die Vorberge zum Gebirge gehören, wird meist durch den geologischen Befund mehr als durch den orographischen Bau entschieden werden können. Am unsichersten ist die Feststellung, wenn eine Gebirgsabdachung sich sanft und unmerklich ins Flachland senkt (Nordseite des Erzgebirges). Kurz, die ganze Frage ist nur ein Spezialfall aus der schwierigen Untersuchung der Abgrenzung natürlicher Landschaften. Sie erfordert besondere Sorgfalt bei Feststellung der Gebirgsgrenze zweier zusammenhängender Gebirgserhebungen, wie z. B. zwischen dem Alpengebirge einerseits und den Apenninen, dem Jura und den Illyrischen Alpen andererseits.

2. Die Schwierigkeiten wiederholen sich bei der Einteilung eines Gebirges[132]) in Hauptteile, Gruppen und Gebirgsstöcke. Die wissenschaftliche Geographie kann derselben behufs Uebersicht der wechselvollen Gebirgslandschaft so wenig entraten wie ein Staat der administrativen Einteilung seines Gebietes zum Zwecke der Verwaltung. Auch diese Gebirgseinteilung wird in erster Linie von den Tiefenlinien der Haupttäler und Talzüge oder besser Talsohlen ausgehen müssen, denn diese sind es, die das Gebirge im Innern gliedern. Wir lösen dabei gewissermassen den Begriff des Tales als einer einheitlichen Hohlform auf und weisen die beiden Talwände den durch die Talsohle geschiedenen Gebirgsteilen zu. Nicht immer kommen dabei die relativ tiefsten Einkerbungen der Kammlinien und Gebirgskörper in Betracht, da sie bei grosser Schmalheit oft nur untergeordnete Lücken in den einheitlichen Gruppen darstellen, sondern mehr die markanten breiteren Unterbrechungen der Gesamterhebungen. Es gilt, wie gesagt, Massive und Gebirgsteile von möglichst einheitlichem Bau, die doch oft eng mit einander verwachsen sind, aus dem Ganzen herauszuschälen. Wir wissen, dass dieser Bau vielfach von der

[132]) A. Böhm, Ueber Gebirgsgruppierung, Verh. d. VII. D. Geogr.-Tages in Karlsruhe, 1887, 152—58.

stofflichen Zusammensetzung, dem geologischen Befund abhängt. Wären alle Täler, die wir als Trennungslinien zwischen Gebirgsgruppen verschiedenen geologischen Baues benutzen, Scheidetäler im engeren Sinne (S. 417, Anm. 101), so würde eine Gebirgseinteilung nach orographischen wie geologischen Gesichtspunkten meist in Uebereinstimmung sein. Das ist indessen bekanntlich nur sehr selten der Fall, und so kommen beide oft in Widerstreit, sodass Geographen und Geologen hier und da selbst unter denselben Gruppennamen etwas anderes verstehen[133]). Wenn letztere bisweilen rein geologische Grenz- oder Strukturlinien an Stelle der Tiefenlinie setzen[134]), so vernachlässigen sie mit Unrecht den nicht minder wichtigen Faktor der Ausgestaltung der Gebirge, nämlich die fortgeschrittene Talbildung. Erst bei den Einzelbeschreibungen der Gebirge innerhalb der Länderkunde können diese Fragen durch Beispiele erläutert werden.

3. Geöffnet wird ein Gebirge durch jedes Tal oder jeden Talzug, der vom Kamm oder den inneren Gebieten bis zum Gebirgsfuss führt. Bei Kettengebirgen sind dies vorwiegend Quertäler, es sei denn, dass sie wie die Alpen im Osten oder die südamerikanischen Anden im Norden der Tienschan im Westen neben den beiden Querabdachungen noch eine Endabdachung besitzen, von der aus langgestreckte Längstäler in das Herz des Gebirges führen. Trotz der Verkürzung des Weges bilden die unmittelbar zum Hauptkamm eines Gebirges führenden Quertäler keineswegs immer einen bequemen Zugang. Grössere Steilheit des Aufstiegs und die in ihnen häufig auftretenden Engpässe beeinträchtigen ihre Benutzung zuweilen derart, dass der Verkehr weite Umwege vorzieht. Die Klausen des Eisack unterhalb Brixen (Taf. 23) haben Jahrhunderte die vom Brenner kommende Heerstrasse über den westwärts führenden Jochkamm des Jaufen ins Passeiertal geleitet. Jede Längstalstrecke, die sich den in ein Gebirge führenden Talzügen eingliedert, mildert daher die Steilheit des Aufstieges, wenn auch oft auf Kosten der Wegeverkürzung. Auf dem vielfach verschlungenen Talnetz der Alpen beruht die ausserordentliche Wegsamkeit dieses Hochgebirges, während eine solche beispielsweise dem chinesischen Tsingling-Gebirge (südlich vom Wei-ho, 35° Br., Taf. 38) wegen des Fehlens jeglicher Längstalbildung in hohem Masse abzugehen scheint[135]).

4. Gebirgskamm. So treten wir an die höchsten und geschlossensten Partien des Gebirges heran, an den Kamm. Seine Gestaltung hängt eng mit dem Bau des Gebirges und seiner Geschichte zusammen. Im Plateaugebirge und abgetragenen Rumpfgebirge breit und wallförmig und ohne grösseren Wechsel von Gipfeln und Ein-

---

[133]) So begreifen die Schweizer Geologen unter dem Finsteraarhornmassiv den gesamten mehr als 100 km langen Zug krystallinischen Gesteins, der orographisch durch Aar- und Reusstal in die drei Gebirgsstöcke des Finsteraarhorns, Dammastocks und der Tödigruppe gegliedert erscheint (Taf. 24). — [134]) C. Diener, Die Gliederung der Alpen, Verh. d. IX. D. Geogr.-Tages in Wien, 1891, 46—52. — [135]) v. Richthofen, China II, 1882, 576.

senkungen, wird er zum schmalen Grat bis zur Schneide mit unruhigem zackenartigen Profil, wo er in Höhen emporreicht, in denen bei vermehrten Niederschlägen Verwitterung und Erosion emsig an ihm nagen. Den Scheitel oder die Schnittlinie, in der sich die Flanken eines Gebirgsstocks treffen, nennen wir die Kammlinie (Kammscheitellinie, vergl. S. 433). Auch beim Wallkamm wird sich unschwer eine Höhenlinie finden lassen, die die flachen Abdachungen eines Scheitels scheidet. Sie fällt in der Regel mit der Hauptwasserscheide des Gebirgsteiles zusammen. Der horizontale Verlauf dieser Kammlinie, wie wir ihn von der Karte ablesen, spiegelt die Kammentwickelung wieder. Beim einfachen Kammgebirge geradlinig oder gebogen verlaufend, windet sie sich im Zickzack, wenn wechselständig die Talwurzeln in die Seitengehänge eingreifen (Thüringerwald, Taf. 21). Hat die Erosion aus einem breiten Gebirgsstock Seitenkämme (Jochkämme) herausgeschnitten, so gestaltet sich die Kammlinie bald fiederförmig (Walliser Alpen, Taf. 24), bald strahlenförmig (Oetztaler Alpen, Taf. 23), je nachdem das System von Quertälern nur von zwei oder von allen Seiten in den Gebirgskörper eingreift. Man beschränkt gern den Namen des Gebirgsstocks auf die Erhebung mit strahlenförmiger Kammlinie. Jochkämme zweiter Ordnung setzen sich dann wieder fiederförmig an die ersten u. s. f. Die Kettengebirge haben parallele Kammlinien, die oft nur durch ganz niedrige Querkämme in Verbindung stehen.

Bei der rohen orographischen Skizze (Faustzeichnung) begnügen wir uns mit der Eintragung der Horizontalprojektion dieser Kammlinie in der Form eines kräftigen Striches (Fig. 73 auf S. 408). Da die ausgeführte Terrainkarte, die nur die schräggestellten Flanken durch Bergstriche markiert, sie ausser acht lässt, ist es keine nutzlose Studie, den genaueren Kammlinienverlauf in derselben zu verfolgen, insbesondere in ihrer Abweichung von der Wasserscheide. Für orometrische Zwecke ist dies eine der wichtigsten Vorbedingungen (S. 433).

Die Kammscheitellinie begreift die Kulminationspunkte aller Querprofile, die wir durch einen Gebirgskamm legen, in sich und zieht im allgemeinen über alle Gipfel derselben hinweg. Diese letzteren sind es, die sich im Bergpanorama um so mehr abheben, je mehr sie aus den benachbarten Einsattelungen hervortreten, je mehr, wie man sagt, der Kamm ausgeschartet ist (S. 436). Nach den Gipfeln orientieren wir uns bei der Umschau von einem Höhenpunkt, und der kulminierende Gipfel leiht uns vielfach für eine ganze Berggruppe den Namen her. Seine Höhe vertritt (S. 381) gewissermassen das Niveau, bis zu welchem die Gesamtheit der höchsten Gipfel aufsteigt. Als Aussichtspunkt und Wetterwarte in unserer Zeit häufig mit festen Wohnstätten versehen, bilden die Gipfel im Hochgebirge immer zahlreicher das Ziel für den Wagemut der Bergsteiger. Ein Hochgebirge erschliessen eisst für den Touristen im Grunde nur die Erklimmung sämtlicher Spitzen [136]).

---

[136]) S. die „Erschliessung der Ostalpen", herausg. vom Deustch-Oesterr Alpenverein, 3 Bde., Berlin 1893/94.

§ 172. Die Pässe[137]. Nicht jede Einschartung in eine Kammlinie ist ein Gebirgspass. Wir verstehen darunter im allgemeinen die relativ tiefste und zugleich von den Flanken zugänglichste Stelle eines Gebirgsüberganges. Ein Gebirgspass — oder kurzweg Pass im Gegensatz zu den oben besprochenen Engpässen innerhalb der Täler (S. 428) spiegelt das Querprofil des Gebirgskammes oder der Erhebung, der es angehört, wieder. Unmerklich steigen wir zum breitschultrigen Wallpass auf, wie er die Abdachungen des Skandinavischen Hochgebirges trennt (s. Gudbrandsdalen, 62° Br. in Norwegen, Taf. 31) und den Rumpfgebirgen eigen ist (Harz). Im kleinen wiederholen sie sich bei manchen Talwasserscheiden (Toblacher Feld). Meist ist der Pass sattelförmig, hat beiderseits einen steilen aber gewöhnlich ungleichmässigen Anstieg (St. Gotthard, Profil Taf. 24), den der Wegebau nur durch grosse Strassenschlingen erklimmt. Auf der Passhöhe flacht er oft zu einer kleinen, sumpfigen und seenbedeckten Hochfläche ab (Oberalppass, Profil Taf. 24). Die grosse Zahl der nur als Saumpfade dienenden Uebergangsstellen über die Kammscheide der Hochgebirge treten unter vielfachen Lokalnamen (Joche, Tauern) als schärfere Einschartungen in das Längsprofil der Kammlinie hervor (Schartenpässe). Am wichtigsten für den Verkehr sind die Furchenpässe, die tief in das Grundgerüst eines Gebirges einschneiden und daher in ihrem Verlauf einem tief eingesenkten Quertalzug gleichen (Brenner, Reschenscheideck). Lückenpässe, die einen Gebirgskamm den Klammen ähnlich mit senkrechten Wänden tief durchschneiden, sind dagegen selten.

Die Passübergänge oder Passlinien. Bei Beurteilung des Wertes eines Passes für den Verkehr kommt wesentlich seine absolute Höhe neben der Eigenart seiner Zugangstäler in Betracht. Es ist ein Unterschied, ob ein solcher vermöge seiner Höhe das ganze Jahr zu benutzen ist oder durch den Schneefall für Monate brach liegt. Das letztere gilt von den Hauptpässen der Schweiz, von denen kaum einer unter 2000 m herabgeht. — Unmittelbare Passübergänge mit einmaligem Auf- und Abstieg in gegenseitigen Quertälern dienen dem Grössverkehr wegen der Steilheit des Weges wenig. Wo sie gesellig auftreten wie im südwestlichen Norwegen — dort endigen die Fjordtäler mit hohem Talabschluss am Kamm — bildet das Gebirge eine scharfe Scheide des Verkehrs. Quer über die Hohen Tauern und die Berner Alpen führen nur Saumpfade und Fusssteige. — In Ketten- und Rostgebirgen bildet das stark verzweigte Talsystem vielfache Gelegenheit zu durchgreifenden Passlinien. Indem eine Reihe von Ketten in Durchgangstälern durchschnitten werden, nähert man sich dem einzigen zu überwältigenden

---

[137]) v. Richthofen, Führer, 705; A. Hettner (Die Terminologie der Oberflächenformen; Geogr. Zeitschr. XVII, 1911, 138) will den Ausdruck Pass entweder ganz der Morphologie oder ganz der Verkehrsgeographie überlassen, ohne jedoch einen zweiten Namen vorzuschlagen. Indessen werden gerade die tiefsten und dabei zugänglichsten Einschartungen in die Kammlinie zu „Pässen", weil man sie passieren kann.

Kammpass ganz allmählich durch grössere Haupttäler. Dort, wo diese letzteren verlassen werden und die Strassen in die Passzugangstäler einbiegen, pflegen die zu bewachenden Endpunkte der Passlinie zu liegen. Die Fusspunkte des Passes selbst finden sich dort, wo man aus dem oberen Zugangstal tretend sich dem Steilaufstieg des unmittelbaren Passgehänges zuwendet.

Nicht immer liegen diese Stationen in so gleichmässiger Entfernung von der Passhöhe, wie beim St. Gotthardpass (Profil in Taf. 24), wo Andermatt (genauer Hospental) und Airolo seine Fusspunkte, Altdorf und Bellinzona die Endpunkte des Passübergangs oder der Passlinie darstellen. Es ist eine empfehlenswerte Aufgabe des Kartenstudiums, diese Fuss- und Endpunkte anderweitiger Passlinien nach Lage und Höhe festzustellen und schematische Profile der letzteren in der Art der auf Taf. 24 gegebenen zu entwerfen. Unsere Handatlanten enthalten aber bei einer Fülle von Höhenangaben für Gipfel leider noch immer zu wenig solche für Talpunkte.

Eine Abart der letzteren Gattung sind die Wechselpässe, mittelst deren man ein Gebirge durchschreiten kann ohne einen Kammpass zu ersteigen. Sie finden sich, wo ein durchbrechender Talzug seine Wurzeln bis in ein auf der jenseitigen Abdachung gelegenes Tal oder einen Talzug erstreckt, der sich zugleich nach der Gegenseite des Gebirges öffnet. Der eigentliche Uebergang erfolgt dann mittelst einer Talwasserscheide (S. 414). Wechselpässe finden sich häufiger in Gebirgsketten, bei denen einzelne Flüsse zahlreiche Ketten in Durchbruchstälern zerschneiden (Faltenjura), oder solchen, bei denen langgestreckte Hochflächen zwischen parallelen Rücken eingeschaltet sind (Mittel-Apenninen).

Ein leicht zu verfolgender Wechselpass ist der von Saifnitz oder Tarvis (Taf. 23), der freilich nur die Karnischen Alpen durchzieht und Kärnten mit Friaul verbindet. Hier begegnet sich die tief ins Gebirge eingreifende Fella (Zufluss des Tagliamento) mit einem Seitenflüsschen der Gail (Drau) in einem nur 800 m hohen Längstal. Auch der Pass von Reschenscheideck kann als Wechselpass in gewissem Sinne angesehen werden, wenngleich die Talwasserscheide hier an der Stelle eines tief eingesenkten Furchenpasses, nicht jenseits eines solchen liegt. Der Südpass in den Felsengebirgen (Wyoming, Taf. 43) ist ein Wechselpass. Bei Aufsuchung solcher Wechselpässe auf Uebersichtskarten aussereuropäischer Länder ist übrigens grosse Vorsicht geboten, da mangelhaft gezeichnete Querkämme oft den Anschwellungen von Talwasserscheiden gleichen.

§ 173. Orometrische Werte[138]. Die Bergausmessung, zu der wir nunmehr erst übergehen können, bezweckt die vielgestaltige Form einer Erhebung, eines Gebirges durch einige leicht überschaubare Zahlen zu kennzeichnen und damit der Vergleichung der Einzelgebilde

[138]) Nachdem Humboldt (1825) durch Berechnung einiger Mittelwerte für Kammhöhen und Pässe Anregung gegeben, ist es besonders v. Sonklar gewesen, der 1859—73 in zahlreichen fleissigen Einzelarbeiten ein orometrisches System ausbildete. Es ist zusammengefasst in seiner Allg. Orographie 1873, 173—192. Daran hat man später wieder angeknüpft, seine Methoden kritisierend und verbessernd; die sorgfältigsten Messungen für ganze Erhebungen liegen von L. Neumann vor (Orometrie des Schwarzwaldes, Geogr. Abh. Wien I, 2, 1886, und des Kaiserstuhls, Zeitschr. f. wiss. Geogr. VII, 1888). Von besonderem Wert sind die methodischen Erörterungen Peuckers (Beiträge zur orometr. Methoden-

und ihrer Teile untereinander grösseren Vorschub zu leisten, als es durch die Beschreibung geschehen kann. Sie will ferner die einfach von der Karte abzulesenden Einzelzahlen durch Mittelzahlen ersetzen. Die wichtigsten Methoden der Messung und Berechnung von geographischen Höhen, Linien, Flächen, Raumgrössen, die immer ein gutes topographisches Kartenmaterial voraussetzen, sind früher behandelt (§ 113—115). Hier ist zu besprechen, welche Werte bei der Gebirgskennzeichnung besonders in Betracht kommen.

Methodische Vorbemerkung. Wenn bis heute auf einem Felde, dessen Anbau Humboldt schon vor langen Jahren angebahnt hat, noch immer wenig Vergleichsmaterial vorliegt, so beruht dies nicht darauf, dass die Messungs- und Berechnungsmethoden noch nicht scharf genug wären. Sie genügen für die hier allein ins Auge zu fassenden Näherungswerte jetzt vollkommen. Denn es ist nicht Absicht der Orometrie, die Gebirgsgestaltung erst wieder mit geodätischer Schärfe auszumessen, sondern den Rohbau der Formen durch wenige Mittelzahlen zur Anschauung zu bringen. Jede Mittelzahl ersetzt die in der Natur vielfach gewundene Linie oder wechselvolle Fläche durch solche von einfachstem Verlauf, verwandelt damit also in unserer Vorstellung von selbst den Gebirgskörper in Idealfiguren, deren Umrisse einfacher Berechnung zugänglich sind. Das Ziel der Orometrie ist, diese Idealfigur nach Volumen und äusserer Gestalt möglichst dem wahren Gebirgskörper anzuschmiegen, aber nicht das Bild des letzteren im einzelnen durch Zahlen zu ersetzen. Man darf sich also auch über die Grenzen des auf diesem Gebiete Erreichbaren nicht täuschen. Die fraglichen Berechnungen hängen daneben so vielfach in ihren Resultaten von der Güte des Kartenmaterials und der gar nicht zu beseitigenden Willkür in der Auffassung des Berechners z. B. in betreff von Ansatzpunkten der kartographischen Ausmessung im einzelnen, kurz von so vielen Fehlerquellen ab, dass man sich im allgemeinen zufrieden geben kann, wenn die Ergebnisse von der Wahrheit nur um einige Prozente abweichen. Wenn also, wie gesagt, die Berechnungsmethoden theoretisch ausreichen, so ist Schuld an dem Mangel ihrer Anwendung die immer noch verbleibende Mühseligkeit derselben. Zur Zeit besitzen wir deren nur für einige deutsche Mittelgebirge und verschiedene Gruppen der Ostalpen, der Tatra etc. Es wäre daher in hohem Grade erwünscht, wenn sich jüngere Kräfte dieser echt geographischen Aufgabe mehr zuwendeten und neue Ausmessungen nach festem Schema anstellten.

Die notwendige Voraussetzung ist freilich eine grössere Verständigung über die Auswahl und den Sinn der orometrischen Grundwerte. Die Messungsobjekte müssen nicht nur dem Namen nach, sondern auch ihrem Wesen nach gleich sein. In diesem Punkte hat die Orometrie noch nicht den Weg fester Vereinbarungen ihrer Vertreter beschritten, wie dies andere messende Hilfswissenschaften der Naturkunde — wir erinnern an Schädel- und Körpermesskunde — im Anfangsstadium ihrer Entwickelung tun mussten und getan haben.

Die Orometrie hat ihre Grundbegriffe zuerst an ausgeprägten Gebirgsformen, am dachförmigen Gebirgskamm gebildet, hat hierbei an den sich frei in die Luft erstreckenden Scheitel mit seinen

lehre, Diss. Breslau 1890), sowie M. Kandlers Arbeit „Kritik orometrischer Werte“ in Ratzels Beitr. z. Geogr. d. mittl. Deutschland, Leipzig 1899, 282—382, mit Anwendung auf den Thüringer Wald. A. Penck gibt in seiner Morphologie (1894) zwar einleitungsweise eine sehr wertvolle Zusammenstellung und Entwickelung morphometrischer Formeln, jedoch ohne Anwendungen und beschränkt sich später auf eine knappgefasste Geschichte der Orometrie (II, 339).

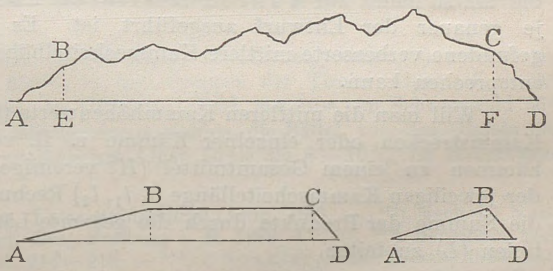
Gipfeln und Einsattelungen angeknüpft, sich nachmals der schwierigen Aufgabe zugewandt, den Gebirgskörper oder seine Teile von ihrer Basis zu lösen und zuletzt das Gehänge in Betracht gezogen. Bei der Ebene fallen diese drei Begriffe in einen zusammen, es bleiben zwar auch bei ihr noch genug Momente der Ausmessung und Berechnung — Länge, Breite, Umfang, Flächengrösse, mittlere Höhe, Neigungswinkel gegen den Horizont —, doch gehen wir nach den früheren Betrachtungen hierauf nicht weiter ein.

1. Der Scheitel. Es ist misslich, dass in der geographischen Kunstsprache das Wort Kamm für zwei ganz verschiedene Begriffe gebraucht wird, nämlich sowohl für einen dachförmigen Gebirgskörper als für dessen höchste Partien, den First, in dem sich die Abdachungen des Kamms schneiden. Dies hat namentlich in der Orometrie zu zahlreichen Missverständnissen geführt, die nur durch Spezialbezeichnungen für einen jener Begriffe zu beseitigen sind. Der Ausdruck Kammscheitel führt unsere Vorstellungen jedenfalls sofort auf die Höhen einer Erhebung; er ist dem des Kammfirstes vorzuziehen, weil Mittelgebirge im allgemeinen einen scharfkantigen First nicht besitzen. Der Name Kamm bleibe im Gebiete der Orometrie dem Gebirgskörper vorbehalten.

Man beginnt mit Aufsuchung der einzelnen Gebirgskämme auf der Karte in ihrer oft schwierigen Unterscheidung von Haupt- und Nebenkämmen (erster, zweiter etc. Ordnung) und Festlegung einer die Abdachungen des Kammscheitels trennenden Linie, der Kammscheitellinie (Kammlinie). Diese gilt es zunächst in ihren Höhenverhältnissen ziffernmässig festzulegen. Sie soll uns von der Krönung des Gebirges eine Vorstellung gewähren. Hiernach ist klar, dass diese Kammscheitellinie nicht bis an das Kammende im Tale oder am Aussenrande des Gebirges fortgeführt werden bezw. dort beginnen darf[139]). Auf- und Abstieg zum Kammscheitel gehören ebenso wie die seitlichen Abdachungen dem Kammgehänge an.

Wir verdeutlichen uns die Erhebungsverhältnisse eines Kammes durch das sog. Kammprofil, das selbstverständlich nicht nur die Kammscheitellinie (Fig. 74, BC), sondern auch ihre die Seitengehänge bis zum wasserscheidenden Gebirgsfuss trennenden Fortsetzungen (AB und CD) umfasst. Die Notwendigkeit, diese Anfangs- und Endglieder des Kammprofils von dem des Kammscheitels grundsätzlich zu trennen, geht ohne nähere Er-

Fig. 74.



[139]) Den gerade entgegengesetzten Standpunkt verteidigt Neumann (Kaiserstuhl, 328); seine Berechnungen geben daher gegenüber obiger Auffassung die Kammscheitellängen zu gross, die Kammscheitelhöhe zu niedrig an.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit. -Wych.

läuterung aus den extremen Formen ungegliederter Gebirgskrönung, dem Tafelberg und dem Kegel, hervor (Fig. 74). Je länger und je flacher nun eine Erhebung verläuft, um so mehr nähern sich das Kammscheitelprofil (E B C F) und das allgemeine Kammprofil (A B C D) einander, sodass nicht selten die Unterscheidung ohne Bedeutung ist. — Anfangs- und Endpunkt der Kammscheitellinie zu bestimmen ist nicht immer so einfach wie bei der Knickung des schematischen Kammprofils des Tafelberges. Pässe können, weil im allgemeinen noch dem Kammscheitel angehörig, zum Ansatzpunkt dienen. Bei einem Endgipfel endigt die Kammscheitellinie nicht im höchsten Punkte desselben, sondern am äusseren Abhang dort, wo sein Fuss auf der idealen Scheitelfläche aufruht (Fig. 74, B u. C).

Die auf- und absteigende Linie des Kammscheitels bewegt sich zwischen den leicht von der Karte abzulesenden absoluten Extremen des höchsten Gipfels und tiefsten Sattels. Die Orometrie setzt mittelst einfacher Durchschnittsrechnung an ihre Stelle zunächst die mittleren Extreme, nämlich die Mittelhöhe der höchsten Gipfel und tiefsten Sättel. Sie schreitet dann zu den mittleren Abweichungen von der Kammhöhe d. h. der Mittelhöhe aller Gipfel (G) und Sättel (S) (sog. mittlere Gipfel- und Sattelhöhe) vor. Schliesslich berechnet sie aus dem arithmetischen Mittel der beiden letzten die rohe mittlere Kammhöhe $(G + S) : 2$. Hierbei ist unter Höhe stillschweigend stets die absolute Höhe über dem Meeresspiegel gedacht. Das Ergebnis wird um so genauer werden, eine je grössere Zahl von Höhenpunkten in die Berechnung gezogen wird. Es muss ferner die mittlere Kammhöhe für die einzelnen Strecken eines Kammscheitels gesondert berechnet werden (um später auf die unten beschriebene Weise zu einem Mittel vereinigt zu werden), sobald diese Strecken von ausgesprochen verschiedener Höhe sind.

Zur Bestimmung der verbesserten mittleren Kammscheitelhöhe bieten sich, da es sich hier um eine Linie handelt, andere Wege. Entweder stellt man, mit einer festen, nicht zu grossen Zirkelöffnung auf der Karte der Kammlinie entlang schreitend, die Höhe einer grossen Zahl gleichabständiger Punkte fest[140]) — und zwar durch Schätzung der Höhen nach dieser Karte — und zieht daraus das Mittel, oder man wählt die graphische Methode der Ausmessung des gezeichneten Kammscheitelprofils (vergl. S. 259), die um so näher zur wahren mittleren Kammhöhe führen wird, je genauer der Entwurf ausgeführt ist. Es ist klar, dass die so gefundene verbesserte mittlere Kammscheitelhöhe nicht völlig der rohen entsprechen kann.

Will man die mittleren Kammhöhenwerte (h, h_1, h_2) verschiedener Kammstrecken oder einzelner Kämme z. B. von Haupt- und Nebenkämmen zu einem Gesamtmittel (H) vereinigen, so muss man dabei der jeweiligen Kammscheitellänge (l, l_1, l_2) Rechnung tragen. Es ist also die Summe der Produkte durch die gesamte Länge aller Kammscheitellinien (L) zu teilen.

$$H = \frac{hl + h_1 l_1 + h_2 l_2}{L} = \text{mittlere Kammscheitelhöhe.} \quad (1)$$

[140]) Peucker, Orometrische Methoden 24.

Die mittlere Kammprofillinie des Kaiserstuhlgebirges (18,9 km) hat man zu 412 m, die mittlere Kammscheitelhöhe (16,6 km) zu 427 m berechnet, was immerhin einen Unterschied von fast 4% ausmacht. Weniger weicht in diesem Fall die rohe Kammscheitelhöhe (419 m) von der verbesserten ab (428 m), und noch mehr nähern sich beide Werte, wenn man die Berechnung auf die ausgesprochen höhere Kammscheitelstrecke (12,8 km) beschränkt (450 m bezw. 453 m)[141].

Bei numerischen Vergleichen ist die erste Sorge, dass sie sich auf Objekte gleicher Ordnung beziehen. Es hat nur Sinn, Mittelzahlen für die Gesamt-Alpen denen anderer Hochgebirge wie des Kaukasus, der Pyrenäen etc. gegenüberzustellen oder aber einzelne Gebirgsstöcke der Alpen untereinander und etwa mit deutschen Mittelgebirgen zu vergleichen. Vor allem aber sollte man auch im Ausdruck zwischen der Hauptkammhöhe und der (allgemeinen) Kammhöhe unterscheiden, welche letztere alle Nebenkämme mit zu berücksichtigen hat. Für manche orometrischen Vergleiche wie z. B. die Durchgängigkeit eines Gebirges hat wesentlich nur der Hauptkamm eine Bedeutung, dessen Verhältnisse daher neben dem aller Kämme insgesamt angegeben werden müssen, eine Ausscheidung, die dem Berechner keine Schwierigkeit macht.

Nicht die mittlere Kammhöhe, sondern mittlere Hauptkammhöhe der Berner Alpen[142] (125 km) beträgt ca. 3000 m (rohe Bestimmung 3079 m, verbesserte 3023 m) Für den Schwarzwald hat man die Mittelhöhe sämtlicher Kämme (2281 km) zu 770 m berechnet, während die mittlere Hauptkammhöhe[143] (406 km) dagegen 900 m, also 17% mehr beträgt (beide Zahlen sind freilich, weil nicht auf den Kammscheitel beschränkt, etwas zu niedrig). Für die Hohen Tauern unterscheidet sich die rohe Hauptkammhöhe (2985 m) von der allgemeinen Kammhöhe (2725 m) noch um 9—10%[144].

Um den Grad der Ausschartung des Kammscheitels zu bezeichnen, bieten sich nun unter obigen Mitteln von Höhen- und Tiefenpunkten verschiedene Gegenüberstellungen. Unter mittlerer Schartung versteht man den Unterschied zwischen mittlerer Gipfel- und Sattelhöhe. Sie ist viel geringer, als man gemeiniglich nach dem Zahlenunterschied höchster Gipfel und tiefster Pässe annimmt, wie sie auf der Karte zuerst unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, aber sie erläutert ziffernmässig den Eindruck, den wir in der Natur wie im Bilde von einem Gebirgspanorama gewinnen.

Im Hauptkamm der Berner Alpen und Mittelpyrenäen[145] erreicht die mittlere Schartung etwa 350 m; in den Gruppen der Tiroler Alpen soll sie 200 bis 250 m kaum übersteigen, im Thüringer Wald nur 50 m, im Schwarzwald 36 m erreichen[146]. In diesen Mittelgebirgen werden die Sättel von den Gipfeln nur etwa um 5%, in den krystallinischen Alpen Tirols um 8—10%, im Hauptkamm

[141] L. Neumann, Kaiserstuhlgebirge (Anm. 138). — [142] Nach L. Neumann, Berichte d. naturf. Ges., Freiburg i. B. 1888, IV. — [143] Berechnet nach Neumann, Schwarzwald, 216—218. — [144] v. Sonklar, Hohe Tauern, 1866, 264; Brückner fand durch neue Berechnung den Hauptkamm zu 2956 m (Z. d. D.-Oesterr. Alp.-Vereins 1886, 167). — [145] Penck, Jahresb. der Geogr. Ges. München, 1885 (die zugehörige Tabelle in Bd. 1886). — [146] S. die Zusammenstellung bei Neumann, Schwarzwald, 233.

der Berner Alpen um 12%, in dem der Mittelpyrenäen um 14%, in den Vorarlberger Kalkalpen um 15% überragt.

Für die Zugänglichkeit eines Gebirges in verkehrsgeographischer Hinsicht kommt mehr die mittlere tiefste Ausschartung der Hauptkämme in Betracht d. h. der Unterschied der Mittelhöhen der höchsten Gipfeln und tiefsten Pässe im Verhältnis zu ersteren, ferner die mittlere Häufigkeit der tiefsten Pässe längs der Hauptkämme (Passabstand).

Die tiefste Schartung ist absolut genommen bei den mittleren Pyrenäen (Hauptkammlinie 333 km [147]) und den westlichen und östlichen Berner Alpen annähernd gleich (1000 — 1100 m), aber die geschlossenste Gruppe sind die letzteren (Finsteraarhorngruppe). Sie ist nur bis zu $^3/_4$ der Höhe benachbarter höchster Gipfel ausgeschartet (3025 m : 4124 m), dagegen sind es die westlichen Berner Alpen (2245 m : 3360 m) und Mittelpyrenäen (2069 m : 3054 m) bis zu $^2/_3$.

2. Unterbau, Sockel, Block. Die Mittelhöhe des Gebirgssaumes (bezw. der Gebirgsgrenzlinie) gibt uns die Höhe der Gebirgsbasis oder des Unterbaues [148]), auf dem das gesamte Gebirge ruht, und ebenso finden wir aus der mittleren Höhe der einen Gebirgsteil einschliessenden Talsohle (bezw. der begrenzenden Tiefenlinien) die Basishöhe des letzteren (Kammbasis). Längs der gekrümmten Basisfläche lässt sich also in der Idee der eigentliche Gebirgskörper von seinem Unterbau glatt trennen. An der Verwachsungsstelle mehrerer Kämme schliessen wir den Kammfuss durch geradlinige Verbindung der Anfangspunkte beider den Kamm begleitenden Täler. Man kann die mittlere Höhe dieser Saumlinien als die jeweilige mittlere Erosionsbasis des betreffenden Gebirgsteiles ansehen.

Wollen wir erfahren, bis zu welchem Niveau im Mittel alle Kammgehänge eines Gebirgsstocks herabsteigen, so müssen wir, da die Kämme zwei Gehänge besitzen, alle sich zwischen die Kämme einschiebenden Täler doppelt, alle den Fuss begleitenden einfach in Rechnung ziehen. Diese letzteren ausschliessen, hiesse den Hauptkamm hierbei ohne Unterbau lassen [149]). Die mittlere Talhöhe in dieser Ausdehnung mag rohe Sockelhöhe der Gebirgskämme genannt werden.

Um diese orometrischen Werte zu bestimmen, kann man den Gebirgssaum bezw. den Gesamtverlauf der Talsohlen (mit Einschluss des untrennbaren Saumes [150]) als in sich zusammenhängende Kurven betrachten und die Mittelhöhen wie bei den Kammlinien durch gleichabständige Punkte finden. Jedes innere Tal muss aber aufwärts und abwärts geschritten werden. — Oder man misst Länge und

[147]) Berechnet nach Penck, s. Anm. 145. Hier sind die Mittelpyrenäen vom Pass von Canfranc am Pic du Midi bis zum Col de la Perche genommen (Atl. Taf. 29, Nebenkarte, 1:2 500 000). — [148]) Was hier der Unterbau genannt ist, bezeichneten Brückner (s. Anm. 144) und Neumann nicht mit Unrecht als Sockel, denn ein solcher schliesst oben mit glatter Fläche ab; indessen hat v. Sonklar diesen Namen bereits für ein höheres, mit Kuppenform in den Gebirgskörper von unten eingreifendes Postament der Kämme eingeführt; für letzteres würde freilich der Name Gebirgskern besser passen (s. auch Peucker, Orom. Meth., 15). — [149]) Neumann schliesst (Schwarzwald, 220) seltsamer Weise ausdrücklich den Gebirgssaum aus und gibt später den ganzen Sockelbegriff auf (Kaiserstuhl, 366); s. Peuckers sehr richtige Einwände a. a. O. 19. — [150]) Peucker, 17.

Mittelhöhe jedes Einzeltales und teilt nun die doppelte Summe der Teilprodukte von Länge und Höhe der innern Täler ($2H \,.\, T$), vermehrt um das Produkt für den Gebirgssaum ($H_1 \,.\, S$) durch den gesamten Talverlauf ($2\,T + S$).

$$\text{Rohe mittlere Sockelhöhe (sog. mittlere Talhöhe)} = \frac{2\,H \,.\, T + H_1 \,.\, S}{2\,T + S} \quad (2)$$

Ein strengeres Verfahren berücksichtigt die jeweiligen Kammareale (f) unter Ausschluss der breiten Talsohlen und bildet aus dem Produkt derselben in die Mittelhöhe der die einzelnen Kämme einschliessenden Täler, welche sich aus $h = (h \,.\, t + h_1\, t_1) : (t + t_1)$ berechnen, lauter Einzelsockel ($f \,.\, h$), um sie auf bekannte Weise zu einem einzigen Sockel auszugleichen.

$$\text{Verbesserte mittlere Sockelhöhe} = \frac{f \,.\, h + f_1 \,.\, h_1 + f_2 \,.\, h_2 + \ldots}{F} \quad (3)$$

Der Gebirgsblock. Man berechnet die mittlere Massenerhebung oder die Höhe des völlig über seiner Grundfläche ausgebreiteten Gebirgsblocks aus seinem Volumen, indem man letzteres durch die Grundfläche teilt. Das allgemeine Verfahren zur Volumenbestimmung unter Ausnutzung der Höhenschichten-Karten ist früher geschildert (S. 262). Bei Plateau- und Kuppengebirgen ist dies das allein Anwendbare.

Für Hochgebirge mit deutlich ausgebildeten Kämmen hat man das Volumen in erster roher Annäherung auch dadurch bestimmt, dass man dem Inhalt des Sockels denjenigen des Kammes (K) hinzufügt. Der letztere wird hierbei als ein dreiseitiges liegendes Prisma von gleichschenkeligem Querschnitt aufgefasst, dessen spitze Kantenwinkel gleich dem mittleren Gehängewinkel (α) sind (s. u.). Dann folgt, wenn c die relative mittlere Kammhöhe, l die Länge aller Kämme bedeutet, nach bekannten Formeln $K = c \,.\, (c \,.\, cotg\ \alpha) \,.\, l$. Das Ergebnis wird um so richtiger, je mehr sich im Gehänge die konvexen und konkaven Teile ausgleichen [151]). — Wenn man erfährt, dass die mittlere Massenerhebung der Hohen Tauern, nach der letzten Methode berechnet [152]), zu 1912 m und 1985 m, dagegen mittelst Ausnutzung der Höhenschichtenkarte [153]) (1 : 75 000, Stufenhöhe der Isohypsen 300 m) zu 1830 m gefunden ist, wird man nicht im Zweifel sein, dem letzteren Wert den Vorzug zu geben.

Hiermit haben wir nun drei neue mittlere Tiefenniveaus gewonnen, um alle möglichen Ueberhöhungen und relative Höhen nach Bedürfnis und Geschmack zu berechnen. Jedoch ist eine beliebige Vereinigung der früher gefundenen Höhen mit diesen Tiefenniveaus nicht gestattet. So kann man unter relativer Hauptkammhöhe nur die Differenz zwischen absoluter Hauptkammhöhe und Höhe seines Unterbaues, ebenso unter relativer Kammhöhe nur die Ueberhöhung der mittleren Kammhöhe über den sog. Sockel verstehen.

Die Gebirgsbasis des Schwarzwaldes liegt etwa 325 m über dem Meeresspiegel, die rohe Sockelhöhe berechnet sich (aus 2100 km Tallänge im Innern von 546 m Höhe und ca. 580 km Saumlinie in 325 m Höhe) nach Formel (2) zu 502 m, die Blockhöhe oder mittlere Massenerhebung zu 636 m (die

---

[151]) Neuere Orometriker verwerfen dieses Verfahren, indem sie — wohl etwas zu weit gehend — nur eine seltene Beziehung zwischen Kammvolumen und Gehängewinkel zugeben. S. Peucker, 35; Neumann, Kaiserstuhl, 369. — [152]) v. Sonklar, Hohe Tauern, 1866, 285 und Gsaller (Zeitschr. des Deutsch-Oesterr. Alpenvereins 1886, 150). — [153]) E. Brückner, (ebenda, 175).

wahre Sockelhöhe kennt man bis jetzt noch von keinem Gebirge). Hiernach ist (vergl. S. 435) die relative Hauptkammhöhe 575m (900m — 325m), die relative allgemeine Kammhöhe dagegen nur 268m (770m — 502m).

3. Talgefälle und Gehängeneigung. Das mittlere Gefälle eines Tales wird einfach aus dem Neigungswinkel (α) im Profildreieck gefunden, welches die ganze Tallänge (t) zur Grundlinie, die gesamte Fallhöhe (h) d. h. den Unterschied der Höhe des Talanfangs von dem des Talendes zur Höhe hat: $\text{tang}\ \alpha = h : t$ (S. 258). In diesem Mittel verschwinden also alle einzelnen Abstufungen des Gefälles, wie sie aus einem genauen Profil hervortreten würden, vollkommen. Als mittleres Gefälle einer Mehrzahl von Talsohlen betrachten wir den Durchschnitt der Fallwinkel der einzelnen, wobei man begreiflicher Weise nur die gleichartig gebildeten je für sich zusammenfassen darf.

In jedem Gebirge heben sich leicht Längs- und Quertäler nach dieser Richtung ab. Die Längstäler, welche die Hohen Tauern begleiten [154]), haben durchschnittlich nur ein Gefälle von $^1/_2{}^0$, die Hauptquertäler ein solches von $5 - 6^0$, und die Gehängetäler (Quertäler zweiter Ordnung) von $10 — 12^0$ steigend bis auf 18^0. Im Schwarzwald finden sich unter 163 Tälern kaum sechs, deren mittleres Gefälle eine Neigung von $5 — 6^0$ übersteigt.

Gehängewinkel [155]). Das Kammgehänge fällt vom Gebirgskamm in Stufen verschiedener Neigung bis zur Talsohle herab. Bei scharf ausgebildeten Kämmen bildet das Gehänge eine konkave Fläche. Betrachten wir erst ein einzelnes Kammgehänge für diesen Fall. Die mittlere Neigung können wir dann ebenso wie das Talgefälle, aus einem Profildreieck finden, dessen Grundlinie die mittlere Breite des Kammgehänges (b) und dessen Höhe die ganze Fallhöhe, d. h. in diesem Falle die relative Höhe des Kammes (c) über der Talhöhe an seinem Fusse ist, also

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{c}{b} = \frac{\text{relative Kammhöhe}}{\text{mittlere Breite des Kammgehänges}} \qquad (4)$$

Nun ist aber offenbar der Flächeninhalt (f) dieser einseitigen Kammbasis (d. h. der Horizontalprojektion des schrägen Kammgehänges) gleich dem Produkt aus der mittleren Breite (b) und der mittleren Länge (λ) des Gehänges, $f = b \,.\, \lambda$, also lässt sich diese Breite durch Grössen ersetzen ($b = f : \lambda$), die mit grösserer Sicherheit zu bestimmen sind. Es ist also

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{c \,.\, \lambda}{f} = \frac{\text{relative Kammhöhe} \times \text{Gehängelänge}}{\text{Gehängefläche}} \qquad (5)$$

Diese Länge des Gehänges ist aber nichts anderes als das arithmetische Mittel zwischen der oberen Gehängegrenze d. h. der Kammscheitellinie l und der unteren d. h. der Kammfusslinie. Die gleiche Betrachtung lässt sich nun erweitern auf die beiden Kammgehänge und schliesslich auf sämtliche Gehänge eines Gebirgsstocks. Die Länge des Gehänges wird in diesem Fall dem Durchschnitt zwischen der

[154]) v. Sonklar, Hohe Tauern, 284. — [155]) Ueber den Gehängewinkel siehe Peucker, 45.

gesamten Tal- und Saumlänge ($2\,T + S$) und der doppelten Länge des Kammscheitels ($2\,L$) entsprechen. — Wird diese Berechnung auf die Gehänge eines Tafelberges angewandt, so tritt an die Stelle der doppelten Kammlänge folgerichtig die Länge des Plateaurandes. Auf diese Weise wird der Zusammenhang des mittleren Gehängewinkels mit dem mittleren Böschungswinkel klar. Es ist früher gezeigt, wie man die Böschungswinkel eines zwischen zwei Isohypsen eingeschlossenen Geländestreifens berechnet (S. 261). Lösen wir nun ein Gehänge in lauter gleichabständige Höhenstreifen auf, so wird die mittlere Böschung (β) gleich sein dem Produkt aus dem Höhenlinienabstand (x) in die Summe sämtlicher Isohypsenlängen, geteilt durch das Areal des Gehänges, d. h. der Grundfläche des Kammes [156])

$$\text{tang}\,\beta = \frac{x}{F}(l_1 + l_2 + l_3 + \ldots) \qquad (6)$$

Man sieht, dass dieser mittlere Böschungswinkel (β), der sich bei geringem Isohypsenabstand allen Biegungen des Bodens anschliesst, etwas anderes ist als der (rohe) Gehängewinkel (α), der nur die Gesamtabdachung eines Gebirgsstocks markiert. Bei Berechnung des Areals der Kämme müssen die breiteren Talflächen ausgeschieden werden.

Während im Hügelland [157]) der mittlere Böschungswinkel selten $2-3°$ übersteigt, erreicht er im Rumpfgebirge $5-10°$, in stärker gefalteten Ketten (Jura, Voralpen) $15°$, in Hochgebirgsgruppen $20-30°$, in einzelnen Spitzen daselbst, ähnlich wie bei den höheren Stufen der Vulkankegel, $30°-35°$; selten übersteigen Talgehänge $40°-45°$. Es sind dies im allgemeinen also weit geringere Neigungen, als man nach dem Anblick der Gehänge von der Talseite aus vermutet.

VI. Seen und Flüsse.

§ 174. Die Seen [1]). Die kleinen, ringsum von Böschungen umschlossenen Hohlformen der Landoberfläche, die wir als Becken oder Wannen den Tälern gegenüberstellen (S. 377), verraten sich in der Natur wie auf der Karte meist nur so weit, als sie mit Wasser gefüllt

[156]) Vergl. die strenge Entwickelung bei Finsterwalder (s. o. S. 260, Anm. 116), eine andere elementare bei Penck, Morph. I, 47. — [157]) Vergl. Peucker in Verh. d. V. internat. Geogr.-Kongr., Bern 1891, 554, mit weiteren Einzelausführungen.

[1]) Aus wenigen Beobachtungen an Landseen hat sich allmählich eine eigene Spezialwissenschaft, die Limnologie oder Seenkunde entwickelt, deren umfassende, weit über den Rahmen der Geographie hinausgehende Gesichtspunkte zum ersten Male von F. A. Forel in einer grossartig angelegten Monographie über den Genfer See (Le Léman, Lausanne I, 1892, II, 1894) und später in seinem „Handbuch der Seenkunde", Stuttg. 1900 im Zusammenhang niedergelegt sind. v. Richthofen (Führer, 261—291) verweilt besonders bei den verschiedenartigen Möglichkeiten der Seebeckenbildung, ordnet die Seen aber zum Schluss nach geographischen Gruppen, welchen letzteren Gesichtspunkt Penck, Morph. II, eingehend durchführt. Die Literatur über die Seenforschung wächst mächtig an. Ueber die Hauptfortschritte, soweit sie den Geographen interessieren, berichtete im Geogr. Jahrbuch E. Rudolph, neuerdings W. Gerbing.

sind. Aber es gibt namentlich in den Trockengebieten der Erde auch leere Wannen, die vermöge der geschlossenen, den Boden überhöhenden Umrandung ein stehendes Wasser d. h. einen Landsee aufnehmen könnten, oder entleerte Becken, die ehedem einen Seespiegel enthielten. Seen gehören zu den veränderlichsten und damit in ihrem heutigen Auftreten jugendlichsten Erscheinungen im Antlitz der Erde.

1. Die Seenkunde ist von rein räumlichen Betrachtungen der Seefläche ausgegangen, indem man deren Umrissgestalt festlegte, die Grösse mass, die Höhenlage bestimmte, um erst spät durch vereinzelte Tiefenmessungen eine annähernde Vorstellung von der durch das Wasser verdeckten Hohlform selbst zu gewinnen. Neuerdings ist man mit letzteren systematisch vorgegangen und hat damit Material zu einer ausgiebigen Beschreibung zahlreicher Seebecken nach ihrer äussern Gestalt bekommen, wie sie die Vorbedingung für viele weitere Fragen ist[2]). Da es sich hierbei um ähnliche morphometrische Methoden handelt[3]), wie sie uns im Vorhergehenden beschäftigten, verweilen wir dabei nicht. Einzelnes kommt im folgenden zur Sprache.

Anders als bei den Tälern, wo das in ihnen herabgleitende Wasser sehr wesentlich zur Erhaltung, ja weiteren Austiefung der Hohlform beiträgt, ist die Wasserfüllung im ganzen belanglos für die eigentliche Bildung der Seebecken. Sie verteilt zwar die in den See gelangenden Sedimente gleichmässiger über den Boden und bei grösseren Seen erleiden die Ufer durch die Bewegung des Seespiegels eine feinere Ausgestaltung — es bilden sich Strandterrassen —, aber das Wasser schafft nicht die Wanne selbst. Die mannigfachen Vorgänge, welche diese hervorrufen, lassen sich im Grunde auf solche der Einsenkung, der Ausräumung und der Abdämmung zurückführen. Diese bilden die Grundlage für die zum Teil bis ins feinste ausgebauten genetischen Seensysteme[4]).

Beispiele der verschiedenen Bildungsweise lassen sich zweckmässig mit einer Betrachtung der geographischen Verbreitung der Seen verbinden, da in gewissen Regionen die eine oder andere Art der Beckenbildung vorherrscht, wenn auch jeder einzelne See in Wahrheit erst der Untersuchung bedarf, um ihn einer bestimmten Klasse zuzuweisen.

---

[2]) Neben prächtigen Karten grossen Massstabes für Einzelseen (wie z. B. die von den Uferstaaten 1894 herausgeg. Bodenseekarte 1 : 50 000 mit 10^{m} Höhen- und Tiefenlinien) hat man Seeatlanten für Gruppen von kleinen Seen (namentlich der Alpenseen, der französischen Seen, der schottischen Seen etc.) auszugeben begonnen, die neben Tiefenkurven zahlreiche Profile mitteilen. Seentypen s. in Berghaus, Phys. Atl., Taf. 18. — Einfache Apparate zu Tiefenmessungen in Seen beschreibt W. Ule, Pet. Mitt. 1894, 213. — [3]) Als durchgeführte Muster können Pencks Morphometrie des Bodensees in Festschr. d. Geogr. Ges. in München, 1894 und W. Halbfass, Morphometrie d. Genfer Sees (Zeitschr. Ges. f. Erdk. XXXII, 1897) gelten. — [4]) v. Richthofen unterscheidet im „Führer“ 38 Arten von Seen, G. R. Credners System (Die Reliktenseen, Erg.-Heft Nr. 86 u. 89 zu Pet. Mitt. 1887 u. 1888) deren gegen 40.

Am allgemeinsten wirkt die Abdämmung mit, indem sie einer bereits vorgebildeten Hohlform nach der offenen Seite erst den erforderlichen Abschluss gewährt und ihr einen Damm oder einen Riegel vorschiebt. Dies kann z. B. mehr oder weniger plötzlich durch einen Bergsturz, einen Gletscher, einen Moränenwall, einen Lavastrom u. s. f. geschehen, aber sich auch durch Aufwölbung der Erdrinde, durch Windaufschüttungen und Anschwemmungen langsam vorbereiten. Tritt diese Abdämmung bei anderweitig ausgetieften Seebecken hinzu, so vermag sie ihre Tiefe zu vergrössern (Gardasee). Umgekehrt kann regionale Bodenbewegung nicht nur die Tiefenverhältnisse eines ganzen Seendistrikts ändern, sondern im Flachland bei Senkung viele einzelne Becken in ein einziges grösseres verwandeln, bei Hebung grössere Wasseransammlungen in einzelne Becken zerlegen.

2. Was die Herkunft der Wasserfüllung der Becken sowie ihre Entleerung betrifft, so lassen sich die wichtigeren Beziehungen von der Karte ablesen[5]). 1. Seen ohne sichtbaren Zufluss und Ausfluss, sogenannte Blindseen, erhalten ihr Wasser teils durch Quellen im Seeboden oder durch Grundwasser, teils durch die meteorischen Niederschläge im Bereich der Beckenumrandung. Die Verdunstung hält hier der geringen Zufuhr die Wage, wie z. B. bei den meisten Kraterseen (s. u.); bei Blindseen in durchlässigem Gestein regeln unterirdische Kanäle den Seestand. — 2. Quellseen füllen sich bis zum Ueberlaufen und gewinnen dann einen periodischen oder dauernden Ausfluss. Sie sind nicht durchweg von kleinstem Umfang, sondern zu ihnen gehören auch sehr grosse Seen wie einige der ostafrikanischen (Viktoria-See) und der grossen kanadischen. Voraussetzung für den Begriff ist, dass die etwaigen kleineren Zuflüsse noch der Beckenumrandung entstammen oder in ihrer Wasserzufuhr verschwinden gegenüber der Gesamtspeisung des Beckens durch die Niederschläge. Eine Schwankung des Seespiegels wird bei diesen Seen also allein vom Wechsel der Niederschläge im Beckenbereich abhängen. — 3. Flussseen, wie sie sich namentlich in Gebirgstälern finden, sind hinsichtlich ihrer Wasserführung in engster Abhängigkeit von dem Strome, in dessen Talzug sie eingegliedert sind. Sie besitzen also einen ausgesprochenen Zufluss und einen Abfluss, es sind offene Seen, Läuterungsbecken für den Strom, seenartige Erweiterungen des Flusslaufes. Die Spiegelschwankungen werden sich vermöge der leichteren Abfuhr im allgemeinen in engen Grenzen halten, sowohl hinsichtlich der Höhe als nach der Zeit des Ausgleichs. — 4. Anders bei den zahlreichen Endseen, die zwar einen Zufluss, aber keinen sichtbaren Abfluss besitzen (abflusslose Seen). Hier muss notwendig eine beträchtliche Schwankung der Seespiegelhöhe und bei flachen Ufern zugleich eine solche seiner Oberflächenausdehnung eintreten. Denn Endseen können den Ueberschuss des Wassers, abgesehen von den seltenen Fällen, wo dies durch unterirdische Kanäle geschieht, nur auf dem Wege der Verdunstung verlieren. Wenn die Seespiegelschwankungen bei vielen Endseen im Flachland nicht so bedeutend

[5]) Die obigen vier Arten von Seen hat bereits Varenius (Geogr. Generalis 1650, Cap. XV, Propos. II) unterschieden. Die Namen dafür sind neuen Ursprungs.

sind, als man nach dem Wechsel der Zufuhr erwarten sollte, so rührt es eben daher, dass mit dem Steigen des Wassers die benetzte Oberfläche sich vergrössert, sodass nun die Verdunstung um so stärker dem weiteren Steigen entgegenwirken kann. Der Ausgleich selbst erfordert aber längere Zeit als bei Flussseen, daher hat man die Frage der Klimaschwankungen besonders an der Hand solcher Perioden des Steigens und Fallens der Endseen aufgebaut, worauf wir zurückkommen (§ 256).

Diese Betrachtung mag gleichzeitig als Erläuterung dienen, warum die Angaben über die Höhe der Seespiegel, die sich eigentlich auf den mittleren Wasserstand beziehen sollten, aber weit mehr noch über ihre Flächengrösse so häufig schwanken. Manche seichten Seen vergrössern ihre Fläche in den Regenzeiten und längeren Perioden der Niederschläge um das mehrfache und erscheinen daher manchmal in ganz anderem Umriss auf den Karten. — Wir erinnern an den Tschadsee im Sudan, dessen Grösse bald zu 10000, bald zu 50000 qkm geschätzt wurde[6]), an die Niederungsseen der chinesischen Tiefebene etc. Jedoch auch in Gebirgsseen spielt das Hochwasser eine Rolle nach dieser Seite. Der Bodensee (mit Untersee), im Mittel 538 qkm gross, hatte 1876 einen Flächengehalt von 577 qkm, dagegen 1858 bei sehr niedrigem Stand nur einen solchen von 512 qkm[7]).

3. Treten wir nun an die Karte heran. Die Gesamtheit aller Landseen der Erde mit Einschluss des Kaspischen Meeres lässt sich annähernd auf 1700000 qkm schätzen[8]), überschreitet also kaum die Grösse des Golfes von Mexico ($1{,}_6$ Mill. qkm). Davon entfallen mehr als 1 Mill. auf die 20 über 10000 qkm grossen Seen, die im folgenden zusammengestellt sind:

Wir reihen dieser Uebersicht meist recht unsicherer Werte gleich einige Angaben über die grossen diluvialen Binnenseen Nordamerikas ein, von denen heute nur noch geringe Reste erhalten sind (S. 448).

---

[6]) Beim Tschad-See hing dies freilich im besonderen Masse mit der Unkenntnis seiner Ufer zusammen. Vergl. Anm. 17. — [7]) Penck, Morphometrie (Anm. 3), 134. — [8]) Die obige Zahl ist das Endergebnis einer möglichst genauen Schätzung aller heute bekannten Seeflächen, die indessen leicht um ± 50000 qkm falsch sein kann. Penck nimmt $2^1/_2$ Mill. qkm für die Gesamtfläche an (?), (Morphologie I, 189). Ganz abgesehen von der Unsicherheit in der Grenzzeichnung zahlreicher kaum noch vermessenen Seen besitzen wir noch keine durchgeführte Ausmessung der Seenflächen der Erde nach den besten Karten, wie z. B. eine solche der Inseln. Strelbitzky mass planimetrisch Tausende von Seen Europas und Russ. Asiens (Superficie de l'Europe 1882 u. Berechnung der Oberfläche des Russ. Reiches, St. Petersburg 1889 in russ. Sprache), eine Arbeit, die Halbfass (s. u.) ganz mit Unrecht auf eine Linie mit der veralteten v. Klödenschen (Zeitschr. f. Erdk. 1884) stellt. Beschränkter sind die Tabellen, welche neben Flächengrösse auch Höhenlage, Tiefen und andere morphometrische Elemente mitteilen wollen, wie Peuckers Tabelle Europäischer Seen von mehr als 1 qkm Grösse (Geogr. Zeitschr. 1896). W. Halbfass' „Morphometrie der europäischen Seen" (Zeitschr. f. Erdkunde, 1903) ist in bezug auf West- und Mitteleuropa sehr reichhaltig, hinsichtlich Nord- und Osteuropa ganz lückenhaft. Für Skandinavien werden 86 Angaben gemacht, für Finland und Russland 26, wogegen Strelbitzky, allerdings nur hinsichtlich der Fläche, gegen 500 skandinavische, und über 1600 russisch-finnische Seen nennt. Kartenmaterial nutzt Halbfass nicht aus.

	qkm
Kaspisches Meer (ohne Inseln)	436 000 [9])
[Agassiz-See, Kanada. .	285 000 [10])]
Oberer See	80 800 [11])
Victoria-Njansa	68 000 [12])
Aral-See (ohne Inseln) . .	65 300 [9])
Huron-See	61 600 [11])
Michigan-See	58 100 [11])
[Bonneville-See	51 000 [13])]
Tanganjika-See	35 600 [14])
Baikal-See	34 200 [9])
Grosser Bären-See . . .	28 000 [15])
Grosser Sklaven-See . . .	28 000 [15])

	qkm
Njassa-See	26 500 [14])
Erie-See	26 000 [11])
Winnipeg-See	25 000 [15])
[Lahontan	22 000 [16])]
Tschad-See	ca. 21 000 [17])
Ontario-See	18 800 [11])
Balkasch-See	18 400 [9])
Ládoga-See	18 100 [18])
Athabaska-See	12 500 [15])
Eyre-See (Australien) . .	10 000
Onéga-See	9 750 [18])

Da Seen ähnlich wie Inseln durch die Schärfe der Umrisse sich bei einfacher Gestalt zur Abschätzung von Flächengrössen eignen, mag folgende Vergleichsreihe für kleinere Seen folgen:

	qkm (genauer)
Onéga-See	10 000 (9752)
Wetter-See (Schweden) .	2 000 (1964)
Boden-See	500 (538)

	qkm (genauer)
Langen-See (Lago magg.)	200 (210)
Vierwaldstätter-See . . .	100 (117)
Würm-See (Starnberger S.)	50 (48)

Nach einigen hundert rechnen die mehr als 100 qkm grossen Seen, ihre Zahl wird Legion, wenn wir sie bis zu den wenige Hektare umfassenden Weihern verfolgen, über deren Bestehen uns nur Karten grössten Massstabes berichten.

Obgleich also Uebersichtskarten uns niemals eine richtige Vorstellung über den wahren Seenreichtum zu geben vermögen, so fällt uns beim vergleichenden Ueberblick doch sofort neben ganz vereinzelten Erscheinungen in sonst seenlosen Gebieten ein Gegensatz zwischen weiten, räumlich zusammenhängenden Regionen sehr geselligen Auftretens der Seen und kleinern begrenzten Landstrichen mit Seenvorkommen auf. Diese letzteren Seendistrikte zeigen sich mehr durch örtliche Verhältnisse, durch die Beschaffenheit des Bodens zur Aufnahme von stehendem Wasser vorbereitet, bei den Seenregionen spielen daneben klimatische Faktoren der Jetztzeit wie der Eiszeit mit, um den Seenreichtum zu erklären.

---

[9]) Nach Strelbitzky 1889. Vergl. Bevölk. d. Erde. VIII. Pet. Mitt., Erg.-Heft 101, 1891, 63. — [10]) W. Upham, The Glacial Lake Agassiz (Monographs. U. S. Geol. Survey, XXV, Wash. 1896). — [11]) Nach Schermeshorn, Pet. Mitt. 1888, L.-B. Nr. 36. Vergl. Bev. d. Erde II, 288. VIII, 204. Die Angaben für die einzelnen Seen variieren noch um ± 1000 qkm. — [12]) Nach H. G. Lyons, The physiography of the River Nile and its Basin, Cairo 1906, 52. Zu genauerer Ausmessung reichen die bisherigen Aufnahmen der Ufer noch nicht aus. — [13]) Nach K. G. Gilbert, Geol. Hist. of Lake Bonneville. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. II, 1880/81. — [14]) Nach Trognitz, s. Bev. d. Erde VIII, 1891, S. XIII, berechnet auf Habenichts Uebersichtskarte 1:10 000 000; nach R. Kiepert, D. Kolonialatlas, IV, 1:3 Mill., ist der See = 32 500 qkm. — [15]) Abmessung von A. Bludau nach Stielers Handatlas, Taf. 78, 1:7 500 000. — [16]) Nach J. C. Russell, Hist. of Lake Lahontan (Monogr. U. S. Geolog. Surv. 1885). — [17]) Marquardsen, Die geogr. Erforschung des Tschad-See-Gebiets bis zum J. 1905. Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten XVIII, 1905, 338. — [18]) Strelbitzky, Superficie de l'Europe 1882, 180.

§ 175. Kleinere Seengebiete[20]. 1. In vulkanischen Gebieten zeigen sich mehrfach fast kreisrunde, durch ringsum aufgeschütteten Wall abgeschlossene Seen, die den Boden eines eingestürzten oder in sich zusammengesunkenen Kraterbeckens einnehmen und meist tief sind. Solche Kraterseen sind z. B. in Italien der See von Bracciano (160^{m} tief) und der Bolsinische See (146^{m} tief) oder die Seen der Albaner Berge bei Rom (Taf. 27). Viel kleiner sind die Wasserflächen im Boden ausgeblasener Eruptionsschlote, die sog. Maare, wie sie sich in der Eifel und der Auvergne finden. — Als abgedämmt durch einen Trachytlavastrom gilt der Yellowstone-See im Felsengebirge[21].

Möglich, dass auch der Nicaragua-See (Taf. 43, Nebenkarte) nur ein durch vulkanische Ergüsse abgeschlossenes Talbecken darstellt[22], denn seine Flachheit (höchstens 60^{m}) spricht gegen die Auffassung eines Einsturzbeckens.

2. Auf der narbenreichen Oberfläche von Kalkplateaus bietet sich vielfach Gelegenheit zu Wasseransammlungen — Karstseen — in von unten ausgewitterten und ausgewaschenen Einsturzbecken. Wir erinnern an die trichterförmigen Dolinen (S. 324), die blinden Täler (S. 416), die zuweilen kleine Endseen tragen, oder die breiteren Poljen (Felder, trogähnliche Täler[23]). Meist verschwindend klein erreichen die Karstseen zuweilen bedeutendere Grösse. Unterirdische Kanäle (in Bosnien Ponore, in Griechenland Katavothren genannt), an denen Kalk- und Gypsgesteine reich sind und die an der Seeböschung münden, entleeren die Seen, solange erstere unverstopft bleiben, wie den jetzt künstlich entwässerten Kopais-See (See von Topolias) in Boeotien (Atlas, Taf. 26, Nebenkarte), dessen Becken selbst jedoch ein echt tektonisches zu sein scheint[24]. Oder die Seen füllen sich periodisch durch derartige Hohlgänge des Gesteins (Zirknitzer See in Krain).

3. Im flachen Schwemmland herrscht an zahlreichen Stellen der Erde die gleiche Form eingeschwemmter und durch lockeres Erdreich abgedämmter Seen vor, über die wir rasch hinwegeilen können. Es gehören hierher die Stromseen, welche in Flussniederungen das Hochwasser aufnehmen, um es in Trockenzeiten dem Fluss gegebenenfalls zurückzugeben. Die Chinesische Tiefebene zeigt diese Form am ausgeprägtesten (vergl. S. 387). Die Deltaseen sind eine Abart derselben Gattung, nur dass sie zuweilen aus einer kleinen, durch Flussanschwemmungen abgeschnürten Meeresbucht hervorgegangen sind. Ebenso einfach liegen die Verhältnisse bei den früher geschilderten Strandseen (Haffen, S. 349). Sie fehlen auch dem Ufer grösserer Binnenseen nicht. Manche dieser durchweg flachen Seen verdanken übrigens ihre Eintiefung auch einer Einsenkung oder Einsackung des weichen Bodens. — Auch die kleinen Atollseen inmitten eines

---

[20]) Vorwiegend nach Penck II. — [21]) S. d. Kärtchen 1:1500000 in Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 13. — [22]) Penck II, 299. — [23]) J. Cvijić, Das Karstphänomen (Geogr. Abh. V, 3. Wien 1903, Kap V. Die Poljen). — [24]) A. Philippson (Der Kopais-See in Griechenland, Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1894, XXIX, 1—90, mit Karte 1 : 150000).

aufgeschütteten Walles von Korallensand können hier eingereiht werden.

4. Aus der Gruppe der tektonischen Seen wählen wir zunächst nur die Ketten der in Grabensenken eingeschlossenen, daher meist schmalen und tiefen Senkungsseen aus, die uns in dem grossen syrisch-afrikanischen Graben (S. 411) entgegentreten. Im Jordangraben gehören hierher der Tiberias See (—208 m, Tiefe 48 m) und das Tote Meer, dessen Sohle über 300 m unter seinen schon —394 m tiefer als das Meeresniveau gelegenen Spiegel und fast 1500 m unter den Rand der Senke reicht (Atlas, Taf. 37). In Afrika findet sich eine Doppelreihe gleicher Seen vom Rudolph See bis zum Njassa See (706 m tief) und vom Albert See bis zum Tanganjika (bis 600 m tief; Tafel 41a). Jedenfalls lässt sich hier auch der durch seine sehr grosse Tiefe (bis 1523 m) ausgezeichnete Baikal-See — mehr ein Zwillings-See — einreihen [25]).

5. Die Gebirgsseen. Wenn einerseits die wechselvolle Ausgestaltung eines Gebirges manchen Anlass zur Wasseraufstauung bietet, so bewirkt in ihm doch auch der Sedimentreichtum der Flüsse raschere Wiederausfüllung von Seebecken und die starke Erosion bei lebhaftem Gefäll schnellere Forträumung des Dammes. Viele Gebirge sind auffallend arm an Gebirgsseen wie vor allem der mächtige Himálaja, da hier der Sedimentreichtum viele frühere Seebecken mittlerweile ausgefüllt hat. Zu reicher Entfaltung sind Seen, wie es scheint, nur in Gebirgen gekommen, in welchen die Eiszeit ausgedehnte Vergletscherungen hervorgerufen hat. Wir finden einen Reichtum an grösseren Gebirgsseen daher ausser in den nördlichen Glazialregionen, die uns nachher näher beschäftigen, nur in den Alpen und dann erst wieder auf der südlichen Halbkugel in den südchilenischen Anden [26]) (von 40° S. Br. ab) und den Neuseeländischen Alpen [27]).

Nur eine Gattung kleinster Seen findet sich in allen höher ansteigenden Gebirgen, die sog. Hochseen. Sie erhalten sich in einer gewissen Höhenregion unterhalb der Schneegrenze länger, weil in dieser die Erosion noch nicht im gleichen Masse wie tiefer unten an ihrer Zerstörung arbeiten kann. Am vergänglichsten, aber deshalb auch gefährlichsten sind die durch Gletscherströme abgesperrten Eisseen [28]). Jeder Ausbruch muss die verheerendsten Wirkungen auf das anschliessende Tal üben, das mit einem breiartigen Schlamm von Firn, Erdreich, Steinblöcken überschüttet wird. — Charakteristisch sind unter den Hochseen die verhältnismässig tiefen Karseen, welche den unebenen Boden der ausgewitterten zirkusartigen Talschlüsse oder Kare (S. 344) zu bedecken pflegen. — Den breiteren Scheitelflächen der Kamm- und Wallpässe fehlen neben Sumpfflächen selten kleine Passseen. Abgedämmte Strecken von Hochtälern unweit von flachen Wasserscheiden

---

[25]) Suess, Antlitz d. Erde III1, 1901, 69 ff. — [26]) Pet. Mitt. 1903, Taf. 2, 1 : 2 500 000. — [27]) Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 18; 1 : 3 Mill. bezw. 1 : 5 Mill. — [28]) S. Grönländische Eisseen in Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 6.

werden durch diese Lage länger vor der Zuschüttung bewahrt (die Seen auf der Reschenscheideck und im Oberengadin, Taf. 24).

Die Hochseen stellen somit einen nicht unwichtigen Höhengürtel unterhalb der Schneegrenze der Gebirge dar, der wie alle Höhengürtel der Gebirge von klimatischen Faktoren abhängt und also mit abnehmender Breite höher ansteigen muss [29]). Daneben hängt die Höhenlage mit der mittleren Kammhöhe des Gebirges zusammen. Man hat jene gefunden in

Breite			Hochseenzone
60° — 70°	N.	Norwegen	1000 — 1600 m
48° — 50°	„	Deutsche Mittelgebirge . . .	1000 — 1200 m
50°	„	Tatra	1500 — 2100 m
47°	„	Ostalpen, Kernzone	1700 — 2800 m
43°	„	Pyrenäen	1800 — 2400 m
37°	„	Sierra Nevada	2900 — 3200 m
28° — 32°	„	Himálaja	4000 — 5000 m
10° — 20°	S.	Anden von Peru	4300 — 4600 m
30° — 35°	„	Anden von Chile	1700 — 3000 m
45°	„	Alpen Neuseelands	600 — 1200 m

Wenden wir uns zu den Talseen, so spricht die längliche Form, die beträchtliche Tiefe, vor allem aber der ungemein ebene Talboden dafür, dass man es bei diesen lediglich mit überstauten Flusstalstrecken zu tun hat, nicht mit Spalten, wie man früher vermutete. Die Böschungen sind meist deutlich abgesetzt, die mittlere Böschung geht selten unter 6 — 7° herab. Die Erosionsarbeit eines Stammflusses, der in der Mehrzahl der Fälle noch heute den See durchfliesst, hat zunächst die langgestreckte Hohlform geschaffen. Manche Talseen wie der Garda See und Züricher See sind von ihrem Stammfluss verlassen. Vorherrschend sind Talseen in Quertäler gebettet, aber nicht ausschliesslich. Der Garda See und die Seen Kärntens breiten sich in Längstälern aus (Taf. 23), und der Vierwaldstätter See zeigt deutlich, dass er aus Quer- und Längstalstrecken zusammengewachsen ist [30]). Talseen finden sich seltener im Innern der Gebirge und in grösseren Höhen (Achensee 929 m, S. 415), Fæmund See in Norwegen 673 m, 62° Br., Taf. 31) als am Ausgang der grossen Täler. Daher stimmt ihre mittlere Höhenlage mit der des Gebirgsfusses annähernd überein. Am Nordrand der Alpen ziehen sie sich in 4 — 500 m, am Südrand in 60 — 200 m Höhe hin (Taf. 23).

Diese Randseen sind es, die durch ihre beträchtliche Tiefe und ihre räumliche Beschränkung auf gewisse Teile des Gebirgssaumes der Erklärung ihrer Entstehung Schwierigkeiten bereiten. Welches sind die Ursachen, die das gleichsinnige Gefälle des ehemaligen Talbodens in ein ungleichsinniges, die Seenaufstauung bewirkendes verwandelt haben? Am Nordrand der Alpen finden sie sich nur zwischen Rhone und Enns, am Südrand sogar nur zwischen Tessin und Etsch. Ihre Tiefe ist nicht so bedeutend, wie man früher vermutete [31]), erreicht aber doch noch immer 200 — 500 m (Como See 410 m, Mjösen in Norwegen 452 m [32])).

---

[29]) A. Böhm, Die Hochseen der Ostalpen, Mitt. k. k. Geogr. Ges., Wien 1886, 627. — [30]) S. die lehrreiche Karte Heims 1 : 250000 in Kirchhoffs Länderk. von Europa I, 2, 1889, 362 und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, 1903, 533 ff. — [31]) Dem Como-See gab man früher 850 m Tiefe. — [32]) S. die Zusammenstellung morphometrischer Werte bei Halbfass (s. Anm. 8).

Durch die Gebirgsfaltung kann die Gefällsumkehr des Talbodens im allgemeinen nicht entstanden sein, da er sich z. B. in der Nordschweiz mehr oder weniger eben über die in spättertiärer Zeit aufgefalteten Molasseschichten hinzieht, in die jene Täler also erst nachmals tiefer eingeschnitten sind. Die Seen sind daher quartäre Gebilde [33]). Nun ist kein Zweifel, dass die Eiszeit den hervorragendsten Anteil an der Abdämmung jener Seen hat. Wir finden ihre oberen Enden bereits weithin durch Flusssedimente zugeschüttet, ihr unteres dagegen meist von Moränenschutt umkränzt und z. T. bedeutend überhöht. Die späteren Eiszeiten sind es andererseits gewesen, welche voraussichtlich dadurch, dass sie die Seen bis zum Grunde mit Eis erfüllten, zu ihrer Erhaltung beitrugen, indem sie die völlige Zuschüttung von oben verhinderten oder unterbrachen. Die alten Gletscher haben viele Stammflüsse ganz aus ihren ehemaligen Tälern verdrängt. Da nun aber zahlreiche aus anderen Tälern der Alpen hervordringende Gletscher keine Seeaufstauung zu Wege brachten, so sah man sich nach andern Ursachen der Bildung um, die hinzugetreten seien, und glaubte sie auf die Einkippung dieses Gebirgssaumes nach innen zurückführen zu können. In der Tat schien diese Vermutung Boden zu gewinnen durch die Entdeckung, dass Schotterterrassen der ersten Vereisung längs dem oberen Ende einzelner Randseen gegen die Alpen hin einfallen, was mit einer Einsinkung der fraglichen Gebirgspartie zusammenhängen sollte [34]). Dennoch hat die neuere Untersuchung eben dieser Schotterterrassen in Verbindung mit der Erkenntnis über die Wirkung der Gletschererosion (S. 343) es wahrscheinlicher gemacht, dass man es bei diesen alpinen Randseen doch mit nichts anderm, als mit den innerhalb der sog. Zungenbecken der ehemaligen Talgletscher gelegenen übertieften Talenden zu tun hat [35]). Die Beckenform im Längsprofil ist zunächst dadurch bewerkstelligt, dass man sich in der Region dieser Zungenbecken bereits im Gebiet der vorwiegenden Ablagerung der vom Gletscher herabgeführten Massen befindet, sodass zunächst weniger tiefe Stauseen sich bildeten. Die grössere Tiefe ist dann in zweiter Linie durch die sich vorlagernden Moränengürtel hervorgebracht, während die die letzteren von neuem durchsägende Abflussrinne den Seespiegel wieder erniedrigte.

An die Randseen schliessen sich, immer noch 50 — 100 m tief, aber mit flacherer Böschung (ca. 2—3 °) die glazialen Vorlandseen, meist echte Stauseen im Moränenschutt, der daneben zahllose kleine Lachen — Moränenseen — auf seinem undurchlässigen Boden trägt. Manche der grösseren sind Wasserausfüllungen ausgeschürfter Gletscherbetten, von Seitenmoränen begleitet und unten durch Endmoränen abgedämmt (Würm See, Ammer See in Baiern [36])).

§ 176. Die Seenregionen. Wahrhaft regionale Seengebiete sind einmal die Steppengebiete der Erde, sodann die ehemaligen Glazialgebiete.

---

[33]) L. Rütimeyer, Ueber Tal- und Seebildung, 1869. — [34]) Hauptvertreter dieser Anschauung sind A. Heim, (Die Entstehung der alpinen Randseen; Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. Zürich, 1894, 66—84), und A. Aeppli, (Erosionsterrassen etc. in Bez. z. Entstehung des Züricher Sees; Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, XXXIV, Bern 1894. Vergl. Geogr. Jahrb. XVIII, 1895, 426). — [35]) Eingehend wird diese neuere Anschauung von A. Penck und E. Brückner in dem Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ (1901—1909) verfochten. S. bes. Brückner, Das Zungenbecken des Linthgletschers und die Entstehung des Züricher Sees. (Ebenda, II, 515—527.) — [36]) A. Geistbeck, Die Seen der deutschen Alpen, mit Atlas, Leipzig 1885; s. auch Berghaus, Phys. Atl., Taf. 17; Penck, Die Alpen im Eiszeitalter.

1. In der Steppe herrschen die flachen Endseen durchaus vor. Dies rührt einerseits von der Flachheit der schon früher als abflusslos geschilderten niederschlagsarmen Landsenken her; anderseits ist die Verdunstung zu stark, als dass selbst grössere, von den Randgebirgen aus feuchtem Einzugsgebiet herab gelangende Ströme mehr als die tiefsten Stellen der flachen Eintiefungen ausfüllen könnten. Der zusehends einschrumpfende Balkasch See, der Aral See (tiefste Stelle 66 m) und das Kaspische Meer sind solche Endseen der Steppe. Was freilich das letztere betrifft, so gilt dies nur von seiner flachen Nordhälfte. Im Süden greift es in den Bereich der Faltungszonen ein, und hier sind ihm zwei (durch die Halbinsel Apscheron getrennte) Senkungsbecken von etwa 1000 m Tiefe einverleibt. In der Gobi, der Persischen Wüste (Hamum), in den Steppen Sudans (Tschad-See), in der Kalahari Südafrikas (Ngami), in den Steppen Westargentiniens, vor allem im Innern Australiens wiederholt sich die Erscheinung, dass die tieferen Senken von Seeflächen eingenommen werden. Dazu treten die zahlreichen kleineren Becken und Mulden, die der Wind von lockerem Material befreit hat (Seebecken äolischer Ausräumung), um es unfern als leichten Wall wieder aufzuhäufen. Daher die Veränderlichkeit selbst des Standorts der Seen (Lop-nor[37]), daher das flachwellige Terrain, dessen Vertiefungen eine Unzahl von Seen bergen wie in Tibet, in der Kirgisensteppe. In trockenen Perioden lösen sie sich oft unter unseren Augen in kleine Lachen auf oder verschwinden ganz, um sich in nasseren wieder zu füllen. Der Neusiedler See in Ungarn (4 m), durch die Donauanschwemmungen abgedämmt, ist das Vorbild eines solchen flachen, von den Klimaschwankungen abhängigen Steppensees. Er war 1860—1868 gänzlich eingetrocknet und hat sich seitdem wieder gefüllt[38]).

Im Grossen Becken Nordamerikas zeugen grosse Seen diluvialer Zeit, die wohl an 300 m Tiefe besassen, von Zeiten reicherer Niederschläge. Man hat den westlichen Lahontan[39]), den östlichen Bonneville See[40]) getauft. Heute, wo auch diese Gegenden unter Trocknis schmachten, finden sich von jenen nur noch kleine Reste, unter denen der (nur 16 m tiefe) Grosse Salzsee noch hervorragt. Die bedeutende Tiefe einiger der westlichen Seen jener Gegenden (Tahoe, 500 m) spricht wohl dafür, dass sie durch die in diesem Schollenland nicht seltenen Verwerfungen eingetieft sind.

Die Salzseen. Weitaus die meisten Endseen der Steppen enthalten salziges Wasser, weil die in verschwindender Menge ihnen von den Zuflüssen zugeführten Salze sich anhäufen müssen, während nur das Wasser auf dem Wege der Verdunstung verschwindet. Der mit Ausfluss versehene Titicaca See auf der Hochfläche von Bolivia hat süsses Wasser, sein Nachbar, der Aullagas-Sumpf, dem er sein Wasser zusendet (Taf. 44), ist salzig. Wenn sich im Einzelfall von dieser Regel eine Ausnahme findet, so werden periodische oder

---

[37]) Sven Hedin in Pet. Mit.. 1896, Taf. 16, 1 : 5 000 000 und Ergänzungsheft Nr. 131, 1900, 163—67. — [38]) Swarowsky, XII. Jahresber. Ver. d. Geogr., Wien 1886. — [39]) Vergl. oben Anm. 16. S. die Karten in Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 18, 1 : 5 000 000. — [40]) S. o. Anm. 13.

unterirdische Ausflüsse zu grunde liegen. Das erstere scheint z. B. bei dem Tschad-See, der Süsswasser führt, der Fall zu sein, da er zeitweilig durch den Bahr-el-Ghasal (Taf. 41) nach tieferen nordöstlichen Einsenkungen hin entleert wird[41]). Ungewöhnlich geringer Salzgehalt kann für die Jugend eines Salzsees sprechen.

Auch solche Endseen, die mächtige Ströme aufnehmen, wie der Aral See (1,01 % Salzgehalt) und das nördliche und westliche Ufer des Kaspischen Meeres (an der Wolgamündung 0,15, Kurmündung 1,3 %) enthalten wenig Salz, wogegen sie, rings umschlossen, zu wahren Salzpfannen werden. Die östliche Bucht des Kaspischen Meeres Kara Bugas, besser Adschi Darja, ist eine solche; die starke Verdunstung zieht ständig einen Wasserstrom aus dem grösseren Becken einwärts und lässt das Wasser eindampfen, sodass man in ihm nicht weniger als 16 % Salzgehalt fand[42]). Aehnliche Vorgänge der allmählichen Bildung von Salzlagern vollziehen sich im Toten Meer (24 %), in dem bereits alles tierische Leben erstorben ist, oder im Grossen Salzsee (Nordamerika 21,4 %) und im Urmia See in Armenien (21 %). Der nahe benachbarte, allerdings auch in niederschlagsreicherem Gebiet gelegene Wan See weist nur 2 % auf.

2. Noch seenreicher als die Trockengebiete der Erde sind die Regionen ehemaliger Vergletscherungen. In Europa entfallen etwa 160 000, in Amerika 430 000 qkm der gesamten Seenfläche auf diese. Die Vorbedingung ist hier durch das unruhige Terrainbild gegeben, welches die Eiszeit sowohl in der Rundhöcker- als der Moränenlandschaft hinterlassen hat (S. 367). In der ersteren hat man es zumeist mit Felsbecken zu tun, aus denen das Eis die Verwitterungsprodukte ausgeräumt hat. Finland mit seinen zahlreichen, höchst unregelmässig gestalteten und durch ein vielverzweigtes Flussnetz zusammenhängenden Systemen von Seen bietet dafür den besten Typus (Taf. 31). In Finland, das man als eine Fels- und Seenplatte bezeichnet, nehmen die Seeflächen mit 48 000 qkm nicht weniger als 13 % des Gebietes ein. Aehnliches wiederholt sich in den Felsplatten rings um die Hudson Bai. — Daneben wird in Europa ein Kranz von grossen Seen beobachtet, der sich vom Weissen Meer am Südrand Finlands zu den grossen schwedischen hinüberzieht. Ihr Spiegel liegt niedrig (Taf. 31), und ihre Sohle reicht bei ziemlicher Tiefe beträchtlich unter den Meeresspiegel; sie sind ungleich tiefer (Ládoga bis 223 m, Onéga 124 m, Wetter 119 m, Weener 88 m) als die vorgenannten. Das gleiche ist mit den Kanadischen Seen der Fall, deren grösste, rund 180 m überm Meer gelegen, mit ihrer Sohle aber 50 — 100 m unter den Meeresspiegel greifen. Die Reihe grosser Seen zieht sich von dort über den Winnipeg-See nordwestwärts bis zum Gr. Bären-See hin. Ein Blick auf eine geologische Karte zeigt uns, dass diese Seen am Rand einer archäischen Platte, die oft stufenförmig abbricht[43]), aufgereiht sind und somit vielleicht auch ihre grössere

[41]) G. Nachtigal, Sahara und Sudan, II, 1881, 358. — [42]) v. Baer, Kasp. Studien (Bull. phys.-math. Acad. de St. Petersb. XIV, 1856, 14; XV, 75; die weit verbreitete Angabe v. 28,5 % Salzgehalt (vergl. auch Schotts Karte des Salzgehalts der Ozeane, Pet. Mitt. 1902, Taf. 19) wird von Andrussow u. a. als irrig bezeichnet, s. Pet. Mitt. 1897, 26. — [43]) Suess, Antlitz d. Erde, I, 81.

Austiefung einer Senkung längs dieser Zone verdanken[44]) (s. u.). — In der Region glazialer Aufschüttung (S. 367), welche jene Felsplatten im Süden der grossen Seen umgibt, wird die Zahl der kleinen Seen Legion, die meisten scheinen durch lockere Massen abgedämmt zu sein und dem Typus der Moränenseen anzugehören. Auf dem baltischen Höhenzug mögen, soweit er Deutschland durchzieht, wenig unter 10 000 Seen gefunden werden[45]). Neben breiteren und vielfach zerlappten (Mauersee in Ostpreussen, Taf. 20) finden sich schmale Talseen und rundliche Kolke, die man auf Strudellöcher der ehemaligen Vergletscherung (Evorsionsseen, S. 333) zurückführt, oft hart nebeneinander.

Reliktenseen. Seit man in manchen weit im Binnenland befindlichen Landseen einzelne Tiere oder eine ganze Fauna gefunden, die man bisher nur als marine kannte, hat man solche Seen unter dem Namen Reliktenseen als Reste ehemaliger Meeresräume nachzuweisen gesucht. Eine nähere Prüfung[46]) hat indessen erwiesen, dass solche der Biologie entnommenen Kennzeichen vielfach trügerisch sind, indem zahlreiche Lebewesen sich im Laufe der Jahrtausende neuen Lebensbedingungen wie z. B. dem allmählichen Uebergang salzigen in brackisches und endlich süsses Wasser anzupassen vermögen. Man hat daher später dem Begriff der Reliktenseen eine andere Bedeutung gegeben, darunter solche verstehend, die einst bei tieferer Lage des Landstrichs, in dem sie gelegen sind, vom Meere bedeckt waren. Das scheint z. B. von der Seensenke zu gelten, die sich vom Weissen Meer am Südrand Finlands und durch Südschweden zieht. Indessen kann weder die Ausgestaltung der dortigen Seebecken noch die heutige Wasserführung mit jenem Begriff in einen unmittelbaren Zusammenhang gebracht werden, sodass zur Zeit ein Bedürfnis, besondere Reliktenseen zu unterscheiden, nicht besteht[47]).

Temperatur- und Bewegungserscheinungen innerhalb der stehenden Gewässer können erst später im Zusammenhang mit denen des Meeres zur Sprache kommen (§ 214 und § 218).

§ 177. Die Flüsse[48]). Nachdem im Früheren Ausgangspunkte, Wege und Kanäle, sowie Endpunkte der strömenden Gewässer, nämlich Wasserscheiden und Quellen, Täler und Mündungen nach ihren wichtigsten Eigentümlichkeiten erörtert sind, gilt es jetzt den Flusslauf in seinem Zusammenhang zu betrachten. Dabei müssen wir zunächst von seiner bloss linearen Erstreckung absehen und uns

---

[44]) Hinsichlich der Kanadischen Seen s. J. W. Spencer, Geogr. Jahrb. XV, 1891, 103. — [45]) E. Geinitz (Die Seen, Moore u. Flussläufe Mecklenburgs, Güstrow 1886) gibt allein für Mecklenburg 650 Seen an, abgesehen von den Tausenden kleiner wasserführenden Löcher (Sölle); A. Bludau nimmt auf der Pommerschen Seenplatte ca. 4500, auf der Preussischen 2500 an, von denen er 750 (von zusammen nur 1774 qkm) planimetrisch gemessen hat (Oro- und Hydrogr. der preuss. u. pommersch. Seenplatten, Erg.-Heft Nr. 110 zu Peterm. Mitt. 1894). — [46]) Vergl. G. R. Credners eingehende Untersuchung über Reliktenseen (S. 440, Anm. 4). — [47]) S. die Gegengründe gegen die Credner'schen Reliktenseen bei Penck, Morph. II, 1894, 230. — [48]) Die Betrachtungen über die Flüsse als einheitliche geographische Gebilde gipfeln in unseren Handbüchern in einfacher Zusammenstellung einiger Grössenwerte; die neueren Morphologien gehen gleichfalls flüchtig über sie hinweg. C. Ritters Gedanken über Stufenländer und Ströme der Erde (s. Vorlesungen über Allg. Erdk. 1862, 159 — 191) sind wenig weitergeführt. Einiges bietet v. Sonklar, Orographie, 1873. Wichtige Grundfragen erörtert E. Wisotzkis lehrreiche, mit grosser Literaturkenntnis verfasste Schrift: Hauptfluss und Nebenfluss, Stettin 1889.

vergegenwärtigen, dass jeder Fluss das Erzeugnis aller seitlich ihm zufliessenden Gewässer ist. Jeder Bach oder Fluss, er mag noch so klein sein, bildet an sich ein Stromsystem, und das einzelne mit Namen belegte Rinnsal, wie es uns die Karte darstellt, ist für ein bestimmtes Flächengebiet nur der Hauptstrom oder Vertreter aller dem gleichen Gebiet entströmenden Gewässer. Wir sehen ihre Zahl stetig wachsen, wenn wir von dem Studium der Uebersichtskarte zur Spezialkarte fortschreiten. Gegenüber dem Hauptstrom des Systems sind alle übrigen Wasseradern Nebenflüsse (vergl. § 179), jeder Nebenfluss ist aber selbstverständlich wieder Hauptfluss für die von ihm aufgenommenen Nebenflüsse zweiter Ordnung u. s. f. — Selbstständig nennen wir jedes Flusssystem, welches seine Gewässer unmittelbar dem Meere oder im Binnenlande einem Endsee zusendet; unselbständig, wenn es dieselben wiederum in ein fliessendes Gewässer ergiesst. Hiernach gibt es auf der Erdoberfläche zwar viele tausend selbständige Flusssysteme, aber weitaus die grösste Zahl scheidet wegen des verschwindend kurzen Flussverlaufs und der Kleinheit des Entwässerungsgebietes für unsere jetzige Betrachtung aus. Wir fassen diese letzteren gewöhnlich unter dem Namen der Küstenflüsse zusammen, wiewohl viele darunter sind, deren Wurzeln auch rückwärts über die unmittelbare Küstenabdachung hinübergreifen. Zur gleichen Kategorie gehören die kleinen Beckenrandflüsse der Endseen.

Um die Altersfolge in der Bildung gewisser Fluss- und Talsysteme durch besondere Ausdrücke zu kennzeichnen, hat man auch den Vorschlag gemacht[49]), die auf einer dem Meere entsteigenden gewellten aber im ganzen geneigten Fläche senkrecht hinabrinnenden Flüsse konsequente zu nennen. Vorausgesetzt, dass die fragliche Fläche aus Streifen verschieden harten Gesteins besteht, die der Küste annähernd parallel laufen, werden sich in den weicheren Partien quer zu den Abdachungsflüssen gestellte „subsequente“ Nebentäler ausbilden, an der Seite des härteren Gesteins steilere Stufenränder erzeugend. Diese letzteren werden allmählich durch obsequente Bäche zerschnitten werden, während resequent die Rinnen heissen sollen, die den subsequenten von den sanfteren Böschungen zufliessen.

Es lässt sich nun theoretisch ein normales Flusssystem denken, welches von einer unzweideutig zu verfolgenden Gesamtwasserscheide (§ 167) umkränzt, zugleich von einer ausgeprägten, aus einer Hauptquelle hervorgehenden Hauptrinne durchzogen wird, die sämtliche übrigen Gewässer direkt oder indirekt aufnimmt.

Scheinbar sind, nach unseren Karten zu urteilen, die meisten Flusssysteme der Erde in dieser normalen Weise ausgebildet. Aber gerade in diesem Punkte täuschen uns die Bilder oft. Denn der Kartograph hat teils der Namengebung folgend, wie sie sich im Laufe der Zeit ausgebildet, teils in dem Bestreben, jedem System zu einer Hauptquelle und einem Hauptfluss zu verhelfen, bereits durch

[49]) System und Bezeichnung rührt von W. Morris Davis her. The rivers and valleys of Pennsylvania (National Geogr. Magazine I, 1889, 1—71). Penck übersetzt die Ausdrücke konsequent mit „Folgeflüsse“, subsequent mit „Nachfolgeflüsse“, obsequent mit „Gegenflüsse“; Passarge (Physiol. Morphologie 1912, 21) will konsequent durch „primärer Böschungsfluss“, subsequent durch „Stufenrandfluss“, obsequent durch „rückläufiger Nebenfluss“ ersetzen.

Markierung einer einzelnen Flusslinie und Fortlassung mancher Einzelheiten der Nebenlinien über gewisse zweifelhafte Fragen eine Entscheidung getroffen, die unser Urteil befangen hält. Wir stehen daher wieder vor einem für das Kartenstudium wichtigen Punkt, dessen eigentümliche Schwierigkeiten jedoch selten in der geographischen Literatur einer gründlichen Erörterung unterzogen werden. Innerhalb der Kartometrie jedoch, die uns mit Flusslängen und Flussgebietsgrössen bekannt machen will und unser Auge daher scharf an die Karte heftet, begegnen uns diese potamographischen Unsicherheiten alsbald. Denn manche Flusssysteme entbehren in ihrem oberen Teil eines Hauptflusses und daher auch einer Hauptquelle ganz oder lassen sich infolge von Strecken unbestimmter Wasserscheide (S. 413) nicht scharf voneinander abgrenzen.

§ 178. Das Stromgebiet. In den Stromgebieten tritt uns eine neue Gattung natürlicher Regionen entgegen, welche die grossen Abdachungen der Landoberfläche (§ 127) gliedern. Nur selten fallen sie mit den durch die Einheitlichkeit der Bodengestaltung bedingten „Landschaften" (§ 151) zusammen. Meist greifen sie über dieselben hinaus und setzen oft weit von einander liegende Gebiete in Verbindung. Hierbei werden die unteren Tallandschaften in grössere Abhängigkeit von den oberen gebracht als umgekehrt. Ziehen sich die festen Bahnen eines Stromsystemes über alle Teile eines Stromgebietes hin, so wirkt das von oben herabgleitende feuchte Element in Verbindung mit den schwebend herabgetragenen Sedimenten in segenspendender wie gefahrdrohender Weise bestimmend nur nach unten. Die ganze Bodenkultur des von Wüsten umgebenen unteren Niltales ist bedingt durch das Eingreifen eines Flusssystemes, welches seine Wasser in tropischen Regenlandschaften sammelt.

Wir verfolgen zuerst die Umrandung der Stromgebiete[50]).

1. Im Quellgebiet der Flüsse tritt die Unbestimmtheit der Wasserscheide öfters dann hervor, wenn sie auf ebenem Boden über Seen und Sumpfflächen hinwegzieht. Es gibt Seen, welche dauernd oder periodisch in Zeiten reicherer Niederschläge sich nach entgegengesetzten Seiten entwässern. Dieser Zustand der sog. Wasserteilung pflegt sich lange zu erhalten, weil die Erosion die Seeausflüsse nur langsam tiefer legen kann. Sie ist zuweilen auf künstlichem Wege hergestellt an Stellen, wo sich zwei schiffbare Wasseradern so nahe kommen, dass sie in sog. Tragplätzen (franz. Portages) durch ein Hinübertragen der Kähne überschritten werden können.

Die Erscheinung natürlicher wie künstlicher Wasserteilung tritt nicht selten in den glazialen Seenregionen, z. B. bei manchen der ostpreussischen Seen auf[51]). — Ein deutlicheres Beispiel bildet die Verbindung des Winnipeg-See mit dem nordöstlich davon gelegenen Severn See durch den Sandigen See in Kanada[52]). — Auf dem Boden einer hohen Talwasserscheide im Gudbrandsdal Norwegens sendet ein See (635 m) seinen Wasserüberschuss sowohl dem Rauma-Elf als dem Lougen zu[53]) (Taf. 31). — Eine ähnliche Wasserteilung findet zwischen dem östlichen und westlichen Manytsch in der Senke nördlich vom Kaukasus (Taf. 32) statt, sobald der Kala-us ihr genügend Wasser zuführt[54]).

---

[50]) A. Haase, Ueber Bifurkationen, Pet. Mitt. 1889, 192. — [51]) A. Bludau, Hydr. der preuss. etc. Seenplatte, 1894 (oben Anm. 45), bes. S. 39. — [52]) Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 16, 1 : 5 Mill. — [53]) Berghaus, Taf. 16, 1 : 500 000. — [54]) Daselbst 1 : 5 Mill. Vergl. Pet. Mitt. 1861, 378.

2. Seltener tritt im Oberlauf von Flüssen, jedoch unterhalb des Quellgebietes, eine Bifurkation oder Flussgabelung ein, die verschiedene Stromgebiete mit einander verbindet. Sie kann zuweilen ihre Entstehung dadurch haben, dass der sich spaltende Fluss von einem Seitengewässer seines Nachbarn durch rückschreitende Erosion angezapft wird.

In Deutschland zeigt sich die Erscheinung im Obrabruch unweit Kostens (Taf. 20), sowie im Osten Osnabrücks in der (künstlich unterhaltenen) Wasserteilung zwischen dem Emszufluss Haase und der zur Weser eilenden Else[55]) (Taf. 19). — Weit bekannter ist aber der von Humboldt beschriebene Fall, in dem der Orinoko sich 500 km unterhalb seiner Quelle gabelt, um mittelst des Cassiquiare einen Teil seines Wassers in der Stärke des Mittelrheins dem Amazonas zuzusenden[56]) (Taf. 44). — Unterirdisch treten Flusssysteme zuweilen in Verbindung, sobald sie über durchlässige Gesteinsarten hinziehen. So hat man als Grund dafür, dass die Donau unterhalb Tuttlingens (Taf. 24) in auffallendem Grade wasserarm wird, festgestellt, dass sie dort im zerklüfteten Kalkgestein Wasser in beträchtlichem Masse verliert. Wie Versuche mit Farbstoffen ergaben, tritt dieses 15 km südlich davon im Quelltopf der zum Bodensee fliessenden Aach mit mächtigem Schwall wieder zutage[57]). — Die Grenzen eines Stromgebietes können für jetzt nur nach der oberirdischen Entwässerung bestimmt werden.

3. Weit häufiger treten Flussteilungen aber im untersten Anschwemmungsgebiet der Flüsse auf und führen hier zu wahrer Flussvermischung[58]), die eine Zuteilung der Einzeladern an die sich berührenden Stromsysteme oft zur Unmöglichkeit macht. Dies zeigt sich besonders bei den grossen Flussdeltas.

Einfach liegen die Verhältnisse noch beim Torneå in Lappland, der in $67^1/_2{}^0$ Br. seinem Nachbar Kalix einen Arm zusendet (Taf. 32)[59]). — Unentwirrbar sind Ganges und Brahmaputra in ihrem Delta verbunden, und ähnliches gilt von den Gewässern, die die chinesische Tiefebene durchziehen und letztere durch ihre Anschwemmungen erst erzeugt haben.

4. Schiebt sich ein Delta weiter und weiter vor, so sind auch selbständig ins Meer gelangende Flüsse der Gefahr ausgesetzt, jenem deltabauenden Strom tributär zu werden. Dies ist voraussichtlich das Schicksal einzelner Flüsse Venetiens wie der Brenta, des Piave etc. (Taf. 23). Andererseits kann die Gewalt der Anschwemmungen die Flussvermischung wieder in eine völlige Abdämmung verwandeln, wodurch selbst Nebenflüsse eines Stromsystems zeitweilig selbständig werden können. Die Etsch kann als ein solcher selbständig gewordener Nebenfluss[60]) des Po gelten. — Und dieselbe Bezeichnung muss für Zuflüsse angewandt werden, die durch Wasserentziehung den Hauptstrom nicht mehr erreichen, in den sie sich einst ergossen.

---

[55]) Berghaus, Taf. 16, 1:500 000. Vergl. H. Guthe, Die Lande Braunschweig und Hannover, 1867, 486. — [56]) Berghaus, Taf. 16, 1:5 000 000. — [57]) Nach Knop, N. Jahrb. f. Min. 1878, 350 ff. — [58]) Supan, Phys. Erdk. 1885, 523; 1911, 735, dehnt den Namen auch auf Bifurkationen im Oberlauf aus. Beispiele von Flussvermischungen bei Credner, Die Deltas (Erg.-Heft 56 zu Pet. Mitt. 1878); Unterlauf des Hoangho in Berghaus, Phys. Atl., Taf. 17, 1:10 000 000. — [59]) Berghaus, Taf. 16, 1:5 000 000. — [60]) Wisotzki (s. Anm. 48) S. 116 ff.

Eine solche Wasserentziehung ist in den Berieselungsoasen längs des Gebirgsfusses der Steppenlandschaften wie in Turan und Turkestan nichts Seltenes. Der Serafschan erreicht den Amu nicht mehr (Taf. 37), sondern versiegt im Anblick seines Hauptstromes.

5. Die letzten Betrachtungen führen zur Erkenntnis[61]), dass das natürliche Strombecken eines Flusses zuweilen grösser ist, als der von ihm unmittelbar entwässerte Teil desselben, als sein Einzugs- oder Entwässerungsgebiet, das man kurzweg als Stromgebiet zu bezeichnen pflegt. Es erfordert also bereits die scheinbar so leichte Aufgabe, die Grenzen eines Strombeckens festzustellen, vielfache Ueberlegung. Das gilt ganz besonders von Wüstengebieten mit trockenen Flussbetten (Nil, Niger). Letztere gehören dem Strombecken an, sobald die Neigung der Betten dem Flusse zugekehrt ist.

Das Stromgebiet des Po, ohne das der Etsch, beträgt 75000 qkm, dagegen das Strombecken, zu dem auch letzteres gehört, — zur Zeit sind Brenta, Piave etc. noch keine selbständigen Nebenflüsse des Po und daher auszuschliessen — 89000 qkm)[62]). Je nachdem man den von S. in den Amazonas austretenden Tocantins mit zum Stromsystem des letztern rechnet oder nicht, wird das Stromgebiet des Amazonas um 1 Mill. qkm grösser oder kleiner anzunehmen sein.

Die grössten Strombecken der Erde[63]) sind in annähernden Angaben, wie sie allein der Unsicherheit der Abgrenzung entsprechen:

	qkm		qkm
Amazonas (mit Tocantins)	7 000 000[64])	Amur	2 050 000[65])
Kongo	3 700 000[64])	Jan-tse-kiang	1 780 000[64])
Mississippi	3 250 000[64])	Ganges-Brahmaputra	1 730 000[64])
Laplata (mit Uruguay)	3 100 000[64])	Mackenzie	1 660 000[64])
Ob	2 950 000[65])	Wolga	1 460 000[67])
Nil	2 870 000[66])	Sambesi	1 330 000[64])
Jenissei	2 550 000[65])	St. Lorenz	1 250 000[64])
Lena	2 380 000[65])	Saskatschewan-Nelson	1 080 000[64])
Niger	2 100 000[64])		

[61]) Wisotzki, S. 130 ff. — [62]) Strelbitzky, La superficie de l'Europe 1882, 116. — [63]) Den ersten umfangreicheren Berechnungen von Heinr. Berghaus (Elemente der Erdbeschreibung 1830, 236, und verbessert Phys. Atlas, 2. Aufl., 1852; Hydrographie, Taf. 7—8) sind diejenigen v. Klödens gefolgt; die letzten (Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1885, 397 ff.), allerdings von anderer Hand aus dem Nachlass herausgegeben, entsprechen jahrelangen Sammlungen, wobei, wie besonders ausgesprochen wird, „grösstenteils keine Kritik anzuwenden war". Das Resultat ist eine Mischung von brauchbaren neben gänzlich sinnlosen Angaben. Was die Stromgebiete betrifft, so hätte ein Blick auf eine mit Gradnetz versehene Karte vor solchen Irrtümern, wie 4 562 500 qkm für das Nilgebiet, 2 477 835 qkm für das Kongogebiet (nämlich 45 000 g. Q.-M.; warum in Q.-M. abrunden und bei so unsicheren Werten die Q.-K. bis auf Einer präzisieren?), 321 127 qkm für das Sambesigebiet (!) bewahren müssen. Es fehlen alle Erläuterungen, Quellen- und Kartenbeilagen. Unverbürgte Zahlen gibt auch Murray für 33 Flüsse in Scott. Geogr. Mag. 1887, 76. Sorgfältiger gehen Marinelli (La Terra I, 1883—87, 398) und Heiderich (Balbi, Erdbeschreibung, 8. Aufl., I, 1893, 136) zu Werke. Die obigen Angaben beruhen teils auf erneuter Durchprüfung früher (1881) mitgeteilter Zahlen, teils auf neuen Berechnungen A. Bludaus, (Pet. Geogr. Mitt. 1897, 1898, 1900 u. a.). — [64]) Nach Bludau. — [65]) Abgerundet nach v. Tillo u. v. Schokalsky, Neue Bestimmung d. Oberfläche des asiat. Russlands 1905, in russ. Sprache, 2—18: Ob 2 947 870 (Irtischgebiet für sich 1 591 680), Jenissei 2 551 710, Lena 2 383 730, Amur 2 054 510 qkm. — [66]) Nach Lyons, Physiography of the River Nile and its Basin, Cairo 1906, 6. — [67]) Nach Strelbitzky, Superficie de l'Europe 1882.

Hiernach überragt das Strombecken des Amazonas weit die aller anderen grossen Flüsse, er ist der grösste Strom der Erde. Von weiteren fünf Strömen, nämlich dem Hoangho, Indus, Orinoko, Oranjefluss und Murray (Australien) bleibt das Stromgebiet wenig hinter 1 Million qkm an Grösse zurück. Zum Vergleich für kleinere Strombecken mag folgende Angabe dienen:

	qkm	genauer		qkm	genauer
Donau	800 000	(817 000)	Rhone	100 000	(99 000)
Rhein mit Maas . .	200 000	(193 000)	Guadalquivir . . .	50 000	(56 000)

§ 179. Bau der Stromsysteme. In jedem Strombecken lässt sich unschwer ein längerer oder kürzerer Hauptstrang unterscheiden, der schliesslich die Gewässer des gesamten Gebietes in sich vereinigt und daher durch Breite, Tiefe und Wassermasse sich deutlich als der Hauptfluss kennzeichnet. Er gibt dem System den Namen. Diesem gegenüber erscheinen alle anderen Adern entweder als Seitenflüsse (Nebenflüsse) oder als Quellflüsse. Die Seitenflüsse werden vom Hauptfluss aufgenommen, die Quellflüsse vereinigen sich zu einem erst an ihrem Vereinigungspunkt beginnenden Hauptfluss. Indem man jedoch in jedem Flusssystem nach einem einzigen das ganze Gebiet von einem Punkte der äusseren Hauptwasserscheide bis zur letzten Mündung durchziehenden Hauptfluss suchte und an jeder Konfluenz zweier Gewässer nur das eine als Oberlauf des vereinigten Stromes nachweisen zu müssen glaubte, bis man schliesslich nach einer sog. Hauptquelle als Ursprungsstätte des Systems gelangte, hat man sich die Frage nach Haupt- und Nebenfluss noch schwieriger gemacht, als sie im Einzelfall an sich schon ist. Scheinbar freilich löst man die Sache auf einfachstem Wege, indem man die längste zusammenhängende Flusslinie des Systems als Hauptfluss oder gar die am weitesten von der Mündung abliegende Quelle als Hauptquelle des Flusses erklärt [68]). Ein so mechanisches Verfahren steht jedoch mit dem Bestreben, alle Erscheinungen auf natürliche, entwickelungsgeschichtliche Vorgänge zurückzuführen, im Widerspruch.

In einem System mit deutlichem Ursprung des Hauptflusses kann nur diejenige Ader als solcher gelten, welche sich nach der gesamten Bodengestalt des Strombeckens als tief gelegene Sammelrinne erweist [69]). Die Entscheidung hat also auch hier wieder von der orographischen Karte auszugehen und muss, das ganze Strombecken überschauend, sich den Blick nicht durch die lokalen Verhältnisse am Zusammenfluss zweier Adern trüben lassen. Sie besitzt in manchen Fällen insofern nur theoretischen Wert, als sie ohne grösste Verwirrung anzurichten an der historischen Entwickelung der Namengebung der Flüsse selten etwas ändern kann, aber sie vermag zum Bewusstsein zu bringen, in welchen Fällen die Namengebung das Richtige getroffen hat oder nicht.

---

[68]) Nach diesem Grundsatz würde der San zur oberen Weichsel, die Selenga zum oberen Jenissei, die Dschamna zum oberen Ganges etc. werden. — [69]) Wisotzki, Haupt- u. Nebenfluss, 84.

2. Es gibt eine Reihe einfach gebauter oder gleichartiger Stromsysteme, in welchen die fragliche Entscheidung leichter wird. Sie durchströmen wesentlich nur eine Talform, sodass die Klassifikation sich unmittelbar an die der fraglichen Täler (S. 419) anschliessen kann.

Die Abdachungsflüsse entströmen der geneigten Ebene in der Richtung des Gefälles, daher, wie bei den Abdachungstälern geschildert ist (S. 419), entweder in paralleler oder strahlenförmiger Anordnung. Ihre Zuflüsse nehmen sie im Flachland unter spitzem Winkel auf, denn auch diese sind in ihrem Laufe wesentlich durch die Gesamtneigung der Abdachung bedingt. Als Nebenflüsse umkreisen sie zuweilen ein grösseres Flachlandbecken bogenförmig, ehe sie sich am Rande in einer Rinne sammeln. Unregelmässiger ist die Anordnung der Zuflüsse bei den Gehängeflüssen im Gebirge; sie erfolgt im allgemeinen mehr in senkrechter Richtung zum Haupttal. Immer aber handelt es sich bei den selbständigen Abdachungsflüssen nur um kleine und schmale Flussgebiete, da eine grössere Stromentwickelung des Hauptflusses wie der Seitenflüsschen im allgemeinen durch die einseitige Abdachung ausgeschlossen ist.

Von den mehrfach erwähnten Küstenflüssen abgesehen, sei an die parallelen Flussadern Bessarabiens: Bug, Dniestr, Pruth, Sereth erinnert (Taf. 32). Abdachungsflüsse sind im wesentlichen Amu und Syr (Taf. 37). Seine- und Kongobecken zeigen die bogenförmigen Flussläufe auf der Hauptabdachung.

Der einfach flankierte Saumfluss, am unteren Saum einer Abdachung entlang ziehend und hier alle Abdachungsflüsse aufnehmend, lässt am ehesten die Bedeutung der Tiefenlage für die Bestimmung des Hauptflusses in einem System erkennen. Im übrigen ist dieses einseitig oder stark unsymmetrisch gebaut, weil der Hauptfluss die überwiegende Zahl von Zuflüssen nur von der einen Seite empfängt.

Der Inn darf hiernach trotz grösseren Wasserreichtums und grösserer Länge nicht als Oberlauf der Donau gelten, da er gleich den andern Alpenzuflüssen auf der oberdeutschen Hochfläche den Charakter der Abdachungsflüsse besitzt, die sämtlich der Tiefenlinie an ihrem Nordrande zustreben. Die Donau führt also ihren Ursprung mit Recht auf den Schwarzwald zurück. Und der Charakter als dominierender Saum- oder Vorlandsfluss würde noch mehr hervortreten, wenn sie nicht durch den Rheindurchbruch ein langes oberes Stück ihres ehemaligen Oberlaufes (Aar) verloren hätte. — Der Jenissei hat seinen Ursprung im Ulu-khem (Taf. 38) und die Tungusken sind sämtlich seine gleichgebauten rechten Nebenflüsse. Die in den Baikal-See von S. fliessende Selenga ist nur ein zufälliges Anhängsel seines Stromsystems. Die Lena ist bis zu ihrem grossen Knie unweit Jakutsk ein einseitig gebauter Saumfluss. — Umgekehrt entspricht der Sprachgebrauch nicht dem richtigen Verhältnis, wenn der Saumfluss Saône nach Aufnahme der Rhone den Namen wechselt. Denn die Rhone ist ihrem gesamten Bau nach mit Doubs, Isère und Durance auf eine Linie zu stellen, sie entströmen der gemeinsamen Westabdachung zum Talweg der meridionalen Senke zwischen Alpen und französischem Mittelgebirge (Taf. 29). — Nicht mit gleichem Recht würde die Dschamna beanspruchen können, als Hauptfluss des Ganges zu gelten (Taf. 38). Denn wenn sie auch den äusseren Saum des hindostanischen Tieflandes markiert, sind Dschamna und Ganges bis zu ihrer Vereinigung ähnlich gebaute Parallelströme und leidlich ebenbürtige Quellflüsse des Ganges (s. u.).

Zu den einfach gebauten gehören auch die Stromsysteme der doppelt flankierten Flachmuldenflüsse, welche die Gewässer zweier gegeneinander geneigten Abdachungen aufnehmen. Meist haben sie symmetrischen Bau der Flanken.

Neben den grossen amerikanischen Riesenströmen Amazonas, Mississipi, Laplata erinnern wir an den Lauf der Oder in Schlesien, sowie an den des Po. Jedoch auch die untere Donau gehört hierher. Denn wiewohl in einem Saumtale längs der bulgarischen Platte entlang ziehend (S. 406), ermöglicht die nach N. gerichtete Neigung der letzteren eine volle Entwässerung zur Donau hin. — Zugleich ist durch diese Auffassung die Entscheidung getroffen, dass nicht der Missouri, sondern der aus der Seenplatte Minnesotas südwärts ziehende Mississippi der Hauptfluss des Systems ist. Denn der Plateaustrom Missouri ist, obwohl auf längere Strecken Längsfluss, doch im Ober- und Unterlauf ausgesprochener Querstrom, der senkrecht auf die mittlere Abzugsrinne zueilt. — Mit Unrecht nimmt dagegen der Oberlauf des Tieflandstromes Laplata, der Paraguay nach Aufnahme seines kataraktenreichen Seitenflusses den Namen desselben, Paraná, an. Der Uruguay ist durch seine Stellung zur Mittelsenke nur ein Nebenfluss des Systemes. — Die Linie des Marañon setzt die mittlere Normalrichtung des den Kontinent von Südamerika durchquerenden Amazonas fort und muss daher als sein Oberlauf gelten; dagegen ist der Ucayali ein rechter Nebenfluss wie der noch viel mächtigere Madeira. — Unsymmetrisch und an das Flusssystem des Saumflusses erinnernd ist das des Ob, indem der Tobol seiner Lage nach den in der Tieflandsmulde entlang ziehenden Hauptfluss darstellt. — Unsymmetrisch sind ebenso die Stromsysteme der Seine (Taf. 29) und des Kongo.

3. Quellflüsse. Treffen ebenbürtige Flüsse zusammen, ohne dass das Tal des einen sich unmittelbar in dem des vereinigten Stromes fortsetzt, so bezeichnen wir sie als seine Quellflüsse, und in Wahrheit beginnt der Hauptfluss erst an diesem Vereinigungspunkt. Nicht selten wechselt der Fluss daher auch an dieser Stelle den Namen. Ueber die Ebenbürtigkeit vermeintlicher Quellflüsse täuschen indessen die Uebersichtskarten oft, während es bei näherer Untersuchung gelingt, für den einen das Vorrecht des Stammflusses nachzuweisen. Hierbei werfen lokale Momente ihr Gewicht mit in die Wagschale, in erster Linie die Natur des Tales, in welchem die Vereinigung vor sich geht, dann die Wassermasse in Verbindung mit grösserem Stromgebiet.

Klar liegt die Entscheidung im Dwinasystem (Taf. 32). Die Längsfalte, in der sich zwei ganz unabhängige Flüsse, die Wytschegda von O und Suchona von W, geraden Wegs entgegen strömen, wird durch die rechtwinkelig abfliessende Dwina entwässert. — Bei Werra und Fulda dagegen, durch deren Vereinigung die Weser entstehen soll, ist die Fulda ohne Zweifel echter Nebenfluss der ersteren, in deren Tal sie tritt, ein Verhältnis, das sich auch im Namen ausspricht, denn Werra und Weser sind nur ober- und niederdeutsche Formen desselben Stammes (Wisahara)[70]. — Die Oká, die sich bei Nischni Nowgorod mit der Wolga vereinigt, wird ebenso wie die Kama als Nebenfluss des grossen sarmatischen Stromes angesehen werden müssen, da beide von der Seite in das ausgebildete Wolgatal treten. — Nur scheinbar entsteht der Dniepr aus dem Zusammenfluss dreier Quellflüsse[71]. Die Normalrichtung des von Mohilew südwärts ziehenden, tiefer

[70]) H. Guthe (s. Anm. 55), 1867, 406; 1888, 424. — [71]) Supan, Phys. Erdk., 1896, 526; 1907, 706; 1911, 738.

eingeschnittenen Dniepr weist unzweideutig Pripet und Desna die Rolle von Nebenflüssen zu. — Die Seine führt mit Recht ihren Ursprung auf den bei Troyes vorbeifliessenden Fluss, da sie als Saumfluss die Yonne aufnimmt, ehe sie in das Pariser Tertiärbecken tritt.

Schwierigkeiten bereiten besonders Zwillingsflüsse, welchen Namen man auf sich vereinigende gleichartige Parallelflüsse des nämlichen Quellgebietes beschränken und nicht auf alle Flusspaare[72]) ausdehnen sollte, die unfern von einander entspringend, nach weiten Irrfahrten schliesslich sich wieder im Mündungsgebiet nähern.

Dschamna und Ganges, Allier und Loire sind hiernach bis zur Konfluenz Zwillingsflüsse (weniger schon können Cauca und Magdalenenstrom als solche gelten), wogegen Hoangho und Jang-tse-kiang, Brahmaputra und Ganges, Euphrat und Tigris, Syr und Amu die für Asien charakteristischen Flusspaare sind, deren Stromsysteme im einzelnen nicht durchweg Aehnlichkeit des Baues zeigen.

4. Ungleichartig ist das System der Sammelströme[73]), deren Gebiet sich aus einer kleineren oder grösseren Zahl von Stromkammern verschiedenen Baues und verschiedener Anordnung zusammensetzt. Meist tritt der Hauptfluss selbst durch Durchbruchstäler in tiefere Stufen seines Reiches. Die seitlichen Stromprovinzen gliedern sich seltener als breite Abdachungen dem Haupttal an; auch sie sind öfter mittelst Durchbruchstäler angefügt. Innerhalb dieser Stromsysteme herrscht eine grosse Mannigfaltigkeit der Gestaltung; die Zahl der Uebergänge von der einen Grundform zur anderen ist schwer übersehbar.

Bald handelt es sich wie bei der Dwina und der Elbe um ein in sich abgeschlossenes oberes Strombecken und nachmaligen einfachen Abdachungsverlauf, bald um einen mehrmaligen Stufenlauf, in dem jede durchzogene Flussprovinz eine tiefere Stufe darstellt, wie beim Rhein, der zwei, und der Donau, die vier, ja eigentlich fünf Durchbruchstäler durchschneidet.

5. Die Seen im Stromsystem. Talseen (S. 446) sind Ruhepunkte in einem Stromsystem; es ist ein und derselbe Fluss, der in den See eintritt und ihn geläutert verlässt. Dagegen bezeichnen Quellseen die Geburtsstätte des Hauptstromes, der mit dem Austritt aus diesen erst seinen Anfang nimmt. Die Versuche, einen von der Randabdachung dem Quellsee zuströmenden Fluss als wahren Ursprung des den See verlassenden auszurufen, können vom wissenschaftlichen Standpunkt nur dann Erfolg haben, wenn die Wasserfüllung des fraglichen Sees als eine Schöpfung des Beckenrandflusses nachgewiesen wird.

Von diesem Standpunkt ist die Quelle des Nil im Victoria Njansa und nicht dort zu suchen, wo der letzterem aus Südwesten zuströmende Kagera entspringt (Taf. 41[a]). — Ob der Saskatschewan als Oberlauf des Nelson angesehen werden darf, steht noch nicht fest; eher, dass Athabaska und Grosser Sklavenfluss mit dem Mackenzie unter verschiedenen Namen einen Hauptfluss bilden. Denn

---

[72]) Brüder- oder Geschwisterströme, nach Ritter (s. Anm. 48), 187; Zwillingssysteme nannte Ritter sie früher (Asien, 1832, I, 60). — [73]) v. Richthofen, Führer, 1886, 190.

von den grossen zusammengesetzten Querseen, welche diese Wasserläufe verbinden, scheinen nur die westlichen Teilstücke als Flussseen seinem Laufe anzugehören. — Die Newa dagegen bildet zwar den Abflussstrom eines grossen Seensystems, hat aber im Swir keinen Oberlauf, denn der Ládoga-See ist kein Flusssee. Weit eher kann der Göta Elf als Fortsetzung des Klar Elf in Schweden betrachtet werden, der den Wener See speist, allerdings ohne dass letzterer bei seiner Grösse in der Abhängigkeit eines Flusssees vom Klar Elf steht (Taf. 31).

§ 180. Flussrichtung und Stromentwickelung. Weitaus die meisten Stromsysteme besitzen eine bestimmte Normalrichtung, die gewöhnlich durch den Hauptfluss, in Ermangelung eines solchen durch die Hauptachse des Strombeckens vergegenwärtigt ist. Im Verhältnis zu den Hauptabdachungen eines Kontinentes und der sie trennenden Wasserscheide unterscheidet man leicht die Querströme von den Längsströmen[74]).

In Nordamerika herrschen die letzteren vor. Mackenzie, S. Lorenzstrom, Mississippi, Rio Grande laufen den Haupterhebungen des Kontinents parallel. — In Europa, wo die diagonale Hauptwasserscheide eine ozeanische von einer mediterranen Abdachung trennt, finden sich mit wenigen Ausnahmen Querflüsse. Nur die Donau hat wie der Po den Charakter des Längsstromes. — Auch in Afrika sind die meisten Flüsse Querströme. Den Nil fassen wir als Längsstrom auf, obwohl hier die Entscheidung nicht so einfach liegt wie bei den Längsflüssen in den asiatischen Randsenken, dem Euphrat und dem Ganges.

Die Flüsse mit mehrfach gebogenem Verlauf lassen sich leicht als aus Strecken je von Längs- und Querrichtung zusammengewachsen erkennen. Wir sehen ja in heutigen Flusslinien nur das Ergebnis ihrer wechselvollen Geschichte. Es treten dabei alle möglichen Kombinationen auf.

Eine einfache Umbiegung aus einem Längsfluss in einen Querfluss zeigen der Indus und die Wolga. Der Lauf des Brahmaputra ist aus einem Wechsel zweier Längs- und zweier Querstücke zusammengesetzt. Im Donaulauf werden zwei parallele Längsstrecken — die obere bis zum Knie oberhalb Pest, die untere etwa drei Grad südlicher (Save-Donau) —, durch den Querlauf inmitten der nach Süden geneigten ungarischen Ebene verbunden.

2. Unter Stromentwickelung[75]) eines Stromlaufes versteht man heute das Verhältnis der Lauflänge des Flusses zum Abstande zwischen Quelle und Mündung in der Luftlinie (Quellabstand). Der letztere ist leicht auf Karten zu messen (S. 253), sobald man sich über die Ursprungsstelle des fraglichen Flusses verständigt hat. Bei der Lauflänge ist man sich aber bisher nicht bewusst geworden, dass diese nach zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten bestimmt werden kann. Vielleicht ist die Vermengung des Begriffes der rohen Flusslänge mit der wahren, die zu grossen Widersprüchen ge-

---

[74]) O. Peschel, Neue Probleme, 1876, Ueber den Bau der Ströme im mittleren Lauf, 146. — [75]) Heinrich Berghaus, Elemente der Erdbeschreibung 1830, 234, welche Schrift bekanntlich wesentlich Rittersche Ideen veröffentlichte. Vergl. auch Ritter, Allg. Erdk., 1862, 182. Uebrigens gebrauchte Ritter und nach ihm Berghaus den Ausdruck Stromentwickelung im absoluten Sinne für die Lauflänge des Flusses.

führt hat, Ursache, dass man in der Neuzeit die Massbestimmung der Stromentwickelung fast ganz verlassen hat. Ursprünglich hatte man behufs geographischer Vergleichung verschiedener Ströme untereinander nur die Biegungen und Knickungen der vom Fluss durchzogenen Täler im Auge, um einen ziffernmässigen Ausdruck für die mehr oder minder gebrochene Linie eines Flusslaufes zu gewinnen. Diese rohe Flusslänge, die sich auch als orographische bezeichnen lässt, kann also in genügender Annäherung aus Uebersichtskarten nicht zu kleinen Massstabes entnommen werden. Die wahre Länge des Talweges dagegen, welche allen Biegungen und Krümmungen des Stromstrichs folgt und daher nur auf Karten grössten Massstabes mit einiger Sicherheit festgestellt werden kann, kommt allein für den Begriff der hydrographischen Stromentwickelung in Betracht, welche sich zu Streckenvergleichen eines einzelnen Flusses oder gleichartig gebildeter Flussstrecken verschiedener Ströme eignet. Sie ist im Gehängetal oft gleich Eins, wenn das Gebirgswasser geradlinig zum Talpunkt jagt, überschreitet dagegen im Schwemmland, wo der Fluss zu Serpentinen neigt, wohl die Ziffer 2, ja 3, d. h. der Talweg übertrifft die Streckenlänge um das zwei- und dreifache.

Vom erstgenannten Standpunkte aus konnte Ritter[76]) der Wolga ein Maximum (orographischer) Stromentwickelung zuschreiben, dem Dniestr, der kaum aus seiner Normalrichtung ausweicht, ein Minimum; denn bei jener übertrifft die rohe Lauflänge den Quellabstand um das doppelte (430 : 210 km nach Ritter, 458 : 218 km nach v. Klöden), beim Dniestr nur um $^1/_6$ (96 : 87 km nach Ritter). Indem man später beim Dniestr statt der rohen Länge der Flusslinie die Länge des Talweges einsetzte, die 181 km betragen sollte, schrieb man nunmehr gerade entgegengesetzt dem Dniestr die grössere Stromentwickelung zu, ohne gewahr zu werden, dass Ritter diese hydrographische Stromentwickelung gar nicht im Auge hatte.

Ein anderes Missverständnis, häufig entspringend aus der einseitigen Benutzung von tabellarischen Zusammenstellungen ohne gleichzeitige Betrachtung der Karte, betrifft die Gegenüberstellung von Flüssen mit Quellflüssen und solcher ohne diese. Setzen zwei oder — was kaum vorkommen wird — mehrere Quellflüsse einen Hauptfluss zusammen, so muss seiner Länge das Mittel aus der Länge seiner Quellflüsse zugesetzt werden, um vergleichbare Zahlen zu gewinnen.

Ein Blick auf die Karte überzeugt (Taf. 11), dass man nicht Guadalquivir (602 km) und Dwina (755 km) als annähernd gleichlange Flüsse bezeichnen darf[77]). Wenn hier keiner der beiden Quellströme unmittelbar als Oberlauf der Dwina angesehen werden kann, so bleibt nur übrig, das Mittel aus der Länge der Wytschegda (1027 km) und Suchona (573 km) mit rund 800 km der Dwina hinzuzufügen. Die Dwina ist also mindestens $2^1/_2$ mal so lang als der Guadalquivir.

Abgesehen von diesen grundsätzlichen Missverständnissen liegt die Kenntnis der Flusslinie im Argen, so lange nicht Ausmessungen auf Karten gleichen Massstabes vorliegen. Der Einfluss des letzteren ist ein gewaltiger (S. 255).

---

[76]) Ritter a. a. O., 183. — [77]) Supan, Phys. Erdkunde, 1896, 527; 1911, 739. Die eingesetzten Flusslängen nach Strelbitzky.

Die Ausmessung des Severn von der Quelle bis Shrewsbury[78]) ergab

	Länge	Differenz
auf Karten im Massstab von 1: 63360	131,6 km	
„ „ „ „ „ 1: 633600	110,2 km	21,4 km = 16,3 %
„ „ „ „ „ 1:1584000	100,6 km	31,0 km = 23,6 %
„ „ „ „ „ 1:2660000	93,3 km	38,3 km = 29,1 %

Da nun die aussereuropäischen Flüsse meist nach Karten kleineren Massstabes gemessen sind, so sind die Angaben ihrer Lauflänge wahrscheinlich beträchtlich zu kurz im Verhältnis zu den europäischen.

Mit allem Vorbehalt können nach unseren jetzigen Kenntnissen als längste zusammenhängende Wasseradern der Landoberfläche angesehen werden[79]):

Mississippi-Missouri .	6600 km	Ob-Irtisch	5300 km
Nil-Kagera	6500 km [80])	Jenissei-Selenga . . .	5200 km
Amazonas-Ucayali .	5500 km	Jan-tse-kiang	5100 km

Als längste Hauptflüsse haben dagegen zu gelten

Nil (bis zur Seemitte)	5750 km [80])	Mackenzie . . . . . .?	4600 km
Jang-tse-kiang . . .?	5100 km	Amur-Kerulen . . .	4500 km
Amazonas-Marañon .	4900 km	Kongo	4200 km

Es entsprang einer Ueberschätzung des Hauptflusses in einem Stromsystem, wenn man die Grösse des Stromgebietes als eine Funktion der (orographischen) Stromentwickelung darstellte, während dafür ausschliesslich die Entwickelung des ganzen Stromsystemes mit allen wichtigeren Nebenflüssen, die freilich schwer messbar ist, massgebend ist. Drei gleichlange Flüsse werden ganz verschieden grosse Gebiete besitzen können, je nachdem sie einfache Abdachungs-, Saum- oder Muldenflüsse sind, und ein einziger Nebenfluss eines kurzen Sammelstromes kann das Stromgebiet des letzteren verdoppeln (Irtisch im Verhältnis zum Ob).

§ 181. Die Flüsse als Wasserwege. Die Tragkraft eines fliessenden Wassers hängt in erster Linie von einer gewissen Wassermenge und dementsprechender Tiefe des Stromes ab. Die Talfahrt ist dabei von der Stärke der Strömung ziemlich unabhängig, während die Bergfahrt durch letztere in feste Grenzen eingeschränkt wird. Daher beginnt das Flössen flacher, den Stoss aushaltender Hölzer bei den meisten Flüssen schon hoch im Oberlauf, während das Gebirgsgefäll die Schifffahrt ausschliesst. Somit scheiden wegen Wassermangel zahlreiche kleine Flüsse, wegen Steilheit des Gefälles alle Gebirgsflüsse und zahl-

[78]) Petermann im Journ. R. Geogr. Soc. 1848, 93; s. Wisotzki, 59. — [79]) S. Näheres in Pet. Mitt. 1887, 25 u. 87; für die sibirischen Flüsse sind die Berechnungen Strelbitzkys von 1889 (s. Anm. 8) eingesetzt. — [80]) Nach Lyons (s. Anm. 66) 1906, 5:6497 km. Er legte einer genauen Berechnung Karten von 1:80000 bis 1:500000 zu grunde; da er für die Länge von den Riponfällen abwärts 5589 km fand, wird man für diejenige von der Mitte des Viktoriasees 5750 km annehmen dürfen. Aehnliche Berechnungen auf Karten grossen Massstabes würden sicher auch den andern oben genannten Flüssen eine grössere Lauflänge geben.

reiche Strecken grösserer Ströme für die Frage der Schiffbarkeit aus. Hierbei ist unter letzterer nur an die Kahnfahrt gedacht, d. h. an die Fortbewegung flachgehender Fahrzeuge; unsere modernen Verkehrsmittel, die gleichzeitig beträchtliche Lasten fortbewegen wollen, erfordern tieferes Wasser und erreichen daher die obere Grenze der älteren Flussschiffahrt nicht mehr [81]).

Im Längsprofil der Flüsse wechseln Strecken steileren und schwächeren Gefälles ab, da die Erosionsarbeit, die das Profil in eine Kurve mit stetig abnehmendem Gefäll, — die sog. Erosionsterminante — verwandelt, noch bei keinem Flusse vollendet ist. Im allgemeinen aber ist das Steilgefäll den Talpartien im Bergland, das Sanftgefäll dem Laufe im Flachland vorbehalten. Sprechen wir hier nur von selbständigen Flüssen, die das Meer erreichen, so sind als extreme Formen die echten Tieflands- und echten Gebirgsflüsse zu bezeichnen. Im Tiefland entspringend sind jene daher nur, wenn sie in regenreichen Gebieten über ein grösseres Flussgebiet verfügen, schiffbar, es sei denn, dass die Flut das Meerwasser weit in die Trichtermündungen hinauftreibt. Die Zugänglichkeit vom Meere aus hängt daneben von der Natur der Flussmündung ab, ein Punkt, der früher erörtert ist (§ 145).

Im normalen Flusslaufe schliesst sich an einen auf das Quellgebiet beschränkten Ober- oder Berglauf der Unter- oder Flachlauf an [82]). Beim Sammelfluss (S. 458) vollzieht sich ein öfterer Wechsel beider mittelst niedriger Stufen (Stufenflüsse). Je mehr die Hindernisse der Stufenränder vom Fluss selbst oder durch die Hand des Menschen beseitigt sind, umsomehr dringt eine ununterbrochene Schiffahrtslinie in das Stromgebiet ein und verzweigt sich nicht selten in eine Reihe von Nebenflüssen. Dagegen erleidet die Schiffbarkeit der Plateauströme durch die Bergstrecke, mit der der Plateaurand durchsetzt wird, eine völlige Unterbrechung. Im allgemeinen kurz im Unterlauf, dehnt sich die Schiffahrtsstrasse hier und da auf dem Tafelland selbst wieder im weitesten Masse aus, sobald die Flüsse reichliche Wassermenge führen.

Die Plateauströme des trockenen Kastiliens entbehren die Schiffbarkeit auf dem Hochland gänzlich. Im tropischen Afrika bildet der Kongo mit seinen Nebenflüssen ein weites Netz schiffbarer Wasserwege, wogegen die Mündung die Schiffahrt nur bis Boma (Taf. 41a) zulässt. Da Elbe, Rhein, Donau ihre Durchbruchstäler bis auf kleine Felsrippen, die die Schiffahrt beengten, aber jetzt beseitigt sind, tief eingeschnitten haben, lassen sie sich als zusammenhängende Wasserstrassen bis weit in die oberen Stufen benutzen, bei der Donau fast bis zum Quellgebiet. Noch fehlt es an Berechnungen des Verhältnisses, in dem die schiffbaren Flussstrecken eines Stromsystems zu der Lauflänge der in Betracht kommenden Adern stehen.

---

[81]) Bei der Werra (Taf. 21) beginnt die Dampfschiffahrt bei Münden, die Kahnfahrt reicht bis Wanfried, die Flösserei beginnt bei Meiningen. — [82]) Ad. Haase, Flüsse und Flussläufe, in Pet. Mitt. 1891, 49 ff. Die Ausdrücke: Flüsse mit Doppellauf und mit Wechsellauf für solche mit einfachem oder mehrfachem Wechsel von Berg- und Flachlauf eignen sich nicht wohl zur Einführung, da in ihnen eine Beziehung zum Vertikalprofil des Flusslaufes nicht enthalten ist.

VII. Küsten und Inseln.

§ 182. Die Küsten[1]. Treten wir nunmehr aus dem Innern des Festlandes, das uns so lange beschäftigte, an die Ufer des Meeres heran, an jene Grenze zwischen Wasser und Land, deren Festlegung auf der Karte die erste und älteste Aufgabe der bildlichen Darstellung des Erdantlitzes gewesen ist. An ihnen tritt die fortwährende Umbildung, denen dieses unterliegt, am augenfälligsten in die Erscheinung. Wir befinden uns dort tatsächlich auf einer bald sanfter, bald steiler gegen das Meer geneigten Böschung der Landoberfläche. Diese letztere ist es, die wir Küste nennen, ein schmaler Landstreifen von wechselnder Breite längs des Meeresufers. Von diesem bildet der Strand (S. 347) oder die Berührungszone des bewegten Wasserspiegels mit dem Lande wiederum nur den unteren, unter dem Meeresspiegel sich fortsetzenden Saum. Die sogenannten Küstenlinien, welche unsere Karten verzeichnen, versinnlichen also eigentlich nur den horizontalen Verlauf der Strandlinie und erst mittelbar auch den des Küstenstreifens, dessen obere oder untere Grenze gegen das Binnenland zu sich nur in seltenen Fällen schärfer angeben lässt.

Erst durch diese Auffassung der Küste als eines langgezogenen, an die Nähe des Meeres gebundenen Landstriches, wie sie die Länderkunde nie anders kannte, hat man auch im Gebiete der physikalischen Geographie den Formenreichtum verstehen gelernt, der uns an ihr entgegentritt.

Es mag dies durch die Gegenüberstellung von kontinentalen Küsten[2]) und marinen Küsten zum Ausdruck kommen. Festlandsränder werden zur Küste durch Eintauchen des Saumes in den

---

[1]) Küsten. Eine Uebersicht über „Die Entwickelung des Küstenbegriffs“ gibt W. Grosses Dissertation, Leipzig 1904. Das lange vernachlässigte Studium der Küsten hat im Kreise der Geographen durch F. Hahn (Bem. über einige Aufgaben der Verkehrsgeogr., Zeitschr. f. wiss. Geogr. V, 1885, 114 ff.) und v. Richthofen (Führer, 1886, 293—323) neue Anregung erhalten. Des letztern Gedanken sind von K. Weule (Beitr. z. Morph. der Flachküsten, Zeitschr. f. wiss. Geogr. VIII, 1891, 211—258) nach der Seite der Vorbegriffe, von A. Philippson (Typen der Küstenformen, 1893) s. o. S. 347, Anm. 121) nach der konstruktiven Seite fortgeführt. Eingehend mit manchen neuen Gesichtspunkten ist Pencks Kapitel über die Küsten (Morph. II, 1894). Ein neues System der Küstenformen gibt S. Passarge, Physiol. Morphologie, Hamburg 1912, 145—52; eingehender behandelt G. Braun ein solches System nach Grundformen der Zerstörung, des Transports und des Aufbaues und Folgeformen der Flachlands- und gebuchteten Küsten in der Schrift: Entwickelungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandsküsten und ihren Dünen, Berlin 1911. Zahlreiche Beispiele von Küstenformen führt F. P. Gulliver in Shoreline Topography (Proc. Amer. Acad. of Arts a Sciences, Bd. 34, 1899, 151—258) an. Die ausführliche Behandlung der Küsten in darstellender Form und unter ausdrücklicher Ablehnung einer Klassifikation findet sich in F. Ratzel, Die Erde und das Leben I, 1901, 369—458. H. Berghaus (Phys. Atl., Taf. 19) hat 1886 den ersten schwierigen Versuch gemacht, die gesamten Küsten der Erde nach den v. Richthofenschen Typen zu verteilen. — [2]) Die von Philippson vorgeschlagene Bezeichnung „Isohypsenküsten“ für die durch küstenfremde Agentien gebildeten Küsten ist m. E. keine treffende; denn sie verlegt die Unterscheidung in die Wasserlinie, die aber auch bei der durch littorale Agentien gebildeten Küste eine Isohypse ist. Passarge nennt sie Landformenküsten.

Ozean, also durch Senkung bisher trocken liegenden Landes, sodass das Meer nunmehr in die Hohlformen eingreifen kann, oder durch positive Strandverschiebung (§ 135, S. 319). Kontinental nennen wir also die Küsten, welche die Formen des untertauchenden Festlandsrandes wiederspiegeln. Teils rein und unmittelbar, wie sie aus der Hand der auf dem Festland tätigen Kräfte hervorgingen, teils ausgeglichen und gleichsam verschleiert, wenn die Meeresbrandung schon stärker am Saum genagt hat, oder wenn, was die äusseren Umrisslinien wirksamer umgestaltet, die Buchten mit Schwemmland ausgefüllt und trocken gelegt sind. Solche ausgeglichenen Kontinentalküsten[3]) sind Zwischenformen, wie sie bei allen Gattungen der Geländeformen der Einordnung in ein System Schwierigkeit bereiten. — Weniger die zerstörende als die aufbauende Arbeit des Meeres (§ 144) erzeugt die marinen Küsten, indem sie mit ihren Anschwemmungen den Küstenverlauf des ehemaligen Kontinentalrandes mehr und mehr verdeckt. Negative Strandverschiebung befördert diese Vorgänge im allgemeinen, fügt der Küste Meeresboden an, schiebt Korallenbauten auf die Küste; positive gibt die lockeren Schwemmprodukte wieder der Zerstörung preis. Flusssedimente greifen aus dem Innern des Festlands auf die marinen über, die Flussbarren geben neues Material für die Küstenversetzung (S. 347). So bildet sich besonders dort, wo die marine Küste vor der Festlandsniederung ansetzt, eine Zone von Schwemmland, in der sich schwer auseinanderhalten lässt, was kontinentalen, was marinen Ursprungs ist. Mit einem gewissen Recht kann man somit die meist aus älterem und festerem Gestein zusammengesetzten und höheren Kontinentalküsten den weicheren, das Niveau der Niederung nicht übersteigenden Schwemmlandsküsten gegenüberstellen, obwohl Meeresanschwemmungen sich auch an jenen entlang ziehen.

Nicht völlig deckt sich diese Einteilung mit der älteren in Steil- und Flachküsten[4]), die uns sozusagen von dem einseitigen Standpunkt der Nautik überkommen ist und jedenfalls zu wenig über den Gesamtbau der Küste aussagt. Beim Anblick einer Küste vom Meere aus oder von vorn erscheint uns eine ansteigende Küste weit steiler, als sie ist. Für zahlreiche Küstenstrecken, die nicht der Niederung angehören, ist der Ausdruck Steilküste irreführend. Jedoch behalten diese Unterscheidungen nach dem des Vertikalprofils einer Küste als solche zweiter Ordnung auch ihre Bedeutung, aber man spricht besser von vornherein von vier verschiedenartigen Vorkommnissen: Bei der Flachküste neigt sich die Küstenniederung unmerklich unter den Wasserspiegel (hieran ändert sich nichts, wenn sich gegebenen Falles zwischen Strand und Niederung ein Dünenwall dem flach abfallenden Boden auflagert). Bei der ansteigenden Küste (Steigküste) hebt sich das Land unter deutlichem Winkel von der Strandebene ab. Eine wirklich steile Uferböschung richtet sich dagegen bei

---

[3]) „Ausgleichsküsten" bilden bei v. Richthofen (Führer) einen eigenen, aber vorläufig nur zusammenfassenden Küstentypus. — [4]) Vergl. v. Boguslawski, Ozeanographie I, 1884, 44 ff.

der Kliffküste[5]), dem Werk der Brandungswelle, über der flach abfallenden Strandterrasse auf, die oft nur zur Ebbezeit sichtbar wird. Senkt sich dagegen eine Felsküste unvermittelt ins tiefere Meer — an vielen Fjordküsten (S. 471) begegnen wir diesem Fall —, so haben wir eine strandlose Steilküste vor uns. Die beiden letzteren Fälle sind aber im ganzen seltene Erscheinungen.

Die Küstenkarten. Die Küstenerscheinungen spielen sich in einer niedrigen und schmalen Zone der Erdoberfläche ab, welche auf Uebersichtskarten nur sehr unvollkommen zur Darstellung gebracht werden kann. Der Anfänger ist besonders geneigt, die grünen Tieflandsstreifen auf unsern sog. physikalischen Karten schlechthin für Flachküsten anzusehen; davor muss gewarnt werden. Innerhalb jener Höhenstufe von 200 m, welche in üblicher Weise für das Tiefland angenommen wird, kann neben der Schwemmlandsküste die ansteigende oder die Kliffküste entwickelt sein. Umgekehrt darf aus dem Fehlen solcher Tieflandsstreifen längs einzelner Gebirgsküsten nicht ohne weiteres auf Steilküsten geschlossen werden. Flachküsten von 40 km Breite könnten auf Erdteilkarten in 1 : 40 000 000 (s. Atlas) erst 1 mm breit gezeichnet werden. Sorgfältig bearbeitete Spezialblätter der Atlanten geben schon wichtige Küstentypen deutlich an, aber doch meist nur in schematischer Form. Als Quellenmaterial für das Studium der Küstenformen würden uns die topographischen Karten noch grössere Dienste leisten, wenn sie, wie es immer doch nur ausnahmsweise geschieht, bei Küstenblättern die Darstellung des Meeresbodens nach den Seekarten mit eintragen würden. Umgekehrt beschränken sich die unerlässlichen See- oder Küstenkarten (Admiralitätskarten, s. o. S. 9) noch vielfach auf Wiedergabe der von der See aus sichtbaren Teile einer Küste. Von trefflichen Ausnahmen abgesehen, fehlt es daher für Spezialstudien noch an wahren Küstenkarten, die den Küstenbereich beiderseits von der Strandlinie ausreichend weit darstellen.

§ 183. Die Kontinentalgestade. Ein Blick auf eine orographische Uebersichtskarte der Erde (Taf. 6) sagt uns, dass wohl $^2/_3$ der Küstensäume der Erde von Gebirgen und höherem Land, etwa $^1/_3$ von Tiefland begleitet werden. Unter den Hochküsten[6]), wie wir die ersten kurz bezeichnen, springt die Bedeutung des Faltengebirges für die Umsäumung des gesamten Pazifischen Ozeans deutlich in die Augen. Geschlossen und auf ungeheure Strecken wie vor allem in Südamerika keinem grösseren Fluss Durchgang gewährend, setzt sich der Gürtel, die Aussenseite der Gebirgsbogen dem Meere zukehrend, in den Inselkränzen des asiatisch-australischen Aussenrandes bis nach Neuseeland fort. Die Küsten folgen bis auf kleine Unterbrechungen den Flanken dieses Gebirgsgürtels, es sind ausgesprochene Längsküsten[7]).

Die gleiche Form der Längsküste zeigt sich streckenweise auch an der Binnenseite der asiatischen Randmeere, am geschlossensten längs der Westküste des Japanischen Meeres. Sodann dort, wo die Flanken des den Eurasischen Gebirgsgürtel zusammensetzenden Faltenzuges das Meer erreichen wie bei den Sundainseln und Barma, im Süden Irans, an der Nordküste Kleinasiens, längs des Adriatischen und des zwischen Sierra Nevada und Atlas eingeschlossenen Iberischen Meeres, am Golf von Genua und der Nordküste Siziliens. Aber die Längsküste

[5]) Penck II, 554. — [6]) v. Richthofen, Führer, 295. — [7]) Supan (Phys. Erdk. 1896, 575; 1911, 793) will die Längsküsten als „konkordante", die Querküsten als „diskordante" bezeichnet wissen.

beschränkt sich nicht auf die jüngeren Faltengebirge. Den Saum des nordatlantischen Ozeans begleiten Rumpfgebirge und Rumpfschollen, an denen sich die Streichungsrichtung der Falten noch deutlich erkennen lässt. So sind die Nordwestküste Norwegens (nördlich von Kap Stat, 62° N.) und diejenige Schottlands, ferner jenseits des Ozeans die Ostseite Neuschottlands Längsküsten, da die Streichungsrichtung der Gebirge mit dem Küstenverlauf im grossen und ganzen übereinstimmt. Wie es scheint, kann auch die Ostküste Brasiliens als Längsküste gelten, da gefaltete archäische Schichten (wie der Flussverlauf des Rio San Francisco andeutet), nordostwärts streichen [8]).

Wo dagegen Faltenzüge gegen das Meer zu ausstrahlen, tritt die Querküste auf. Wenn nicht ungünstige Umstände hinzutreten, schliesst sie das Land auf, denn zwischen den parallelen Erhebungen führen Talmulden ins Land.

Die südchinesische Küste mit ihren schräg von der Küste abgeschnittenen Zügen, die Westküste Kleinasiens oder die Ostseite der Balkanhalbinsel, die irische und britische Südwestküste mit ihren vorspringenden Halbinseln sind Beispiele solcher Querküsten.

Wo sonst noch Hochland sich in Stufen zum Meere herabsenkt wie vor allem in Afrika, Arabien und Dekan, haben wir es meist mit Schollenküsten zu tun [9]); es sind die Striche, wo Tafelländer in Staffelbrüchen herabsinken. Daher auch hier der Charakter nicht leichter Zugänglichkeit, die Flüsse nur wenig aufwärts schiffbar. Auch sind diese Küsten im allgemeinen nicht durch weite Erosionsfurchen gegliedert. Schollenküsten finden sich auch dort, wo niedrigere Platten an das Meer grenzen, seien es Tafelländer wie in Patagonien oder Rumpfschollen wie in den arktischen Gebieten an der Küste der Hudson-Bai. Inwiefern hier eine Einsenkung des Meeresbodens die Küstenstufe hervorgerufen, oder man es mit Kliffküsten zu tun hat, ist nur an wenigen Küsten festgestellt.

Ueberblicken wir noch einmal die grossen Gestadegürtel der Erde, so lässt sich die Form der geschlossenen Längsküste, herrührend von den grossen gegen den Stillen Ozean gerichteten Faltenzügen, wohl als Pazifischer Gestadetypus [10]) bezeichnen. Den Atlantischen Ozean dagegen begleiten, durch Flachlandsstreifen unterbrochen, bald Schollenküsten, bald Rumpfgebirge, und von Faltenzügen kehren ihm wenige ihre Flanken zu. Wohl aber läuft der Eurasische Faltengebirgszug nur mit seinem Ende gegen ihn aus. An Querküsten ist die Westseite Europas reich. Diese bunte Mannigfaltigkeit der Gestadeformen hat man den Atlantischen Gestadetypus genannt [10]). Er hat zur Folge, dass das atlantische Abdachungsgebiet den weitaus grössten Teil der Landoberfläche ausmacht (§ 127).

§ 184. Die Küstengliederung. Leicht ergeben sich beim Verfolg der Küstenlinien an Festlanden und Inseln die Hauptgegensätze der einförmig glatten und der reichgegliederten Küsten. Die

[8]) Suess, Antl. d. Erde II, 162. — [9]) Schollenküsten und Schwemmlandküsten werden, weil ohne Beziehung zum Schichtenbau, von v. Richthofen als „neutral“ bezeichnet. — [10]) Suess, Antlitz II, 256 ff.

glatten scheinen zu überwiegen. Das ist freilich nur eine neue Täuschung der generalisierenden Uebersichtskarte; dieselbe kann dem unruhigen Verlauf der feingegliederten Küste nicht folgen.

Die ungegliederten Kontinentalküsten sind zugleich schmal. Ein kurzer Aufstieg vom Strand führt uns bald aus dem Bereich der Küste. Die Küstengliederung wird durch Hohlformen, in die das Meer einzudringen vermag, und trennende Vollformen, durch Buchten und Küstenvorsprünge bewirkt. Dazu treten als wichtiges Element der Gliederung die Küsteninseln. Aber charakterisiert werden die Küsten wesentlich nur nach den Buchten, denn diese sind es, die den Einfluss des Meeres bis ins Innere der Küstenlandschaft hineintragen. Gegliederte Küsten sind buchtenreiche. Je tiefer die Buchten in die Küste eindringen, umsomehr gelangt der Gegensatz einer Aussen- und Innenküste zur Geltung. Gegliederte Küsten besitzen daher doppelte Küstensäume. Das tritt klar bei den offen gegliederten Kontinentalküsten zutage, wo die durch Buchtmündungen durchbrochene Aussenküste über frei ins Meer ragende Kaps und Küsteninseln hinwegzieht. Aber auch die scheinbar glatte Schwemmlandküste ist in Wahrheit fast immer eine Doppelküste, insofern sich bei ihr hinter dem geschlossenen und einförmigen Saum meist eine reichere innere Gliederung zeigt. Der Normalverlauf der Küstenlinie entspricht der Aussenküste.

Die Unterscheidung selbst zwischen Küstengliederung und kontinentaler Gliederung ist im Einzelfall schwierig. Auch die letztere wird durch Meerbusen, Halbinseln und Inseln bedingt (§ 124). Dieselben Formen kehren bei der Küstengliederung im kleinen wieder. Aber wann schrumpft ein Meerbusen zur Küstenbucht, eine Halbinsel zum Küstenvorsprung oder zur Landzunge zusammen? Es lässt sich die Scheidung nicht nach absolutem Mass vornehmen. Es spielen hierbei nicht nur Grössenverhältnisse, sondern auch die der Lage, die Art der Anheftung der Kontinental- und Küstenglieder, die Anordnung der Küsteninseln eine Rolle. Es gehört wissenschaftlicher Takt zur Entscheidung solcher Fragen der Zuweisung der Einzelformen zur einen oder anderen Gattung; sie lassen sich auf rein mechanischem Wege nicht lösen.

Von diesem Standpunkte kann man die grossen Buchten und Halbinseln des Peloponnes oder von Celebes, den Golf von Tarent etc. nicht als Elemente der Küstengliederung ansehen, da mit deren Lostrennung unkenntliche Rumpfstücke, nicht die ihrer Randverzierung beraubten Halbinseln oder Inseln übrig bleiben würden[11]).

Der kontinentalen Gliederung gehören ferner die arktischen Sundregionen an. Im Norden Amerikas sehen wir flachgelagerte paläozoische Platten aufgelöst zu einem ungeordneten Haufen von Halbinseln und Inseln. Sie sind durch lange Buchten und Meeresstrassen, die sich hier und da zu grösseren Becken erweitern, geschieden durch bis 200 m tiefe Sunde. Möglicherweise ent-

[11]) Hiernach gibt es also nicht sowohl gelappte Küsten (Penck II, 582) als vielmehr gelappte Halbinseln und Inseln.

standen die Vertiefungen, die jetzt das Meer einnimmt, durch Ausräumung verwitterten Gesteins; die Eisschiebung hat sie erweitern helfen. Wie es scheint, haben wir im übrigen ein vom Meer überflutetes Denudationsplateau vor uns wie das ähnliche im Süden angrenzende, auf dem sich die Hudson Bai mit ihren Zugängen ausbreitet (S. 362). Auf europäisch-asiatischer Seite kehrt zwischen Lappland und der Chatanga-Bucht im Osten der Taimyr-Halbinsel (Taf. 33) eine ähnliche Region wieder, nur dass die schlauchartigen, breit am Kontinent abschneidenden Buchten sich nicht (oder nicht mehr) in gleichem Masse zu einem Strassenmeer verbinden.

Auch die sog. Golfküsten sind wohl besser der kontinentalen Gliederung zuzurechnen. Wir fassen darunter für jetzt noch die kontinentalen Säume zusammen, die mit grossen offenen, flachen bis halbkreisförmigen Golfen besetzt sind, wie die Ostseiten Patagoniens[12]), Arabiens, Kamtschatkas. Ob man es hier mit kesselartigen Abbrüchen zu tun hat, oder wie sie sonst zu erklären sind, muss freilich die Untersuchung noch feststellen.

§ 185. Paralometrische Werte[13]). Seit C. Ritter versucht hat[14]), aus dem längeren oder kürzeren Küstenverlauf eines Kontinentes ein Mass zu entnehmen für die grössere oder geringere Zugänglichkeit von aussen, hat man zwar vielfach zweckmässigere mathematische Ausdrücke aufzustellen gesucht, aber selten die drei ganz verschiedenen Begriffe, die hier in Frage kommen, strenger auseinander gehalten, die Küstenlinie, die Strandlinie und die Schiffahrtsküste.

1. Kontinentale Gliederung und Küstenentwickelung. Für eine der verschiedenartigen Massbestimmungen der horizontalen Gliederung der Kontinente oder kleinerer Landkörper (Halbinseln, Inseln) gingen wir früher (S. 290) von der rohen Küstenlänge *(L)* aus und setzten sie zum kleinstmöglichen Umfang der Flächenfigur *(U)* in Beziehung, dieses Verhältnis die Küstenentwickelung nennend. Für diesen Zweck kann nur der Verlauf des glatten Umrisses oder besser der Aussenküste in Betracht kommen. Von Küstenvorsprung zu Küstenvorsprung schreitend, nach jeder im Küstenzuge liegenden Insel, wenn erforderlich, überspringend, zieht sie sich an allen kontinentalen Meerbusen und Halbinseln entlang. So erreicht sie z. B. bei Nordamerika 75 000 km. Daraus ward die Küstenentwickelung als Mass der (horizontalen) Kontinentalgliederung Nordamerikas zu $4{,}_9$ berechnet (S. 290).

---

[12]) Daher „Patagonischer Küstentypus“ nach v. Richthofen. — [13]) Der Ausdruck Paralometrie für die Ausmessung der Küstenlinien etc. (*ἡ παραλία*, die Küste) ist der in der Geologie bereits gebrauchten Unterscheidung zwischen Küsten-, Binnensee- und Tiefsee-Bildungen (paralische, limnische, abyssische) nachgebildet. Die meisten neueren Arbeiten, die sich theoretisch mit „Küstenentwickelung“ beschäftigen, kennen nur eine „Küstenlinie“ und gipfeln in einer zweckmässigen Formel für anschaulichen Ausdruck der horizontalen Kontinentalgliederung (§ 125). Den grossen Differenzen in den Ergebnissen, welche verschiedene Berechner für die gleichen Küstenstrecken gefunden haben, stehen sie bei praktischen Anwendungen meist ratlos gegenüber (s. Weidenmüller, Die Schwemmlandküsten der Ver. Staaten und ihre Längen- und Formverhältnisse. Diss., Leipzig 1894, 11). Die Amerikaner scheiden bereits seit langem *General coast line* (Küstenlinie) von der *Tidal shore line* (Gezeiten-Uferlinie). — [14]) C. Ritter, Gesammelte Abhandl., 1852, 103 ff.; die betreffenden Abhandlungen stammen aus den Jahren 1826 und 1828.

2. Küstengliederung und Strandentwickelung. Nun erst treten wir an die Einzelgliederung der Küste heran und finden für sie ein Mass in der Entwickelung der vereinigten inneren und äusseren Küste oder besser, da bei der einfachen Küste beide zusammenfallen, in der Entwickelung der Strandlinie *(S)* im Verhältnis zur (äusseren) Küstenlinie *(L)* [15]. Hierbei kann man aber nicht wohl quer vor der Mündung der Flüsse stehen bleiben. Vielmehr wird man an allen Küsten mit Gezeitenwechsel die Flussmündung so weit in die Strandlinie einzuziehen haben, als dieser Flutwechsel reicht. Die Ausmessung ihrer Länge muss dem Stande des Wassers zur Zeit des Hochwassers entsprechen. Hiernach ist von selbst klar, dass es keinen Sinn hat, die horizontale Gliederung eines Landes nach der Strandlinienlänge bemessen zu wollen; nur die Küstengliederung kann nach ihr bestimmt werden.

Nur von wenigen Küstenstrecken liegen brauchbare Ausmessungen des Strandlinienverlaufs vor. Will man diejenigen der Nordamerikaner, welche ihre „tidal shore line" bis zum Ende der ozeanischen Schiffahrt rechnen, dafür gelten lassen, so wird die dortige Küstengliederung durch folgende Werte der Strandentwickelung bestimmt [16]:

	Küstenlinie *(L)*	Strandlinie *(S)*	Strandentwickelung
Pazifische Küste . .	2895 km	14240 km	$L:S = 1:5$
Golfküste	2965 km	(?) 30630 km	„ 1:10
Atlantische Küste . .	3270 km	58430 km	„ 1:18

In Gegenden mit starker Küstengliederung wie längs der Fjordküsten steigt das Verhältnis der Strandentwickelung noch weit mehr. Eine Messung an Norwegens Küste [17] zwischen 60° 50′ — 62° 5′ N ergab mit Einschluss der Strandlinie der kleinen vorgelagerten Inseln L : S = 1 : 40 (Küstenlinie 134 km, Strandlinie 5421 km, wovon allein 3225 auf den insularen Teil entfallen). Geringer ist die Strandentwickelung bei den Riasküsten. In der Bretagne schwankt sie zwischen 5 und 12, weil es sich nicht überall um Riasküsten handelt [18]; in ähnlichen Abstufungen bewegen sich die Zahlen bei den unten beschriebenen Kanalküsten (8), dem Griechischen Typus (6), der Limanküste (4) [19].

3. Die Schiffahrtsküste [20]. Die Verkehrsgeographie muss von anderen Gesichtspunkten ausgehen als die Morphologie, und gerade dies wird so oft vermengt. Die Küste als Feld eines eigenartigen Verkehrs des Menschen zu Schiff dient ihm durchaus nicht mit jedem Punkt des Strandes. An felsiger Steilküste sind oft nur wenige Anlegepunkte, und eine stark zerfranste Schwemmlandküste bietet häufig nur in künstlich ausgebaggerten Fahrstrassen die Möglichkeit der Bewegung.

---

[15]) Ratzel nennt das, was oben wohl unzweideutig als Strandlinie bezeichnet ist, „wirkliche Küstenlinie", die äussere Küstenlinie dagegen „den glatten Umriss". — [16]) S. Ratzel, Die Verein. Staaten von Nordamerika, München 1895, 65. Ziffern nach Mendenhall v. U. S. Coast Survey. — [17]) Fr. Schwind, Die Riasküsten in ihrem Verhältnis zu den Fjordküsten. Inaug.-Diss. Leipzig-Prag 1901. — [18]) E. de Martonne, Le développement des côtes-bretonnes (Bull. Soc. scient. et médic de l'Ouest. Rennes, XII, 1903, Nro. 1. — [19]) O. Hentschel, Die Hauptküstentypen des Mittelmeeres u. bes. Berücksichtigung ihrer horizont. Gliederung. Diss. Leipzig 1903. — [20]) Vergl. hierzu Ratzels anregendes Kapitel über die Küsten in Anthropogeographie I, 1882, bes. S. 236, 241; „innerhalb der Kulturgeographie müsse der Begriff Küstenentwickelung durch den der Stromentwickelung seine Ergänzung finden".

So werden manche Limane und Haffe nur eine einzige Querlinie als Wasserweg besitzen, tiefere sind vielleicht ringsum schiffbar. Eine allgemeine Regel gibt es so wenig wie bei Flüssen, wo der einzelne auf seine Schiffbarkeit untersucht werden muss. Dennoch wird es einem kundigen Auge möglich sein, auf Küstenkarten den Verlauf eines solchen zusammenhängenden Küstenwasserweges zu verfolgen. Auch dieser darf aber bei der Flussmündung nicht Halt machen, sowenig wie bei dem Ausgang eines Fjordes. Jeder der ozeanischen Schiffahrt zugängliche Fluss muss bis an die obere Grenze derselben mit in das Netz der fraglichen Schiffahrtsküste einbezogen werden. Die Schiffbarkeit der Flüsse wie der Küstengewässer hängt viel vom Eingreifen des Menschen ab. Daher können Kanäle, die ein unteres und oberes Wassernetz verbinden, nicht ohne weiteres aus dieser Berechnung ausgeschlossen werden. Seeschiffe gelangen bis nach Chicago trotz des Niagara-Falles und anderer Stromschnellen im St. Lorenz mittelst Kanäle, die letztere umgehen. Das untere Wasserwegnetz greift also bis auf die oberen Kanadischen Seen über. Von diesem Standpunkt sind Flüsse, die der Seeschiffahrt zugänglich sind, eine wirkliche Erweiterung der Schiffahrtsküste wie so manche Küstenbuchten. Da es sich um ein Wegenetz handelt, so wird man behufs des Vergleiches die gefundene Länge der Wasserstrassen am besten zur Grösse des zugehörigen Gebietes in Beziehung setzen, wie dies in der Verkehrsstatistik mit Strassen, Eisenbahnen, Telegraphenlinien geschieht. Freilich pflegen sich letztere über das ganze Staatsgebiet ziemlich gleichmässig zu verteilen. Das Wasserwegenetz gehört im engeren Sinn je einer sich aus Stromgebieten zusammensetzenden Abdachung an. Zahlenangaben, die das untere Wasserwegenetz in dieser Weise mit bestimmten Abdachungen in Beziehung setzen lassen, liegen zur Zeit noch kaum vor.

§ 186. Kontinentalküsten. Bezeichnen wir den deutlich ausgeprägten Ausschnitt der Küstenlinie mit dem Namen Bucht, so kann die Umrissgestalt, wie sie uns die Karte in Horizontalprojektion darstellt, auf die vier Grundformen der Talbucht, Trichterbucht, Rundbucht und Flachbucht zurückgeführt werden. Mit diesen Bezeichnungen wird jeder sofort eine bestimmte Vorstellung der Gestalt verbinden [21]). Die Talbucht soll uns aber zugleich alle die gegen die Küste zu geöffneten Hohlformen vergegenwärtigen, welche auf dem festen Lande als Täler gebildet, nunmehr von dem vordringenden Meere teilweise unter Wasser gesetzt sind. Eine Reihe typischer Gebilde hat man bereits nach Gestalt, Entstehungsweise und Vorkommen klarzulegen vermocht.

1. Die Fjorde [22]). Unter den Talbuchten haben die Fjorde, von den norwegischen Vorkommnissen benannt, die Forscher am meisten

---

[21]) Penck (II, 550) möchte Bai für den Küstenausschnitt in Kreisabschnittform, Bucht für schlauchartige, Golf für grössere und breitere angewendet sehen. Indessen entspricht das leider nicht dem kartographischen Sprachgebrauch (s. Baffin-Bai, Danziger Bucht etc.). — [22]) Nachdem Dana 1849 den Fjord als eigenartige Küstenform aufgestellt und O. Peschel 1866 die beschränkte geogr. Ver-

beschäftigt, seit man erkannte, dass niedere Breiten solche gesellig auftretenden, langen und schmalen, mit parallelen steilen Wänden in die Küsten einschneidenden Buchten entbehren. Ohne auf gebirgige Küsten beschränkt zu sein, — denn man findet sie auch an der niedrigen Küste von Maine (Vereinigte Staaten, 44° — 45° Br.) — treten die Fjorde in ihrer grossartigen Form doch nur an Hochgebirgsküsten wie in Grönland, an der Westküste Norwegens (Taf. 31), Britisch-Columbiens, Patagoniens, an der Südwestküste Neuseelands (44°—46° S. Br.) etc. auf.

Bald geradlinig mit wenigen Seitenästen in die Gebirgsabdachung einschneidend wie der Nordfjord (62°, Taf. 31) erweitern sich einige nach kurzem Quertal seeartig in breiteren Längstälern (Trondheim-Fjord, 64° N. B.), bis 150 km und mehr an Länge erreichend (Sogne-Fjord, 61° N. B.). Als strandlose Steilküsten (S. 465) tauchen die Talwände in gleicher Böschung unter das Wasser, am Ufer ist selten Platz zu einer Strasse. Der Boden aber ist wie bei allen Stufentälern im Querschnitt eben. Es sind nicht V-förmige Furchentäler, sondern U-förmige Taltröge. Der Boden senkt sich talwärts, aber nicht gleichmässig, vielmehr wechseln beckenartige Vertiefungen mit etwas höheren Schwellen und besonders der Ausgang der Fjorde, die durchweg beträchtliche Tiefen zeigen, ist am Boden durch solche geschlossen. In letzterem Punkte hat man bisher das Haupterkennungszeichen des echten Fjords erblickt und diese Erscheinung mit der Ausgestaltung der Hohlform durch das Gletschereis in Zusammenhang gebracht. In der Tat tritt diese Fjordform gesellig nur in Gegenden der Erde auf, die ehemals ausgedehnte Vergletscherungen erlebt haben. auf der nördlichen Halbkugel überschreiten die Fjorde den 44° N südwärts nicht[23]), falls man die Vorkommnisse stärker zerrissener und kleinerer Buchten in Neufundland und Maine, sowie am Obern See[24]) noch zu den Fjorden rechnet; auf der südlichen bildet der 41° S. die Aequatorialgrenze des Vorkommens (West-Patagonien). — Die Stufen des Fjordbodens setzen sich in den Fjordtälern oberhalb fort, und dort sind oft die Stufen noch mit Talseen bedeckt. Dann aber pflegt das Tal plötzlich mit einem hohen Talschluss zu endigen, nach dessen Erklimmung man sich auf einem weiten Plateau befindet. Es ist klar, dass die heutigen Flüsse diese mächtigen Taltröge nicht ausgewaschen haben können und insofern erklärt das Vorkommen der Hauptfjordküsten an den westlichen Regenseiten der fraglichen Landschaften die Bildung nicht. Es gehörten dazu grössere Wassermassen, wie sie allein die Gletscherströme zu liefern vermögen. Wenn im Gegensatz zu dieser tiefen Talausnagung in den höheren Regionen fast nichts von tiefer eingeschnittenen Talrinnen beobachtet wird, so erklärt man sich dies wohl

---

breitung auf höhere Breiten trefflich dargelegt (Neue Probleme, 1876, 20), hat F. Hahn (Inselstudien, 1883, 142) trotzdem von neuem alle talähnlichen bis trichterförmigen Buchten den Fjorden zugerechnet. Das wichtigste Material fasst P. Dinse (Die Fjordbildungen, Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1894) kritisch zusammen behufs scharfer Lokalisierung der Fjorde auf ehemals vergletscherte Gebiete. S. auch O. Nordenskiöld, Topograph.-geolog. Studien in Fjordgebieten (Bull. of the Geol. Inst. of Upsala Nr. 8, Vol. IV, Part. II, 1899, 157—226. — [23]) Der Widerspruch mit Penck (II, 565), der 49° N. Br. als Grenze angibt, ist auf dessen Nichtberücksichtigung der Küstenbuchten von Neuschottland, von Maine etc. unter den Fjorden zurückzuführen; erstere werden von ihm aber auch unter anderen gebuchteten Küsten nicht erwähnt. Vergl. noch Remmers, Die Fjorde a. d. Küste von Maine. Diss. Leipzig 1891. — [24]) Ratzel, Pet. Mitt. 1880, 387.

mit Recht[25]) dadurch, dass die Bildung der Fjordtäler in der zwischen den grossen Eiszeiten liegenden Periode erfolgt sei, wo die Firnmassen (ähnlich wie heute, nur in grösserer Ausdehnung) nur die hohen Regionen bedeckten und diese also vor der Erosion bewahrten. Als dann die Eiszungen wieder wuchsen, waren diese es, welche die Täler erweiterten, übertieften (S. 415) und vor Zuschüttung schützten. Aber es ist bemerkenswert, dass überhaupt die Gewässer der Fjordküsten sedimentarm sind. Die Umwandlung der Täler in Fjorde erfolgte dann durch eine positive Strandverschiebung, wie sie auch die arktischen Sunde unter Wasser setzte (s. o.). Die grösseren Fjorde Norwegens scheinen in der Richtung des Schichtenstreichens zu liegen, da dieses sich südlich vom Kap Stat westwärts wendet. Der Firth of Lorne in Schottland verdankt dagegen seine Entstehung einem mächtigen Längsbruch (S. 420). Die selten fehlenden Inseln der Fjordküsten sind Bruchstücke der zwischen den Fjorden sich erstreckenden Halbinseln. Sie sind vom Körper getrennt durch schmale Strassen mit ruhigem Fahrwasser, die über die niedrigen Quersättel der untergetauchten Halbinseln hinziehen.

2. Abarten der Fjorde[26]) bilden an niedrigen Abrasionsplatten wie an der schwedischen und finnischen Küste die fein zerschlitzten, zuweilen sich erweiternden Fjärde mit dem Gewirr kleiner nackter, durch die Eiszeit abgeschliffener, nicht parallel gestellter (Taf. 31) Felseninselchen, der Schären[27]). — Die holsteinische Küste ist dagegen durch schmale Talbuchten von einfacherem Verlauf, die Föhrden, ausgezeichnet, die durch ihre beträchtliche Tiefe treffliche Häfen bilden. Da letztere bereits an der Wurzel beginnt, so spricht dieser Umstand dafür, dass auch diese erst durch Gletscherströme erweitert sind[28]).

3. Felsige Querküsten zeigen daneben trichterförmige Buchten, deren Boden sanft unter den Meeresspiegel abfällt. Sie sind in typischer Form an der granitischen Küste Galiciens (Taf. 28) ausgebildet, woher man den Namen der Rias auf die gleiche Form an anderen Küsten übertragen hat[29]). Oft durch einfache Senkung eines Faltenzuges entstanden, welche dem Meere das Eindringen gestattete, scheint die Meereserosion an Gezeitenküsten die Buchten beträchtlich erweitert zu haben, sobald sie weichere Gesteinsarten in den Talmulden vorfand. Davon legen die grossen Riasbuchten des südwestlichen Irlands Zeugnis ab. Die gleiche Form zeichnet die chinesische Ostküste und die Binnenseite Koreas etc. aus.

4. Wo dagegen eine nur durch kleine Gehängetäler gegliederte Gebirgsflanke das Meer erreicht wie an der Riviera des Golfs von Genua, entsteht eine kleinbuchtige Felsküste[30]), an der sich

[25]) E. Richter, Geomorph. Beob. in Norwegen (Sitz-Ber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien, Math.-nat. Cl., Bd. CV, 1896, 176—189). H. Reusch, Beiträge z. Erklärung d. Entstehung der Täler u. Fjelde in Norwegen (norw. m. engl. Resumé in Norges geolog. Undersögelse. Aarbog, 1900, 124—217). — [26]) W. Werth, Fjorde, Fjärde und Förden, Zeitschr. f. Gletscherkunde III, 1900/9, 346 ff. — [27]) Ahlenius, Die Schären Finlands in Fennia, XIII, 1906. — [28]) Haas, Studien über die Entstehung der Föhrden, Mitteil. a. d. mineral. Inst. I, Kiel 1888. W. Wolff, Ueber die Entstehung d. schleswigschen Föhrden (Zeitschr. d. D. Geol. Ges., 1905, 395 ff.); W. Werth, Zur Entstehung der Förden (ebenda 1909, 401 ff.). — [29]) v. Richthofen, Führer, 308; Fr. Schwind, Die Riasküsten s. Anm. 17. — [30]) Penck (II, 568 ff.) schlägt für diese Form den von Mallorca hergenommenen Namen Cala-Küste vor.

die Aussen- und Innensäume selten mehr als einige Kilometer von einander entfernen, während eine typische Einzelform der Bucht kaum zu beobachten ist.

5. Als Kanalküste darf man vielleicht den Typus bezeichnen, der in Dalmatien in eigenartiger Weise ausgeprägt ist[31]). Hier ist die Flanke eines Faltengebirges unter Wasser gesetzt, sodass nun die äussersten Ketten nur in langgestreckten, der Küste parallel gereihten Inseln auftreten, die durch die ehemaligen Längstäler, die „Canali" der Dalmatiner, getrennt sind. Die letzteren sind im allgemeinen tiefer als die Querzugänge, unter denen manche zwar ehemaligen Querausgängen der Täler, andere den Sätteln der untergetauchten Ketten entsprechen. In kleinen Verhältnissen tritt die nämliche Form an der Küste Kaliforniens auf, wo die Bucht von S. Francisco ein überflutetes Längstal ist, das mittelst eines Durchbruchtales mit dem Meer in Verbindung steht[32]).

6. Buchtenarme Küsten. Verfolgt man nunmehr die gebirgigen Längsküsten der Erde, so fallen gegenüber dem eben beschriebenen Reichtum der Gliederung lange Strecken durch Mangel an Buchten auf. Ungunst einer bis zur Küste reichenden Talbildung ist vielfach Schuld. Teils tritt die Wasserscheide zu nahe, sodass nur kurze Gehängetälchen sich bilden können wie an der Binnenseite des Japanischen Meeres (Mandschurei und Korea, Taf. 39), teils liegen ungünstige klimatische Ursachen vor. An der Westseite der Kontinente treffen wir in subtropischen Breiten regenarme Strecken dort, wo (aus später zu erörternden Gründen, § 222, 2) kalte Strömungen die Küsten bestreichen. So versiegen die von den Andenkämmen des nördlichen Chile herabkommenden Flüsse, ehe sie die Küste erreichen (Stielers Handatl., Taf. 97). Aehnliche Verhältnisse kehren in Kalifornien und an der Westküste Afrikas wieder.

7. Als glatteste Küste muss die Kliffküste[33]) dort entstehen, wo gleichartig hartes Gestein von der Brandung erreicht wird und Küstenströmungen die abgenagten Gerölle entfernen. Klippen zeugen oft davon, dass die Abrasion der Küstenterrasse noch nicht vollendet ist. Es ist besonders die obere Kreide, die zur Kliffbildung neigt, weil sie sich leicht unterwaschen lässt.

Die Falaisen[34]) der Normandie mit den Calvados Klippen (Taf. 29), die Kreideküste von Dover oder von Rügen (Stubbenkammer) gehören hierher. Jedoch auch diluvialer Geschiebelehm wie im ostpreussischen Samland (Taf. 20) kann zur Kliffküste ausgearbeitet werden; solche weichen unter unseren Augen rasch landeinwärts zurück.

8. Rundbuchtküsten. Die Küstenstrecken, welche ihre reichere Ausgestaltung der Meeresarbeit verdanken, verraten sich durch Buchten, die ganz im Gegensatz zu den eben beschriebenen schmalen

[31]) „Dalmatischer Küstentypus", s. v. Richthofen, Führer, 308. — [32]) N. S. Shaler, The geol. history of harbours (XIII. Rep. Geogr. Surv. 1891/92, Wash. 1893, 200). Kleinere Wiederholungen der gleichen Buchten s. Stieler, Taf. 83. — [33]) Penck II, 554. — [34]) Jules Girard, Les Falaises de la Manche. Paris, 1907.

und tief eingreifenden eine Bogenform haben, welche aber selten den Halbkreis erreicht.

Die Küste von Algier (Taf. 27 u. 28) zeigt diese offenen Rundbuchten in ausgesprochener Form[35]). Sie gilt als eine infolge der Nord- und Nordweststürme dem Wogenandrang im hohen Grade ausgesetzte Küste. Flussniederungen geben den Anlass zur Buchtbildung. Härtewechsel des Gesteins erklärt, dass einzelne Buchten hinter mächtigen Felsvorsprüngen, unter deren Schutz die Hafenstädte gebaut sind, zurückweichen. An Rundbuchten sind aber auch fast alle Küsten des westlichen Mittelmeeres reich, vor allem die vulkanische Innenseite des apenninischen Gebirgsbogens, wo sie als Senkungsfelder gelten können. Während Süditalien noch scharf ausgeprägte Rundgolfe besitzt wie die herrliche Bucht von Neapel, hat die Meeresanschwemmung die nördlichen meist schon ausgefüllt und ausgeglichen. Indem küstennahe Inseln (M. Argentario) bei diesem Vorgange landfest werden, entstehen Rundbuchten vor einer Schwemmlandküste (Taf. 27). So erklärt man sich auch die Bucht von Tokio in Japan (Taf. 39); die grosse südöstlich gelegene Insel Kadzusa soll von Norden her landfest geworden sein.

§ 187. Schwemmlandküsten[36]). Sand- und Schlickmassen sind es, die diese Küsten aufbauen, die ersteren mehr dem Meeresboden, die anderen mehr den Flusssedimenten entnommen. Ausgedehnte Schwemmlandküsten können sich daher nur da bilden, wo diese Baumaterialien in reichlicher Menge dauernd zur Verfügung stehen. Die Küstenströmungen lagern sie dann vom Fundort ab an weiten Küstenstrecken entlang, gleichviel ob diese letzteren Flachland oder steiler ansteigendes Land sind (s. o. S. 353).

So entnimmt die Küstenversetzung längs der atlantischen Schwemmlandküsten Nordamerikas vom Kap Cod an südwärts das Hauptmaterial dem in der Eiszeit vor der Küste von Maine abgelagerten Moränenschutt[37]). Dagegen liefert es der Amazonas für die mächtigen Anschwemmungen an der nördlich davon gelegenen Küste von Guayana, da nordwärts gerichtete Strömungen diese begleiten.

1. Die einfache, glatt verlaufende Dünenküste, die sich an Flachland anlegt, ist, weil an ihr meist auch der Meeresboden seicht und reich an Sandbänken ist, in ihrer Hafenlosigkeit eine der ödesten Formen der Landumrandung. Indem die Brandung sich weit vom Strande über den Bänken bricht, ist die Dünenküste für die Schiffahrt eine der gefährlichsten.

Solche unnahbare Dünenküste ist die „eiserne Küste“ im NW. Jütlands, die allerdings erst im Laufe der Zeit durch Ausfüllung von Buchten und Abschleifung der Vorsprünge diese Form angenommen hat[38]); eine gleiche zieht sich in mehr als 1000 km Länge an der Westküste Nordafrikas hin.

2. Die Uferwälle, die sich zu dünenbedeckten Nehrungen erweitern, haben nach aussen hin einen äusserst glatten Verlauf, sind an der Innenseite, wo unregelmässiger Wellenschlag sie bearbeitet, oft gefasert und zerfranst. Bleibt zwischen dem alten Festlandufer und

---

[35]) Th. Fischer, Küstenstudien aus Nordafrika (Pet. Mitt. 1885, 409 ff. und bes. 1887, 1 ff.). — [36]) S. Philippson u. Weule (s. o. Anm. 1). — [37]) N. S. Shaler (s. Anm. 32), S. 164. — [38]) A. Jessen, 1899, vergl. Pet. Mitt. 1903, LB. 356.

der Nehrung eine Vertiefung zurück, in der sich Strandseen sammeln oder erhalten können, so bezeichnen wir dies als Haff- oder Lagunenküste[39]). Sie ist bald geschlossen, wenn wie in Hinterpommern oder an der französischen Küste der „Landes" abflusslose Strandseen wie Perlen aufgereiht hinter dem Uferwall zurückbleiben, bald gewährt sie dem Mündungsbecken eines Flusses, das die Nehrung abgedämmt hat, einen Ausgang (preussische Küste). Nur eine Abart ist die Limanküste, bei der die Küstenanschwemmung sich quer vor einen noch im Flusstal gelegenen Mündungstrichter legt, sodass die Achse des Strandsees senkrecht zur Küste steht[40]).

Der Name Liman ist dem Vorkommnis an der Küste Bessarabiens entnommen (Taf. 26). Reich an Limanen ist auch die Süd- und Ostküste der Vereinigten Staaten (Mobile Bai ö. v. New-Orleans, Taf. 43). — Vor der heutigen Ansetzung von Schwemmland wird man eine Periode der Senkung für die Küsten annehmen müssen, in der die Mündungen durch die Gezeitenströme zu Trichtern ausgeweitet sind. Die Chesapeake Bai ist einer der grossartigsten Limane.

3. Grössere Unregelmässigkeiten der Umrisslinien der inneren Küste hinter dem Dünenwall lassen meist auf stattgehabte Bodensenkung schliessen. Das Meer überspült das Land nur in den tiefsten Stellen, den Bodden (S. 353). Solcher Boddenküste begegnen wir in den Gewässern von Rügen und Vorpommern hinter dem einförmigen Wall von Zingst oder am Pamlico Sund (bei Kap Hatteras 35° N. Br., Taf. 43) in Nordamerika.

4. Wird in Gezeitenmeeren die Dünenkette durch Sturmfluten zerstört, sodass das Meer in zahlreichen Durchlässen den dahinterliegenden Boden mit seinen Sedimenten überfluten kann, während der Ebbestrom breite Täler in ihn furcht, so sprechen wir von einer Wattenküste. Eine solche begleitet die deutschen Ufer der Nordsee. Die friesischen Inseln sind die Reste des zerstörten Dünenzuges. Positive Strandverschiebung lässt die Wattenküste immer weiter landeinwärts schreiten, und lokale Senkungen, die Folgen mächtiger Sturmfluten, verleihen solchen Küsten oft einen buchtenreichen Verlauf der Strandlinie (Jadebusen, Dollart, Süder See, Taf. 18).

5. Doch auch die Aussengliederung fehlt der Schwemmlandküste nicht ganz. Die hakenförmigen Nehrungen der Halbinsel Hela bei Danzig oder des Cap Cod[41]) an der Küste von Massachusetts sind Bildungen, die nur bei ganz besonderen Verbindungen der Küstenströmungen und Winde sich bilden, meist aber an älteren, wenn auch ganz flachen Vorsprüngen ansetzen. Dazu treten dann die Flussalluvionen, die in Form der Deltas aus der Küstenlinie herauswachsen, so lange sie der ausgleichenden Küstenversetzung entgegenarbeiten. Stillere Buchten, in die viele sedimentreiche Flüsschen

[39]) Weule (Anm. 1), 232, Shaler (Anm. 32), 165, G. Braun (Anm. 1) 112 ff. Der italienische Ausdruck Lagune wird von einigen dem Salzwasserstrandsee vorbehalten. — [40]) N. Sokolów, Ueber Entstehung der Limane Südrusslands, Pet. Mitt. 1896, Lit.-Ber. 693. — [41]) F. P. Gulliver in Shoreline Topography mit Abb. (s. o. Anm. 1); G. Braun (Anm. 1), 126 ff.

münden, werden dadurch oft von flachen Schwemmlandbuchten umsäumt [42]).

6. Die Korallenriffe. Zahlreiche Küsten der tropischen Meere, hohe und niedrige, Felsenküsten und Schwemmlandgestade sind in grösserer oder geringerer Entfernung von Kalkriffen umsäumt, die ihre Entstehung den riffbauenden Korallentieren verdanken. Wir kommen auf die Frage der Bildung bei den Korallen-Inseln zurück (§ 193). Zuweilen als Saumriffe hart an der Küste beginnend, bleiben die Riffe meist als Wallriffe durch einen freien Kanal von ihnen getrennt, der bald nur einige hundert Meter, bald 10—20 km (Kaledonien), bald mehr als 30 km breit ist, wie bei dem grossen Barriere-Riff, das die Nordostküste Australiens begleitet (Taf. 40). Bis an die Meeresoberfläche ansteigend, liegt das klippenreiche schmale Riff bei der Ebbe oft trocken und bildet für die Küste einen Aussenstrand, an dessen steilem Abfall sich die Brandung bricht. So bildet das Riff auf der einen Seite eine Schutzwehr für viele der Zerstörung sonst preisgegebenen Küsten. Das Wallriff gewährt im ruhigen Kanalwasser eine Schiffahrtsstrasse von genügender Tiefe, aber der Zugang zur Küste kann oft nur auf weitem Umweg und durch gefährliche Engen erreicht werden. Wo Süsswasser ins Meer gelangt, sterben die Tiere ab, und so öffnet sich auf diese Weise eine Lücke im Riff. Senkt sich die Küste, so rücken die Riffe in grössere Entfernung von der Küste. Man hat aber auch an zahlreichen Küsten echte Korallenbänke von 20—30 m Mächtigkeit zwischen dem stufenförmig ansteigenden Land gefunden, ein unzweideutiges Zeichen, dass dort eine negative Strandverschiebung vor sich gegangen ist.

§ 188. Die Seehäfen [43]). Längs der Schiffahrtsküste (S. 469) erhalten die Häfen als Ruhepunkte des Verkehrs die gleiche Bedeutung wie die Pässe in den Gebirgen. Es müssen sich eine Reihe von Bedingungen vereinigen, um einen Küstenpunkt zu einem guten natürlichen Seehafen zu gestalten. In erster Linie Schutz vor den Seewinden und mehr noch vor der Meeresdünung, worunter man die durch den Wind aufgerührten und von fernher in windstilles

---

[42]) A. Philippsons potamogene Schwemmlandsküsten (s. Anm. 1). — [43]) v. Richthofen, Führer, 316 ff.; O. Krümmel, Die Haupttypen der natürlichen Seehäfen (mit Kärtchen), Globus LX, 1891, Nr. 21 und 22, bes. N. S. Shaler, The geological history of harbours, in XIII. Ann. Rep. of the U. S. Geol. Survey, 1891/92, Wash. 1893, 99—210, mit Tafeln; s. d. Auszug im Globus, LXVIII, 1895, 230—238 von G. Greim. Das kartographische Quellenmaterial bieten die Seekarten. Spezialkarten von etwa 40 Häfen in Stielers Handatlas (1 : 150000 bis 1 : 1500000) und von mehr als 100 (allerdings oft in zu kleinem Rahmen) in J. Perthes See-Atlas v. H. Habenicht, Gotha seit 1894. Neben den Segelanweisungen bieten wichtiges Material zu Hafenbeschreibungen die Annalen der Hydrographie, herausgeg. v. d. Deutschen Seewarte seit 1873), ferner das leider unvollendete Werk von J. C. Jülfs und F. Balleer, Die Seehäfen und Seehandelsplätze der Erde in hydrogr., nautisch. und commerz. Beziehungen, I. 1870, II. 1875, III. 1878 (es fehlt Afrika und Europa ausser Frankreich, Spanien u. Portugal). Das mit vielen Planskizzen reich ausgestattete Sammelwerk von A. Dorn, Die Seehäfen des Weltverkehrs, 2 Bde., Wien 1891, geht auf die natürlichen Hafenverhältnisse fast garnicht ein.

Gebiet fortgepflanzten Meereswellen versteht, und leichte Zugänglichkeit des Hafenbeckens vom Meere aus; in diesem nicht zu tiefer (am besten 10—100 m), weder rein felsiger, noch zu weicher Ankergrund; am Lande Platz zu Ansiedelung und Hafenanlagen. Die letzten Punkte betreffen die Gestalt der eigentlichen Hafenbecken, die ersten die nicht minder wichtige Exposition ihrer Oeffnung gegen die herrschenden Winde und namentlich die Richtung der Küstenversetzung (S. 355). Häfen sind sozusagen höchst feinfühlige Organe der Küstenlinie; Kunstbauten wie Hafendämme (Molen) und Wellenbrecher können viele schutzlose Häfen verbessern, Ausbaggerungen die Fahrrinnen vertiefen. Aber gegen dauernde Küstenversetzung kämpft der Mensch meist vergeblich, wenn ihm nicht gleichzeitig eine Küstensenkung (positive Strandverschiebung) zu Hülfe kommt. Zahlreiche Hafenplätze sind diesen Küstenmächten bereits zum Opfer gefallen, indem sie zugebaut und ins Binnenland gerückt sind (Ravenna, Adria).

Zur Ausnutzung können die günstigen Bedingungen eines Hafens erst gelangen, wenn auch das Hinterland leicht erreichbar ist oder nahe Gegengestade zum Verkehr anreizen. Wann sich in einem solchen der Verkehr entwickelt und wie lange er anhält, hängt weiter von historischen Momenten und kulturellen Verhältnissen der umwohnenden Völker ab, die an dieser Stelle nicht zur Erörterung stehen. Doch darf daran erinnert werden, dass eine Reihe der schönsten Häfen der Welt erst im 19. Jahrhundert überhaupt in Funktion getreten sind (S. Francisco, Port Jackson bei Sydney in Neu-Südwales, Auckland auf Neu-Seeland etc.).

Leicht lassen sich die hafenreichen von den hafenarmen Küstenstrichen unterscheiden. Alle die, an denen zahlreiche grössere Flüsse münden oder ehedem Talbuchten in sie schnitten, sind umsomehr durch Hafenreichtum ausgezeichnet, jemehr eine nachmalige Küstensenkung die letzteren erhalten hat. Denn diese können auch von den hafenfeindlichen marinen Anschwemmungen selten ganz brach gelegt werden. Anders die ungegliederten flusslosen Küsten oder solche Flachküsten, an denen sich die Strandlinie weit von den Flussmündungen zurückgezogen hat.

Hierbei darf man unter gehobenen oder unter das Wasser gesenkten Küstenstrichen nicht etwa nur solche verstehen, die heute die Erscheinungen negativer oder positiver Strandverschiebung darbieten. Massgebend ist, ob seit der Zeit des Einschneidens des Tales, das nur auf dem trockenen Lande vor sich gehen konnte, eine Senkung eingetreten ist, welche die Flussmündungen unter den Meeresspiegel brachte.

Als hafenarm muss hiernach von vornherein die amerikanische Westküste zwischen den nördlichen und südlichen Fjordstrecken, als hafenarm ganz Afrika und Arabien, desgleichen Australien (vom gebirgigen Südosten abgesehen) gelten. Auf viele Hunderte von Kilometern findet sich oft kein günstiger Hafenplatz, deren man an der atlantischen Seite Nordamerikas, an den Küsten Europas und Ostasiens viele Dutzend oft nahe beieinander zählt. Im einzelnen sind jedoch auch hier die Küstenstriche in ihrer wechselnden Richtung

sehr verschieden bedacht und schwer ist es, die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Einzelformen in wenige Gruppen zusammenzufassen [44]). Wir wollen in unserem Ueberblick von den ungünstigsten Formen zu den bevorzugten Häfen fortschreiten.

1. Hafenlos und schwer nahbar sind die meisten einfachen Flachküsten. Hier müssen offene Reeden den Hafen ersetzen, weit vom Strand gelegene Ankerplätze, mit denen der Verkehr vom Lande aus durch Boote und Leichterschiffe oft über die gefährlichsten Brandungen hinweg vermittelt werden muss.

Unsere ostafrikanischen Kolonien haben fast nur offene Reeden. In Batavia, Madrás, Kolombo [45]) auf Ceylon haben erst in der neueren Zeit riesige Molen und Wellenbrecher die offenen Reeden in künstliche Häfen verwandelt.

2. Offene Buchthäfen. An wenig gegliederten Steilküsten gewährt jede nicht zu flache Rundbucht gegen einige Quadranten der Windrose Schutz. Es hängt ganz von der Exposition der Buchtöffnung gegenüber der Hauptwetterseite ab, ob sie als geschütztes Hafenbecken gelten kann oder nicht.

Valparaiso [46]) (Taf. 44) ist nur gegen N- und NW-Winde ungeschützt, die aber von kurzer Dauer sind. Aehnlich liegt die Kapstadt [47]), die unter NW-See leidet. Die Bucht von Panama, obgleich nur eine offene Reede gewährend, gilt bei der Abwesenheit jeglicher Stürme als vollkommen sicher. Die Häfen der algierischen Küste sind sämtlich zum Schutz vor W- und NW-Stürmen an der Westseite der dortigen Rundbuchten gebaut (Taf. 27 u. 28), haben aber unausgesetzt mit der eindringenden Küstenversetzung zu kämpfen [48]). Cherbourg, der französische Kriegshafen an der offenen Nordküste der Normandie, ist trotz des riesigen Wellenbrechers den Gezeitenströmen des Kanals ausgesetzt [49]).

3. Als Wall- oder Dammhäfen kann man füglich nur die Punkte bezeichnen, die erst durch einen natürlichen Wall an sonst hafenloser Küste den Schiffen eine Zufluchtsstätte bieten. In der Mehrzahl der Fälle wird dieser Wall durch eine kleine Küsteninsel gebildet. Das bietet oft Anlass zum Bau von Inselhäfen, die sich der Küste gegenüber auf der Innenseite des nahe vorgelagerten Inselchens erheben.

Der Hafen von Calláo [50]) ist durch die 8 km lange Insel San Lorenzo geschützt. Tyrus (Sur) und Sidon (Saida) in Phönizien waren Inselhäfen auf jetzt landfest gewordenen Küsteninselchen [51]) (Taf. 37). Der Hafen von Victoria liegt auf der Innenseite der Insel Hongkong [52]) der chinesischen Küste gegenüber, Bombays [52]) Hafen ist auf der Ostseite der gleichnamigen Insel dem Lande zugekehrt. Eine der grössten Reeden der Welt (Spithead) wird durch die Insel Wight an einer sonst schon hafenreichen Stelle der englischen Südküste geschützt. Bei Honolulu [53]) übernimmt ein langes Korallenriff den Schutz des Hafens.

---

[44]) Die Einteilung Krümmels in Aufschüttungs-, Einbruchs- u. Mündungshäfen gewährt, da die beiden ersten Gattungen selten rein auftreten, nicht ausreichend Anschauung. — [45]) Seeatlas (s. Anm. 43), Taf. 18 u. 19. — [46]) Stielers Handatlas, Taf. 99, 1 : 150000. — [47]) Seeatlas, Taf. 24, 1 : 150000. — [48]) Th. Fischer (s. o. Anm. 35); Algier im Seeatlas, Taf. 18, 1 : 150000. — [49]) Krümmel a. a. O., mit Karte, 1 : 75000. — [50]) Stieler, Taf. 99, 1 : 300000. — [51]) Krümmel a. a. O., 1 : 100000. — [52]) Seeatlas, Taf. 18 u. 21, 1 : 150000 bezw. 500000. — [53]) Seeatlas, Taf. 22, 1 : 300000.

Wird der Damm von einer Nehrung gebildet, so ist oft die Wassertiefe der dahinter liegenden Lagune, welche den Hafen bilden sollte, zu gering zur ausgiebigen Ausnutzung des Beckens. Venedig ist der bekannteste Lagunenhafen[54]) (Taf. 27), der aber den heutigen Grossschiffen nicht mehr voll genügt.

4. Flussmündungen herrschen begreiflicher Weise nur an Flachküsten vor, da sich die Flüsse der Niederung zuwenden. Sie haben im allgemeinen vor den bisher besprochenen den Vorzug voraus, in der Talrinne einen Zugang zu besitzen, welcher Vorteil freilich oft durch eine Flussbarre aufgewogen wird (S. 352). Mit Schwierigkeiten haben besonders die Deltahäfen zu kämpfen. Das in Flussarme geteilte Wasser spült die Rinnen nicht tief genug aus. Kunstbauten können jedoch durch Abdämmen einzelner jener Kanäle den Hauptstrom in einen derselben zwängen, der nun die Austiefung selbst besorgt.

So hat man die Sulina des Donaudeltas für grosse Seeschiffe neu geöffnet (Taf. 26), und Neu-Orleans[55]) ist in gleicher Weise wieder zugänglich geworden. In manchen Deltas muss jedoch der Haupthafen an einen Seitenarm verlegt werden, dessen Mündung von der Seeseite durch den Gezeitenstrom ausgetieft wird. Kalkutta am Hugli und Saigun im Delta des Mekong (Taf. 38) sind solche Fluthäfen im Stromdelta. Indus dagegen und Magdalenenstrom haben keine eigentlichen Mündungshäfen; ein naher Küstenpunkt, dort Karratschi, hier Sabanilla[56]) muss ihn ersetzen. Aehnlich liegt Alexandrien im Verhältnis zum Nildelta seitwärts von dem westlichen Hauptarm.

Die Flusshäfen gewähren vor den anderen den Vorteil, dass sie viel tiefer ins Binnenland eingreifen. Flussmündungen, sagten wir, sind Einstülpungen der Küstenlinie (S. 332). Daher besitzen viele Flusshäfen eigene Vorhäfen an der Aussenküste, sei es, dass die alten Flusshäfen für grösste Seeschiffe nicht mehr zugänglich sind — St. Nazaire bildet für Nantes an der Loire, Bremerhaven für Bremen den Vorhafen —, sei es, dass in ihnen die Flut abgewartet wird (Cuxhaven), welche die grossen Schiffe zum Haupthafen hinauftragen soll. Längs der flachen Doppelküsten mit ihren Haffen und Limanen liegen solche Vorhäfen an der Durchbruchsstelle der Nehrung (Swinemünde für Stettin und Pillau für Königsberg) (Taf. 20).

5. Als Fluthäfen[57]) mögen der Kürze wegen alle diejenigen zusammengefasst werden, deren Zugang durch den Gezeitenstrom offen gehalten wird (S. 352). Neben den wichtigsten Mündungshäfen an den Küsten des nordatlantischen Ozeans gehören hierher auch zahlreiche Riashäfen (Coruña, Santander[58]), Brest), bei denen der Wechsel von Ebbe und Flut die Trichterbucht erweitert hat. Ja auch Wattenhäfen dürfen zu den Fluthäfen gerechnet werden, weil, wie beim Jadebusen (Wilhelmshaven), der Ebbestrom die Gassen in den weichen Schlickmassen offen hält, und ebenso zahlreiche scheinbar verschlossene Limanhäfen. Es bedarf auf europäischer Seite kaum der Beispiele

[54]) Seeatlas, Taf. 18, 1 : 150000. — [55]) Seeatlas, Taf. 22, 1 : 300000, bezw. 1 : 3000000. — [56]) Stieler (1889), Taf. 95, 1 : 750000. — [57]) v. Richthofen, Führer, 320. — [58]) Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 23, 1 : 500000.

für die grossen Fluthäfen. Beachten wir nur, wie vielfach der ursprünglich tief eingeschnittene Talweg diesen Häfen zugute kommt.

Wie in England Liverpools Vorzüge hierin zu suchen sind[59]), so treten solche besonders bei den nordamerikanischen Häfen von Neu-York bis Richmond (Taf. 42) hervor. Bei ersterem Hafen[60]) mündet ein ungemein tiefer, weit hinauf für die grössten Seeschiffe zugänglicher Fluss, der Hudson, inmitten einer untergetauchten Moränenlandschaft. Das in diese eingeschnittene Flusstal bildet zwischen mächtigen Sandbänken und niedrigen Inseln den gewundenen Zugang zur Neu-Yorker Bucht. Auch in der Chesapeake Bai bilden solche untergetauchten Täler die vom Ebbestrom offengehaltenen Fahrtrinnen.

6. Die geschlossenen Buchthäfen sind sehr verschiedenen Ursprungs, daher nur teilweise an bestimmte Küstenstrecken gebunden. Die meisten bilden ausgezeichnete Häfen. Natürliche Hafenbecken von einheitlichem Bau bildet der eingestürzte Krater, falls das Meer in ihn Zugang erhält — Aden[61]) an der arabischen Küste und Lyttelton[62]) in Neuseeland sind solche Kraterhäfen —, ebenso die Korallenlagune (Atollhafen)[62]). — Auch landfestgewordene Inseln können gelegentlich eine rings geschützte Hafenbucht erzeugen, wie die von Tokio (Atlas, Taf. 39). — Unter den Talbuchten sind die sichersten und geräumigsten solche, die sich hinter einer durchbrochenen Küstenkette öffnen, wie Rio de Janeiro[63]) und San Francisco[64]), deren Häfen an der Innenseite der untergetauchten Talmulden liegen. Diesen schliessen sich die mannigfach verzweigten Riasbuchten an, sobald sie tief genug untergetaucht sind. Port Jackson mit Sydney[65]) ist ein ganzer Komplex herrlicher Hafenbuchten. Den Hafen von Boston[66]) schützen daneben taschenartige Schwemmlandsbuchten von beiden Seiten vor Versandung. — Vermöge ihrer Tiefe und des lockeren Ankergrundes sind die Föhrden meist prächtige Hafenbuchten (Kiel), während die Fjorde oft zu tief zum Ankern sind, auch an ihren Steilgehängen selten Raum für Ansiedelungen tragen. Christiania und Drontheim sind die einzigen norwegischen Häfen von Bedeutung im Innern von Fjords (Taf. 31). Die Mehrzahl der Häfen an Fjordküsten zieht, von Felseninseln geschützt, die Aussenküste mit dem flacheren Ankergrund vor[67]) (Bergen, Vancouver).

§ 189. Die Inseln[68]). Den Gesichtspunkt der Lage im Verhältnis zu den Festländern der Erde in den Vordergrund stellend, haben wir früher (S. 287) die Inseln in kontinentale und echt ozeanische

---

[59]) Krümmel, a. a. O. — [60]) N. S. Shaler (s. o. Anm. 43), 171 ff., Seeatlas, Taf. 10, 1 : 500000. — [61]) S. Krümmel, a. a. O. — [62]) Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 19, 1 : 1500000. — [63]) Seeatlas, Taf. 10, 1 : 500000. — [64]) Seeatlas, Taf. 21, 1 : 500000, s. Shaler (Anm. 43, S. 476). — [65]) Seeatlas Taf. 21, 1 : 150000. — [66]) Seeatlas, Taf. 10, 1 : 500000; s. Shaler (Anm. 43, S. 476). — [67]) Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 19, 1 : 1500000. — [68]) Die Inseln. Eine Geschichte der Inselsysteme gab F. Hahn in seinen „Inselstudien", Leipzig 1883, welches Werk wertvolle Angaben über viele einzelne Inseln enthält, aber in der Gruppierung nicht glücklich ist. Es werden tektonische, Erosions- und Aufschüttungsinseln unterschieden. Die vulkanischen Inseln figurieren aber unter den tektonischen, deren Unterabteilungen nach dem Grade der Beteiligung vulkanischer Aufschüttung ge-

unterschieden. Es handelt sich jetzt um den Nachweis der verschiedenartigen Natur der Inseln, welche durch die Lagenverhältnisse bedingt ist.

Hierbei haben wir unser Augenmerk zunächst auf die Breite und Tiefe der trennenden Meeresarme und den Sockel, auf dem die Inseln ruhen, zu richten, nicht weniger jedoch auf den Bau und die geologische Zusammensetzung dieser Landstücke. Da erweisen sich denn die einen als echte Bruchstücke benachbarter oder weiter entfernter Erdteile, die andern als ursprüngliche, dem Meeresboden entwachsene Inseln, die vorher niemals Bestandteile des Festlandes waren. Dieser Gegensatz, je nach der Entstehung, welchen man wohl als obersten Einteilungsgrund für die Inselsysteme in Vorschlag gebracht hat [69]), deckt sich nicht mit obigem, den uns ein Ueberblick über die räumliche Gruppierung der Formen der Erdoberfläche nahe legt. Als ursprüngliche Inseln kennen wir einmal Schwemmlandbildungen ausschliesslich an die Küsten gebunden, sodann Koralleninseln auf die tropischen Meere beschränkt, und endlich Vulkaninseln sporadisch in allen Meeren auftretend. Fast ausnahmslos erreichen sie nur eine geringe Grösse. Sieht man von Island (103000 ^{qkm}) zunächst ab, so kennen wir keine ursprüngliche Insel von mehr als 12000 ^{qkm} (Hawaii); weitaus die meisten sind verschwindend klein.

Wie nun gelegentlich einzelne solcher ursprünglichen Eilande zwischen kontinentalen Inseln auftreten, so fehlen auch diese letzteren unter den weit von den Festlandsrändern ausgebreiteten ozeanischen Inselschwärmen nicht ganz. Sie erregen als sogenannte Restinseln [70]) unser besonderes Interesse, weil der aus archäischen oder sedimentären Gesteinen zusammengesetzte Bau, der in seinem verschwindenden inselförmigen Auftreten unerklärlich ist, uns zwingt, diese Inseln als Reste einst grösserer kontinentaler Gebilde aufzufassen. Es ist jedoch damit noch nicht gesagt, dass es sich um ganze verschwundene Kontinente dabei handeln müsste; weit entfernte Aussenränder der heutigen Festländer können dadurch angezeigt sein.

Der biologische Gesichtspunkt [71]). Man hat auch den Versuch gemacht, alte und junge Inseln zu trennen, welche

---

bildet werden. Es fehlen also auch alle Beziehungen zur Lage. Die Grundlagen der allgemeiner befolgten Klassifizierung hat Friedr. Hoffmann (Phys. Geogr. 1837, 103—135) gegeben; vergl. hierzu v. Richthofen in Zeitschr. f. wiss. Geogr. III, 1882, 240. Ohne hiervon Kenntnis zu haben, stellten Peschel (Neue Probleme, 2. Aufl., 1876) und A. R. Wallace (Island Life, 1880) ähnliche Systeme auf, die A. Kirchhoff (Zeitschr. f. wiss. Geogr. III, 169) zweckmässig abänderte. Mehr ins einzelne gehen v. Richthofen (Führer, 380 ff.) und Penck (Morph. II, 630), ohne jedoch alle bekannten Inseln den vorgeschlagenen Systemen einzuordnen. — [69]) A. Kirchhoff (s. vor. Anm.). — [70]) Der Ausdruck Restinseln, ein von Kirchhoff vorgeschlagener Name im Gegensatz zu Abgliederungsinseln, erscheint zur Zeit noch zweckmässig, wo wir über manche Inseln noch nicht völlig im Klaren sind. — [71]) A. R. Wallace, Island Life, London 1880, ist für diese Frage noch immer das Hauptwerk.

Unterscheidung für den Gebirgsbau so massgebend geworden ist (§ 154). Das ist bei den ursprünglichen Inseln leichter als bei den kontinentalen. Da sich bei diesen in den seltensten Fällen schon jetzt die Zeit — geologisch gesprochen — bestimmen lässt, in welcher die Trennung vom Mutterkörper erfolgt ist, so hat man die Rätsel durch den biologischen Befund der Inseln zu lösen gesucht d. h. durch Aehnlichkeit oder Abweichung ihrer Pflanzen- und Tierwelt im Verhältnis zu denen der Nachbargebiete (§ 271).

Ursprüngliche Inseln werden sich immer durch grössere Armut der Lebewesen kennzeichnen. Es hängt von ihrer Lage in Rücksicht auf Meeresströmungen und Windrichtungen ab, ob und von welchen Gegenden aus sie allmählich bevölkert wurden. An den kleinen durch den Krakatoa-Ausbruch i. J. 1883 in der Sunda-Strasse entstandenen Inselchen, die sich schon bald mit Samen bedeckten, lässt sich der Vorgang derartiger Besiedelungen verfolgen. Säugetiere und Amphibien fehlen den ursprünglichen und solchen flachen Inseln festländischen Ursprungs, die durch Sturmfluten völlig überspült werden können (die Halligen an der holsteinischen Westküste). Vögel und Insekten dagegen haben Mittel, durch Eigenbewegung oder getragen von den Stürmen auch weit entfernte Inseln zu bevölkern. Die Azoren empfingen ihre Fauna von Europa, die Bermudas von Amerika trotz einer Entfernung von mehr als 1000 km.

Jede Isolierung ermöglicht, wie es scheint, den Lebewesen die Keime zur Abänderung rascher zu entwickeln als bei der ungehinderten Vermischung mit der Masse der Stammesgenossen in einem weiten Verbreitungsgebiet, die immer ausgleichend wirkt. Daher treten auf den Inseln leichter sogenannte endemische (einheimische) Formen von Pflanzen und Tieren auf d. h. solche, die sich durch irgend eine Eigentümlichkeit von den verwandten benachbarter Landstriche abheben und nur in dem betreffenden Lande auftreten. Zu ihrer Ausbildung gehört aber auch Zeit, weshalb ein ausgeprägter Endemismus für eine lange Isolierung der Inselwelt spricht; er findet sich auf, biologisch gesprochen, alten Inseln.

Wenn Irland nur 22, England 40 Säugetierarten beherbergt, während Deutschland 90 zählt — bei Amphibien und Reptilien sind die Zahlen 4, 13, 22 (Belgien)[72]), — so spricht dies dafür, dass die Landbrücke zwischen Grossbritannien und dem Festland zerstört ward, bevor die ganze kontinentale Tierwelt in jene Gebiete einwanderte, und dass Irland sich noch früher getrennt hat. Und wenn der Endemismus auf den britischen Inseln nur durch 3 Vogelarten, auf Hainan an der südchinesischen Küste durch 1 Säugetier- und 20 Vogelarten, auf Formosa sogar durch 14 Säugetier- und 43 Vogelarten vertreten ist[73]), so entnimmt man daraus, dass jene asiatischen Inseln weit länger schon vom Festland abgelöst sind als die britischen von Europa.

Neben diesen neu entstehenden Formen beherbergen jedoch auch viele Inseln solche, die auf den Festländern längst ausgestorben d. h. ihren Feinden erlegen sind. Für Tierformen, welche im Kampf

[72]) A. R. Wallace, Island Life, 319. — [73]) Daselbst S. 373 ff.

ums Dasein von der Natur nicht genügend geschützt sind, bilden Inseln wahre Zufluchtsstätten, weil ihre Verfolger, vor allem die vierfüssigen Raubtiere, ihnen hierhin nicht folgen können. Das ist seit dem Zeitalter der Entdeckungen für viele Inseln und Meeresküsten der Erde anders geworden. Der Europäer hat rasch die letzten Reste vergangener Tiergeschlechter ausgerottet. Auch diese alten Formen weisen auf Abtrennung der Inseln in früheren geologischen Epochen hin. Aber Vorsicht ist bei diesen Untersuchungen geboten.

Es sind besonders die grossen flügellosen Vögel, die Kiwis von Hühnergrösse und die von den Maoris ausgerotteten, aber in Skelettresten erhaltenen Riesenvögel, Moas (Dinornis), die Neuseeland als Zufluchtsstätte solcher älteren Tierformen kennzeichnen, ähnlich wie Madagaskar und die Maskarenen, wo man Reste eines straussartigen Riesenvogels (Aepyornis max.) gefunden hat. Wenn es sich bestätigt, dass die Funde auf Neuseeland 11 verschiedenen Arten der Dinornis angehören, während alle andern Straussenarten je für sich ein weites Verbreitungsgebiet allein beanspruchen[74]), so würde dies Neuseeland noch mehr zur Restinsel stempeln. Ebenso müsste der Nachweis, dass die gleichen flügellosen Vögel auf den kleinen Inseln im weiten Umkreis von Neuseeland wie den Auckland, Chatam, Norfolk und Lord Howe Inseln vorkommen, unbedingt für den einstigen Landzusammenhang dieser Inseln mit Neuseeland sprechen. Noch ist dies aber nicht verbürgt[75]) und zur weitern Bestätigung des Zusammenhangs jener Inseln mit Neuseeland bedarf es genauerer geologischer Durchforschung.

Einteilung der Kontinentalinseln. Kehren wir zur geographischen Gruppierung der Inseln zurück, so mögen die unselbständigen Kontinentalinseln uns von den Küsten auf das Meer hinausleiten. Es ist besonders die Kleinheit, die sie nur als untergeordnete Trabanten der Festlandsränder oder der grösseren Inseln erscheinen lässt. Nur wenige überschreiten das Mass von 10 000 qkm. Daneben zeigt sich eine unmittelbare Abhängigkeit im Bau von dem nächst benachbarten Gelände. Zwar fehlen kleine Inseln auch unter den selbständigen Kontinentalinseln nicht, aber sie treten dann fast immer gesellig in der Form von Archipelen oder Inselkränzen auf, die deutlich zeigen, dass einst ein näherer Zusammenhang zwischen ihnen bestand. Und als Ganzes betrachtet weicht der Oberflächenbau einer Gruppe selbständiger Inseln ebenso wie der der grösseren Kontinentalinseln von den Gegengestaden merklich ab.

§ 190. Die unselbständigen Kontinentalinseln gliedern sich leicht in eigentliche Küsteninseln und küstennahe Flachseeinseln.

1. Die Küsteninseln gehören der Gliederung desjenigen Küstenstriches an, vor welchem oder innerhalb welches sie gelegen sind, und spiegeln die Eigenart dieser Küsten wieder. Es gibt daher unter ihnen junge und alte, eben entstehende und dem Erlöschen nahe, angegliederte und abgegliederte Bildungen je nach den an der Küste lokal tätigen Vorgängen.

---

[74]) Diese Ansicht geht auf Cpt. Hutton zurück (Trans. New Zealand Inst. VIII, p. 79, vergl. Wallace, 449). — [75]) Wallace (Island Life, 430) stellt es nur als Möglichkeit hin, dass man Reste jener flügellosen Vögel vielleicht noch finden könnte. Bis jetzt ist nichts derartiges gefunden.

Vor allem haben die niedrigen Schwemmlandinseln ein veränderliches Dasein, sobald sie sich nicht an einen festeren Kern des Erdreichs anschliessen. Zuerst als Sand- oder Schlickbank aus dem Meer auftauchend, durch Aufwehungen während der Ebbezeit allmählich erhöht, besamen sie sich, sodass der Sand haftet und eine Schutzdüne entsteht. Es wandern von der nahen Küste manche Pflanzen und Tiere ein, der Mensch nutzt sie vielleicht als Weideplätze aus, durch Deiche ihre Küsten schützend, bis eine gelegentliche Sturmflut alles wieder hinweg wäscht und sie jedes lebenden Wesens beraubt. Die friesischen Inseln unserer Nordseeküste sind Reste eines allmählich zerstückelten Dünenwalles (S. 475), an der einen Seite meist mit einem Flecken von Marschboden bedacht.

Unter den gebuchteten Küsten sind es besonders die Fjord-, Rias- und Kanalküsten, die sich durch Inselreichtum auszeichnen. Stets stellen die Inseln in diesem Falle Erhebungen des nahe benachbarten Festlandrandes dar, in dessen Hohlformen das Meer eingedrungen ist. Sie sind also abgegliederte Inseln, deren äussere Gestalt und Anordnung eng mit der Küstenform zusammenhängt.

Länglich sind die Kanalinseln der dalmatischen Küste und ihr parallel gestellt, im S deutlich die Aenderung des Streichens in mehr ostsüdöstlicher Richtung der Höhenzüge längs der Küste mitmachend (Taf. 23). — Die Riasinseln pflegen die vorspringenden Landzungen, die die Buchten einschliessen, oft reihenförmig fortzusetzen oder als Reste ehemaliger Zwischenrippen vor den Buchten zu lagern. Sie sind meist sehr klein. — Mehrere Inselhaufen, aus kleinen, niedrigen, glattgeschliffenen Felsenrücken bestehend, begleiten die Felsküsten einst vergletscherter Gebiete unter dem Namen der Schären (S. 472). Daneben sind die Fjordinseln unregelmässige und oft sehr grosse Bruchstücke der Gebirgsabdachung, in welche die Fjorde eingeschnitten sind, von ganz verschiedener Grösse, Gestalt und Anordnung, bald die ganze Küste in mehrfachen Reihen begleitend, bald sich in weiten Fjordmündungen anhäufend (Taf. 31). Enge und vielgewundene, aber tiefe und vor der Dünung geschützte Strassen scheiden sie von einander und vom Festland.

2. Küstennahe Flachseeinseln heben sich durch grössere Ausdehnung und weiteren Abstand von den Küsteninseln ab, erweisen sich aber nach ihrem Bodenbau und ihren Umrissen auch als unmittelbare Abkömmlinge des benachbarten Landes, von dem sie meist nur durch die Transgression des Meeres, das tiefere Stellen des Geländes überflutet hat, getrennt worden sind.

So unterscheiden sich Rügen und die Dänischen Inseln mit ihren Rundbuchten und Kliffküsten im Osten und der zerfransten Innenseite in nichts vom jütischen Festland. Bornholm ist die Fortsetzung des Horstes von Schonen, die übrigen Ostseeinseln sind paläozoische isolierte Tafeln von gleicher Zusammensetzung wie die benachbarten Landstriche. Lofoten und der Kranz von Felseninseln im Nordwesten Schottlands stehen in nächster Beziehung zum Gebirgsbau der nahe gelegenen Küsten.

Dieselbe Erscheinung küstennaher Flachseeinseln fehlt auch nicht am Rande von Ingressionsmeeren, wo die trennenden Meeresgassen wohl oft auf Bruchlinien zurückzuführen sind. Zahlreiche Inselchen, die doch der Küstengliederung nicht angehören, würden durch eine

unbedeutende Senkung des Meeresspiegels sofort wieder landfest werden und sich als Zubehör benachbarter Festländer oder grösserer Inseln erweisen.

Sie treten bald binnenständig wie die durch seichte Meeresstrassen (Nadas, S. 494) von dem Hauptkörper getrennten Inseln Shikoku und Kiushiu in Japan auf, bald endständig wie im Luisiaden-Archipel an der Südostspitze Neuguineas (Taf. 40), bald seitenständig wie längs der Aussenseite Sumátras, wo sie teilweise durch etwas tiefere Meeresstrassen von der Hauptinsel getrennt sind (Taf. 39). Wir rechnen hierzu auch die Mehrzahl der Inseln des Griechischen Archipels, namentlich die der kleinasiatischen Küste. Sie erheben sich sämtlich auf seichten Bänken, die halbinselartig vorspringen oder einzelne Buchten ausfüllen (Taf. 26). Desgleichen bilden die Inselhorste der Kykladen in doppelten Reihen die Fortsetzung von Euböa und Attika, teilweise durch etwas tiefere Rinnen von einander geschieden.

§ 191. Die selbständigen Kontinentalinseln sind durchweg von Gebirgserhebungen durchzogen. Sie entbehren zwar nicht ganz flacher Gebiete, wie Irland und England und besonders Sumátra und Bórneo solche besitzen, aber der Gebirgsbau gibt ihrer Oberfläche doch den eigentlichen Charakter. Hiernach lassen sich die meisten Unterscheidungen, die bei Gebirgen und Küsten massgebend waren, auch auf die Inseln anwenden und selbst mit ihrer Lage verknüpfen.

1. Als Längsinseln haben alsdann solche zu gelten, deren Körper aus dem System eines Faltenzuges derart herausgeschnitten ist, dass die Streichungsrichtung mit der Längsachse der Inseln übereinstimmt. Es sind also im allgemeinen Faltenschollen. Dies weist uns sofort auf die beiden grossen Faltengürtel der Erde hin, denen zugleich die grossen Inselbogen angehören.

Es entspricht der geschlossenen Form der inselarmen westamerikanischen Küste, dass die einzigen Kontinentalinseln dort nur in den höheren Breiten vorkommen und hier durch enge Fjordstrassen vom Mutterkörper losgelöst sind; man kann im Zweifel sein, ob man Feuerland und Vancouver — diese echt binnenständigen Inseln — nicht geradezu der Küstengliederung zurechnen soll. Randständig sind dagegen alle übrigen Längsinseln.

Der Kranz der Antillen bezeichnet den Nordrand Südamerikas, dem sich die Halbinsel Florida als ursprünglich fremdartiges Gebilde erst im Laufe der jüngsten Erdepoche genähert hat. — Sizilien, die Ionischen Inseln, Kreta und Rhodos sind ebenso randständige Längsinseln, wenn wir sie jeweilig im Faltenzuge betrachten, dem sie angehören. Auch Cypern ist Längsinsel. Mit den Andamanen, die geologisch und faunistisch dem Festland von Arakan nahe stehen, beginnen dann die asiatischen Inselguirlanden, die zum weitaus grössten Teil aus Längsschollen bestehen. Ob hierbei das inselbegleitete Sumátra ein wenig mehr auf dem asiatischen Festlandssockel ruht als das an den Saum gerückte Java (Taf. 39), kann keinen Unterschied bedingen. Bis unsere Kenntnisse über den Bau der einzelnen Molukken und Philippinen vervollständigt sind, lassen sich auch diese Archipele als einzelne Systeme von bogenförmig geordneten Längsinseln ansehen, die von den Gebirgen Bórneos und Celébes' ausstrahlend die Ränder tiefer Ingressionsbecken krönen. — Als randständige Längsinseln

fassen wir in gleicher Weise Neuguinea, Neukaledonien, Neuseeland auf. Salomonen und Neuhebriden schliessen sich als äusserster Kranz der australischen Kontinentalinseln an. Noch wissen wir nicht, wie Neupommern sich in dies System eingliedert.

Da die Mehrzahl der soeben aufgezählten Inseln den grossen Bruchzonen der Erde angehören, so ist es nicht verwunderlich, dass sich sowohl einzelne vulkanische Inseln zwischen sie gesellen, als dass vulkanische Tätigkeit auf vielen zu mächtiger Entfaltung kommt (S. 411). Auf keiner mehr als auf Java, das neben zahlreichen Vulkangipfeln weite vulkanische Decken trägt. Aber diese Doppelreihe von Vulkanen ist einem tertiären Schichtensystem aufgesetzt, unter dem man auch die älteren Schiefer Sumátras wiedergefunden hat. — Ausserhalb der jungen Faltengebirge dürfte nur Nowaja Semlja als echte Längsinsel angesprochen werden, da sie die Fortsetzung des Uralzuges ist [76]).

2. Vereinzelt sind im allgemeinen die Querinseln und meist von verwickelteren Umrissen.

Sie fehlen an Kreuzungspunkten der Inselguirlanden nicht ganz, wie denn Mindanao, die südlichste der Philippinen, und Jesso, die nördlichste der Japanischen Inseln (Taf. 39), als solche aufgefasst werden könnten. Diese bestehen ebenso wie Neufundland aus einem System paralleler Falten. — Auch Sardinien und Korsika können mehr als Querhorste gelten, weil ihre Längsküsten eine Reihe der Falten schräg abzuschneiden scheinen. Tasmanien reihen wir gleichfalls hier ein, da dessen Faltenzüge nordnordwestlich streichend sich zwar in den kleinen Inseln der seichten Bass-Strasse, aber nicht auf dem Festland unmittelbar fortsetzen.

3. Die Schollen inseln. Wie an Küsteninseln, so sind die grossen das Meer erreichenden Tafelländer Indo-Afrikas auch arm an Kontinentalinseln.

Als grösster Inselhorst begleitet Madagaskar Südafrika mit vollkommen selbständigem Gebirgssystem. Und als einzige grössere Tafelscholleninsel von ähnlichem Bau wie das benachbarte Südindien ist Ceylon [77]) zu nennen, vom Gegengestade aus durch die fast zugeschwemmte Palk-Strasse getrennt, nach aussen mit steilem Abfall zur Tiefsee. — Einen Archipel von steilwandigen Scholleninseln bilden die arktischen Inseln Nordamerikas.

§ 192. Kontinentale Restinseln. Da alle kontinentalen Inseln einem Landverlust ihre Loslösung von den Festländern verdanken, so ist es verständlich, dass beim Untertauchen grösserer Landmassen hier und da weit entfernte Reste übrig bleiben können, die uns noch schwache Zeugen der einstigen Ausdehnung jener sind. Diese Restinseln verraten ihre kontinentale Abkunft oft nur durch geringe Spuren krystallinischer oder sedimentärer Gesteine; aber selbst wenn sie vorzugsweise aus solchen bestehen, lässt sich ihr Bau mit den nächst benachbarten Festländern nicht leicht in Zusammenhang bringen.

---

[76]) E. Suess, Antlitz der Erde, I, 644; A. Wichmann, Zur Geol. von Nowaja Semlja (Zeitschr. d. deutschen Geol. Ges., 1886, 516, u. Pet. Mitt. 1887, L.-B. 71), weist jedoch auf Abweichungen im Bau der Insel von dem des Ural hin. — [77]) F. Hahn, Inselstudien, 90.

Es ist daher von besonderer Bedeutung, alle Inselchen in ihrem Umkreis zu untersuchen, um Bindeglieder für die verschwundenen Landflächen zu finden.

Als Restinseln können Spitzbergen nebst Franz-Joseph-Land gelten, das zugehörige Land erstreckte sich mindestens über die Bäreninsel, vielleicht bis an die norwegischen Küsten[78]). — Auch die Falkland-Inseln sind als solche bezeichnet, obwohl sie noch auf dem Sockel Südamerikas stehen (Taf. 44) und ihre Fauna fast ganz mit derjenigen Patagoniens übereinstimmt. Aber aus gefalteten paläozoischen Schichten bestehend, erinnert — so weit wir es heute beurteilen können — nach dieser Seite nichts an den benachbarten Kontinent. Auch mit der aus Urtonschiefer gebildeten Insel Südgeorgien[79]) lassen sie sich nicht in Verbindung bringen. — Ebenso wenig steht fest, in welchen Beziehungen das aus Grünsteinen und Tonschiefer unter mächtigen vulkanischen Aufschüttungen hervortretende Grundgebirge der Kanarischen Inseln[80]) zu dem benachbarten afrikanischen Kontinent steht. — Durch grössere Meerestiefen sind die Kapverdischen Inseln vom Festland geschieden, an denen man Schiefer und geschichtete Kalke gefunden hat, die sie mit Afrika in Verbindung bringen[81]). Die ganz granitischen Seychellen stehen aus grosser Meerestiefe aufsteigend isoliert im NO von Madagaskar. — Gehen wir an den Ostrand der australischen Inselkränze, so deuten die Funde alter massiger Gesteine und krystallinischer Schiefer auf den Fidschi-Inseln an[82]), dass hier, wenigstens auf Viti-Levu, alte kontinentale Reste vorhanden sind. Endlich hat man auf den Palau-Inseln, im O der Philippinen, Granite mit Diabas gefunden. Auch die Inselchen im O und S von Neuseeland zeigen Spuren von sedimentären Gesteinen[83]).

§ 193. Ozeanische Vulkaninseln[84]). Seit langem hat man die in den Ozeanen verstreuten Inseln in hohe und niedrige eingeteilt, jenen einen vulkanischen Ursprung zuschreibend, diese als Korallen-inseln bezeichnend. Seit man mit Sicherheit gehobene Koralleninseln festgestellt hat, lässt sich dieser Gegensatz nicht mehr streng aufrecht erhalten, er ist aber im allgemeinen richtig.

Als echte Vulkaninseln wird man nur diejenigen ansehen dürfen, deren Körper ausschliesslich aus jungeruptiven Massen aufgeschüttet ist. Es scheiden daher viele Inseln aus dieser Abteilung aus, welche man früher, des Reichtums vulkanischer Aufsätze wegen, hinzurechnete wie z. B. Java und die Philippinen oder die kleinen Antillen und die Kanarien, obwohl die Berge der letzteren fast allein Vulkangipfeln entsprechen und einzelne Inseln echte Vulkaninseln sind.

Zwei Typen treten uns entgegen, Vulkanbergin-seln und Vulkandeckeninseln. Der Umriss der ersteren entspricht im allgemeinen der Höhenkurve, die sich im Meeresspiegel um einen einzelnen Vulkangipfel oder eine Gruppe mit einander verwachsener Vulkanberge legt. Die unterseeischen Abhänge der oft aus grösster Meerestiefe auf-

---

[78]) Suess, Antl. d. Erde II, 72 u. 83 ff. — [79]) H. Will, Südgeorgien, Bremer Geogr. Blätter VII, 1883, 120. — [80]) K. v. Fritsch, Canarische Inseln, Pet. Mitt., Erg.-Heft Nr. 22, 1868, passim. — [81]) Dölter, Die Vulkane der Capverden, Graz 1883. — [82]) A. Wichmann, Petrographie d. Viti-Archipels, in Tschermaks mineralog. Mitt. V, 1883. — [83]) Hahn, Inselstudien, 104. — [84]) Vergl. hierzu Taf. 9—14 v. Berghaus, Phys. Atlas.

steigenden Vulkaninseln gleichen ihrem Gefälle nach im allgemeinen denjenigen subaërischer Vulkanberge. Unterhalb des Meeresspiegels 10 — 12 ° und mehr erreichend, nimmt der Böschungswinkel später bis auf 7 — 8 ° ab [85]). Erreichen die unterseeisch sich aufschüttenden Vulkane nur mit dem Aschenkegel die Meeresoberfläche, so sind sie vergänglichen Daseins und werden von den Meereswellen rasch wieder fortgespült. (Insel Ferdinandea, die 1831 in der Strasse von Tunis auftauchte [86]). Kraterinseln entstehen, wenn die Aufschüttungstätigkeit eines Eruptionsvulkans bald nach Ueberschreitung des Meeresspiegels endigte und Teile des Kraterrandes einstürzten, wie dies in gewissem Sinn die nicht rein vulkanische Insel Santorin im Griechischen Archipel (Durchmesser 15 km, Taf. 26) zeigt [87]). — Regelmässig gerundete Vulkanberginseln von beträchtlicher Höhe sind Réunion südöstlich von Madagaskar (Taf. 41 a) und die Doppelinsel Tahiti, deren grösster Vulkanberg (2200 m, Taf. 40) einen Durchmesser von 30 km gleich dem des Aetna hat. — Vulkanrümpfe, bei denen die Erosion das massive Skelett des Berges blossgelegt hat, wie bei Ascension (859 m) im Atlantischen Ozean und St. Helena (824 m), deuten ein höheres Alter der Bildungen an.

Die ozeanischen Inseln des Atlantischen Ozeans nördlich des 40.° S. Br., sind mit Ausnahme der Bermudas Inseln rein oder ganz vorwiegend Vulkaninseln; unter diesen bilden die Guineainseln eine vom Festland südwestlich verlaufende Reihe. Wenn unter diesen Fernando Poo durch einen Reichtum von Säugetieren ausgezeichnet ist, der den anderen fehlt, so erklärt sich dies aus der unterseeischen Bank, auf der diese Insel unweit der Küste ruht. Sie muss ehedem Zusammenhang mit dem Festland gehabt haben. — Im Indischen Ozean sind die zerstreuten südlichen Inseln, daneben die in Reihen geordneten Komoren und Maskarenen (mit dem früher fälschlich für eine granitische Restinsel gehaltenen [88]) Rodriguez) vulkanisch, ebenso die kleinen Inseln im Süden St. Paul und Neu-Amsterdam. — Unter den zahlreichen echten Vulkaninseln im Bereich des ostasiatischen Inselbogens heben wir die Doppelbogen, die sich um den Osten der Banda See ziehen [89]), die Gewürzinseln im W Halmaheras, die Kurilen und Aleuten hervor, die wenigstens grösstenteils aus eruptiven Gesteinen bestehen. — Auch im Grossen Ozean (Taf. 40), wo die hohen Inseln an Zahl beträchtlich gegen die Korallen-Inseln zurückstehen, lassen sich die Vulkaninseln meist in gebogenen Reihen ordnen, die freilich hier und da grosse Lücken zeigen und andere Inseln einschliessen [90]). Zunächst zieht ein solcher mehr meridionaler Kranz von den Bonin Inseln über die Marianen und das (meist zu den Karolinen gerechnete) Yap (Jab) nach den Palau Inseln (Taf. 40), gleichsam ein äusseres asiatisches Randmeer gegen Osten abgrenzend. — Unter dem nach O sich abzweigenden Schwarm der Karolinen sind nur Ruck, Ponape und Kussaie Vulkaninseln. — Von dem äusseren australischen Inselkranz absehend, begegnen wir erst im Norden der Fidschi Inseln wieder solchen, nämlich in der Samoa-Reihe bis Rotuma im Westen und in ganz abweichender nordnordöstlicher Richtung der inneren Reihe der Tonga-Inseln (Tofua etc.). — Der Südosten der pazifischen Inselwelt zeigt drei nach Nordwesten auseinander laufende Reihen, einmal unter

---

[85]) S. Dietrich, Die Böschungsverhältnisse des Sockels ozeanischer Inseln (V. Jahresber. d. Geogr. Ges., Greifswald 1892). — [86]) Th. Fischer, in Länderk. von Europa, II, 2, 1893, 321. — [87]) Pet. Mitt. 1886, Taf. 8, 1 : 47000. — [88]) Pet. Mitt. 1880, 285, die Insel Rodriguez. — [89]) Suess, Antlitz, III 1, 297. — [90]) G. Gerland, Vulkanistische Studien (Beitr. z. Geophysik II, 1895, 35) zählt ca. 75 vulkanische Inseln in den Archipelen des Grossen Ozeans auf (ohne Bonin-Inseln).

den Cook- und Tubuai-Inseln, dann die Gesellschaftsgruppe, südöstlich bis Mangarewa und Pitcairn reichend, und endlich die Marquesas Inseln. — Zu grossartigster Entfaltung kommt dann die vulkanische Tätigkeit auf den Hawaii-Inseln. — Endlich sind die zerstreuten Inseln im Westen Amerikas (Taf. 44) hinzuzurechnen.

2. Ob wirklich deckenförmige Ausbreitung eruptiver Massen bei den aus grosser Tiefe aufsteigenden ozeanischen Inseln auftritt, ist nicht bekannt Hauptvertreter dieser Gattung von Vulkandeckeninseln sind die Färöer und Island, beide sich auf einem unterseeischen Plateau von weniger als 1000 m Tiefe erhebend. Bei beiden haben bereits die Ergüsse und Tuffbildungen in tertiären Zeiten begonnen. Aber während die vulkanische Tätigkeit auf den Färöer längst erstorben, häufen riesige Vulkane noch heute Massen auf die grosse Insel Island, auf der man ältere sedimentäre Gesteine bisher nicht gefunden hat [91]). Auf der südlichen Halbkugel gehören die Kerguelen [92]) (50° S. B., Taf. 6) hierher.

§ 194. Die Koralleninseln [93]). Da die ein Kalkgerüst ausscheidenden, gesellig zu mächtigen Stöcken vereinigten Korallentiere nur in einem salzreichen und nicht zu kalten Wasser zu leben vermögen, so sind sie auf die tropischen Meere und die obersten Wasserschichten beschränkt. Man begegnet den riffbauenden Korallen im allgemeinen nur in den Meeren, in denen die Wassertemperatur auch im kältesten Monat nicht unter 20° C. sinkt, und es scheint, dass sie bereits in 40—50 m Tiefe absterben [94]). Wenn somit der Gürtel ihrer Verbreitung annähernd von 30° S. Br. bis 30° N. Br. reicht, so zeigen die Grenzen desselben doch an den kälteren Westküsten Afrikas und Amerikas starke Einschnürungen. Die kalten Meeresströmungen und Auftriebgewässer (Taf. 8) halten diese Küsten von Riffbildungen frei [95]). Andererseits ermöglicht der Golfstrom in seinen wärmeren Gewässern

---

[91]) Th. Thoroddsen, Island, Grundriss d. Geographie und Geologie, Erg.-Heft 152 u. 153 zu Pet. Mitt. 1906. — [92]) Stielers Handatlas, Taf. 6, 1:2000000. — [93]) Die Hauptwerke verbleiben noch immer Ch. Darwin, Bau und Verbreitung der Korallenriffe (1842, neueste Ausgabe London 1890), deutsch nach der 2. Aufl., Stuttg. 1876, und Dana, On Corals and Coral Islands, 1872. Die durch Semper, Rein (Verh. d. II. D. Geogr.-Tages 1881, 29—46), Murray Guppy und andere erhobenen Einwürfe gegen die Darwinsche Theorie der Riffbildungen sind eingehend von R. Langenbeck erörtert (Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Riffe, Leipzig 1890). Vergl. auch Penck, Morph. II, 643 ff. Die zahlreichen neuern Forschungen auf diesem Gebiete besprach R. Langenbeck kritisch in der Geogr. Zeitschr. III, 1897 u. XIII, 1907, 24—44 u. 92—111. — Eine Karte der Verbreitung in 5 Blatt in dem grossen Massstabe 1:10.000000 gab L. Joubin heraus; Carte des bancs et récifs de Coraux (Madrépores); (Annales de l'Institut océanographique, IV, Nr. 2, Paris 1912; das Blatt von 110—180° O. mit kurzem Text in Annales de Géographice XXI, 1912). — [94]) Neuerdings bestätigt durch die umfassenden Untersuchungen von A. Agassiz, der 30 m als die normale untere Lebensgrenze annimmt (The coral Reefs in the tropical Pacific, 1903, 27). — [95]) Wenn Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 19, eine abweichende Grenzzeichnung der Verbreitung, wonach Korallenriffe auch an der Westküste Zentralamerikas und an Einzelpunkten Westafrikas vorkommen sollen, gibt, so entspricht dies einer verschiedenen Auffassung des Riffbegriffes. Ausser bei Clipperton Insel (Atoll Insel) finden sich nur Spuren von Riffbildungen an den Küsten der Galápagos Inseln.

ihr Vorkommen noch auf den in 32° N liegenden Bermudas-Inseln, wo die Meerestemperatur im Frühjahr auf 16—17° C. herabsinkt[96]). Man weiss jetzt, dass die Korallentiere nur das eigentliche Gerüst der Riffe bauen, während andere kalkausscheidende Meeresorganismen wie besonders Kalkalgen und Foraminiferen zur grösseren Masse des Gesteinsmaterials beitragen, die Poren der Korallenstöcke ausfüllend und sie verkittend. Zahlreiche andere Schalentiere siedeln sich dann an den Stöcken an und verleihen dem Bau grössere Festigkeit. Doch scheint der eigentliche Korallenkalk erst unter dem Einfluss der Atmosphärilien den Grad von Härte zu gewinnen, den man an trocken gelegten und gehobenen Partieen, namentlich der Küsten, beobachtete, wo er meist als ein fast ganz fossilleeres gleichartiges Kalkgestein erscheint[97]).

Ueber die Saum- und Wallriffe ist schon gesprochen (S. 476). Wie einzelne kontinentale Küsten, so werden im Korallengürtel auch die meisten vulkanischen Inseln von solchen umsäumt. Aber es finden sich dort und besonders im Indischen Ozean auch ausschliesslich Inseln, die aus Korallenkalk in der soeben beschriebenen Zusammensetzung aufgebaut sind. Ihrer Entstehung nach sind Korallenriffe und Koralleninseln nicht verschieden. Das Gedeihen der riffbildenden Organismen hängt in erster Linie von der Nahrungszufuhr ab. Die Riffe wachsen daher im Bereich nicht zu starker Strömungen und längs der Windseite der Inseln kräftiger, während ein zu mächtiger Wogenanprall ihr Wachstum hemmt. Sobald die lebenden Korallen die Oberfläche des Meeres erreicht haben, sterben sie ab; dasselbe gilt von den Stellen des Strandes, an welchen Bäche und Flüsse münden und das Wasser aussüssen. Die Wogen schleudern am Strande abgescheuerten Kalksand und ganze Blöcke auf jene Fläche, bis sie dauernd die Fluthöhe übersteigt und sich nun mit den von den Meeresströmungen, dem Wind oder den Vögeln herbeigeführten Samen begrünen kann. Die Mehrzahl der Koralleninseln tritt in der Form der Atolle oder Laguneninseln auf, worunter man einen mehr oder weniger geschlossenen Kranz von trockengelegtem Korallenboden versteht, der nach aussen meist steiler abfällt, nach innen eine flache ruhige Lagune von selten mehr als 80—100 m Tiefe enthält (Taf. 40, Makemo).

Je nachdem man die z. T. völlig geschlossene Lagune als Teil der Insel betrachtet oder nicht, wird man für die Flächengrösse der Koralleninseln sehr verschiedene Werte erhalten. Die englischen Seekarten grössten Massstabes ermöglichen jedoch, die wirklich bewohnbaren Landstückchen, die eine Atollinsel ausmachen, zu bestimmen. Die 70 kleinen Paumotu-Inseln (Taf. 40), früher zu 6500 qkm angenommen, haben tatsächlich kaum 1000 qkm trockene Landfläche; sie sind also durchschnittlich nur 10—15 qkm gross[98]).

Die Erklärung der Entstehung der Koralleninseln und -riffe bietet insofern Schwierigkeit, als sie meist mit steiler Böschung aus grossen Tiefen von 4—5000 m aufsteigen, während ihre Erbauer

---

[96]) Vergl. Langenbeck, Geogr. Zeitschr. III, 527. — [97]) Ebenda XIII, 1907, 32. — [98]) H. Wagner in Bevölk. der Erde, VI, Gotha 1880, 49 u. 57.

nur in einer Zone von 30—40 m, höchstens wohl 80 m unter dem Meeresspiegel leben können. Von dem Gedanken ausgehend, dass nur bei langsamer Senkung des Inselsockels die Korallen die Möglichkeit besitzen, ihre Bauten weiter nach oben zu führen, stellte Charles Darwin die Theorie auf, dass alle Atolle als Strandriffe rings um eine Insel beginnen, wie beispielsweise die Vulkangipfel unter den Karolinen von solchen umkränzt sind (S. 488). Ein Sinken des Meeresbodens bedingt, so schloss er, dass das Strandriff nach aussen dem Wellenschlag entgegen wachsend sich in ein Wallriff verwandelt, und wenn beim weiteren Sinken der zentrale Landkern ganz untertaucht, tritt an seine Stelle die vom Wallriffe umkränzte Lagune. Wo also Atolle gesellig auftreten wie vor allem im Grossen Ozean und im Indischen wären grosse Senkungsfelder anzunehmen.

Indessen diese einfache Theorie erklärt nicht das gleichzeitige Auftreten von Wall- und Atollriffen im nämlichen Gebiete, ebenso nicht die stets sehr geringe Tiefe der Lagune, die im offenbaren Widerstreit gegen die steile Aussenböschung steht. Dazu kommt, dass zwischen jenen Atollinseln sich solche finden, die unbedingt als gehobene Koralleninseln[99]) zu betrachten sind, weil 50 m, 60 m, 100 m, ja bis zu 300 m hoch echte Korallenkalkmassen, nicht etwa nur lose Trümmer, über dem Meeresspiegel lagern. Dass andererseits in vielen Fällen Senkung des Bodens im Sinne Darwins Anlass zu mächtigerem Aufbau der Korallenbauten geboten hat, geht unzweideutig aus den neuerdings ausgeführten Bohrungen auf einzelnen Inseln hervor, wonach bis über 330 m nur lockere oder festere Korallenkalkmasse durchsenkt ist[100]).

Man hat die Erklärung dieser Erscheinungen auf die verschiedenste Weise versucht, teils auf das ungleiche Wachstum der Stöcke im wellenbewegten Aussenrand und im trüben Innern hinweisend, dabei der Erosion durch die Gezeitenströmungen die innere Lagunenbildung zuschreibend, vor allem aber den Beginn der Atollriffe auf unterseeische Vulkangipfel oder anderweitige Untiefen des Meeres verlegend, wie sie z. B. die Bänke darstellen, auf denen sich die Bahamas erheben. Dass die weiten Korallenzonen reich an vulkanischen Aufschüttungen sein müssen, darf aus der grossen Verbreitung von Bimsteinen und anderen Auswurfstoffen am Grunde des Meeres geschlossen werden. Auch kann das reihenförmige Auftreten der meisten Koralleninseln damit in Verbindung gebracht werden. Ein Sinken solcher vulkanischer Sockel, das dem Wachstum der Korallen nach oben Raum schafft, liesse sich in Einzelfällen auf ein Einsacken der aufgeschütteten Massen wohl zurückführen [101]), aber die gehobenen Korallenriffe werden dadurch nicht erklärt. So handelt es sich also um die viel umstrittene Frage der gegenseitigen Beziehungen von Hebungen und Senkungen auf

[99]) Aufgezählt bei G. Gerland, Vulkanistische Studien I. (Beitr. f. Geophysik II, 1895, 58), neuere Angaben bei Langenbeck, G. Z. XIII, 1907. — [100]) Ebenda, 93—95, die wichtigsten Bohrungen fanden auf Funafuti (9° S. Br., Ellice Gruppe) statt. — [101]) Gerland (s. Anm. 99) nimmt überhaupt nicht eine Bewegung des Meeresbodens oder Seespiegels in den Korallenzonen an, sondern, was an sich ziemlich unwahrscheinlich, nur der einzelnen Inselsockel.

kleineren oder grösseren Gebieten der Erdoberfläche. Solange aber die Unterschiede der als gehoben betrachteten Inseln und der gesenkten sich in den engen Grenzen der Strandverschiebungen, also von wenigen Dutzend Metern oder etwas mehr bewegen, wird die Vorstellung von Biegungen oder Faltungen des Meeresbodens bezw. der Inselsockel im weitern Sinne immer noch die naheliegendste sein. Man will jedoch neuerdings auf weiten Strecken des Stillen Ozeans junge Strandlinien in etwa 2—6 m Höhe auf den einzelnen Inseln festgestellt haben und glaubt diese negative Strandverschiebung auf eine allgemeine Senkung des Meeresspiegels zurückführen zu sollen.

§ 195. Die Meeresstrassen [102]). Die Anordnung der Landmassen der Erde um den Nordpol herum bedingt in Verbindung mit der grossen Zahl kontinentaler, also unweit der Festlandsränder liegenden Inseln und mit dem gesellschaftlichen Auftreten der meisten Inseln in Reihen und Gruppen eine häufige Annäherung der Gegengestade. Man bezeichnet die Stellen solcher Annäherung als Meeresstrassen, wiewohl dieser Begriff streng genommen einen Parallelismus der gegenüberliegenden Küsten voraussetzt.

1. Das Altertum kannte bei der räumlichen Beschränkung seiner Kenntnisse auf das Mittelmeer und der Bevorzugung der Küstenschifffahrt nur den Begriff der Meerenge, bezeichnender Weise sie nach dem Vorwalten einer deutlich ausgeprägten Strömung Euripus oder Fretum d. h. die Strömung benennend.

In der Tat gibt es deren, die nicht breiter als ein Flusstal sind. Indessen wird sich aus dem absoluten Wert der Breite allein kaum eine Scheidung zwischen Meerenge und Meeresstrasse ableiten lassen. Die engste Stelle, nicht die mittlere Breite, der bekanntesten Meerengen beträgt etwa:

	km		km		km
Bosporus	0,5	Strasse v. Messina . .	3,5	Nordkanal	20,0
Kleiner Belt . . .	0,6	„ „ Kertsch . .	4,0	Belle-Isle Strasse .	20,0
Dardanellen . . .	2,0	„ „ Bonifacio .	11,0	Sunda Strasse . . .	25,0
Magalhães Strasse .	2,0	„ „ Gibraltar [103])	14,0	Dover-Calais [104]) . .	31,0
Dänischer Sund . .	3,0	Malakka Strasse . .	15,0	Bab-el-Mandeb . .	37,0
		Grosser Belt . . .	16,0		

Dem gegenüber hat die spätere Zeit auch weit grössere Abstände der Gegengestade mit dem Namen der Meeresstrassen belegt, wie aus folgender Uebersicht hervorgeht:

	km		km		km
Strasse v. Ormus . .	63	Hudson Strasse . .	110	Yucatan Strasse . .	200
„ „ Otranto [105])	71	Strasse von Tunis .	140	Florida Strasse . .	200
St. Georgs-Kanal .	71	Fukien Strasse . .	140	Dänemark Strasse .	250
Bering Strasse . .	92	Korea Strasse. . .	160	Davis Strasse . . .	350

[102]) Die Meeresstrassen sind von seiten der Ozeanographen gelegentlich wohl als Zugänge zu den Binnenmeeren in Betracht gezogen worden, jedoch erst ganz neuerdings nach ihrem Bau auch von Morphologen. Es fehlt freilich noch sehr an Einzeluntersuchungen über Bau und Entstehung vieler Meeresstrassen. Die obige Einteilung schliesst sich teilweise an Penck, Morph. II, 596 ff., an. Vergl. auch Krümmel, Ozeanographie I, 1907, 46—49. Richthofen berührt die Meeresstrassen nicht. — [103]) Strelbitzkys Angabe (La superficie de l'Europe, 1882, 219) von 32 km beruht augenscheinlich auf einem einfachen Versehen. — [104]) Ebenso ist Strelbitzkys Angabe von 40,5 km unhaltbar. — [105]) Strelbitzky gibt 50 km an(?).

Unter den genannten entspricht die Mehrzahl dem obigen strengern Begriff der Meeresstrassen. Grössere Meerestore, wie man die kaum breitern Lücken zwischen den Landpfeilern bezeichnen könnte, die zwischen Island-Färöer-Schottland-Norwegen und wieder zwischen Nordkap-Bäreninsel-Spitzbergen die Zugänge zum Europäischen Nordmeer bilden, haben daher bislang besondere Namen nicht erhalten.

Meerespforten. Einzelne Sprachen bedienen sich des Ausdrucks Tor oder Pforte. Jedoch müsste bei Einführung des Begriffs der Meerespforte dieser logisch den wenigen engern Lücken in der Umwallung einzelner Meeresbecken vorbehalten bleiben, welche auf weithin den einzigen Zugang zum benachbarten Meer darstellen, also den Lücken zwischen rein kontinentalen Küsten.

Als Meerespforten in diesem Sinn könnten daher nur gelten die Pforten von Kertsch, Konstantinopel, Gibraltar, das Bab-el-Mandeb (Tor der Tränen) als Eingang zum Roten Meer, ferner von Ormus und die Bering Strasse.

2. Die morphologische Gruppierung der Meeresstrassen geht jedoch mehr von der Betrachtung der Küstenstrecken selbst aus, welche als Gegengestade den Pforten oder Strassen zur Einrahmung dienen. Entsprechend der Unterscheidung von Längs- und Querküsten etc. lassen sich danach die gleichen Gattungen unter den Meeresstrassen aufstellen.

Als Längsstrassen können nur die gelten, deren umrahmende Gegengestade beiderseits Längsküsten sind. Sie sind selten und von Küstenstrassen abgesehen kaum irgendwo von ganz gleichartigen Ufern begleitet. Sie liegen an den Stellen gegenseitiger Annäherung von mehr oder weniger parallelen oder bogenförmigen Faltenzügen.

Als Längsstrassen sind hiernach diejenigen von Otranto am Ausgang des Adriatischen Meeres, ferner in Ostasien die von Malakka, Fukien und Korea nebst dem Tatarischen Sund (bei Sachalin in Ostasien, Taf. 35) anzusehen, vielleicht auch die Davis Strasse[106]), ebenso die Strasse von Ormus[107]).

Weit zahlreicher sind begreiflicher Weise die Querstrassen, auf deren Vorhandensein ja zumeist die Auflösung zahlreicher Faltenzüge in Inselketten und -kränze beruht. Ueberall, wo die Meeresstrasse quer durch die Gebirgserhebungen der sie begleitenden Küsten zieht, haben wir es mit einer Querstrasse zu tun. Die eigentlichen Umrisse der Strasse selbst zeigen demgemäss sehr verschiedenartige Gestalt. Die Kenntnis des innern Baus der Umrandung ist also zu dieser Unterscheidung von Nöten. Die meisten der Querstrassen sind im Verhältnis zu ihrer Breite sehr kurz, da manchmal nur die äussersten Spitzen der zerbrochenen Faltenzüge einander entgegengestreckt sind wie bei der Yucatan Strasse.

---

[106]) Abweichend hiervon rechnet Penck die Strassen von Otranto und Korea, weil unabhängig von den Erhebungen des benachbarten Landes, zu den „indifferenten Strassen". — [107]) Sie liegt zwischen mehr oder weniger parallelen Faltenzügen, deren südlicher von Ras el Hadd nordwestwärts bis zur Strasse von Ormus streift; s. Suess, Antlitz der Erde, III 2, 1909, 750.

Es gehören also neben letztgenannter alle „Passagen“ zwischen den Antillen hierher (Taf. 43), in Süd- und Ostasien die Zehngrad Strasse zwischen Andamanen und Nikobaren, im Sunda Archipel die Sunda, Lombok, Allas Strasse etc., die La Péyrouse Strasse im N von Jeso (Taf. 39), um nur die wichtigsten zu nennen. Querstrassen trennen Tasmanien von Australien (Bass Strasse), Sizilien vom Festland und von Tunis. Auch die Eingänge der Irischen See, nämlich St. Georgs Kanal und Nordkanal, sind mit Rücksicht der von Schottland und Südwales nach Irland hinüber streichenden alten Faltengebirgszüge Querstrassen. Dazu treten die Lücken zwischen den Doppelinseln Neuseeland (Cook Strasse), zwischen Korsika und Sardinien (Strasse von Bonifacio) und in Nowaja-Semlja. Auch Waigatsch und Jugor Strasse gehören hierher und wohl auch die Hudson Strasse mit Rücksicht auf das alte die Nordostküste Labradors begleitende Rumpfgebirge. Endlich sind die obengenannten Meerespforten mit Ausnahme von Bab-el-Mandeb und Ormus Strasse Querstrassen.

Aeusserst selten treffen wir Meeresstrassen im alten Tafelland Indo-Afrikas, wo die Schollenküsten vorherrschen. Bab-el-Mandeb und Palk Strasse vertreten hier die Gattung neutraler Strassen. Die nordamerikanischen Sunde müssen gleichfalls für jetzt hier eingestellt werden. Noch unaufgeklärt ist die Stellung der Mangkassar Strasse zwischen Bórneo und Celébes.

Grenzstrassen. Als letzte Gruppe bleiben noch wenige, aber besonders charakteristische Meeresstrassen übrig, wo verschiedene morphologische Regionen (§ 148) sich begegnen. In diesen Grenzstrassen, wie man sie bezeichnen kann, lagern sich demgemäss Küstenstrecken ganz verschiedenen Alters und Baues gegenüber.

In der Dänemark Strasse sehen wir auf der einen Seite die grönländische Rumpfscholle, auf der andern die rein vulkanische Aufschüttung Islands; in der Belle Isle Strasse stösst das Faltengebirge Neufundlands an die Archäische Tafel von Labrador[108]). Aber auch die Florida Strasse, erst entstanden durch allmähliche Hebung der Halbinsel Florida gegen die Antillenkette hin, wird hier einzureihen sein.

3. Zu einer besonderen Gruppe lassen sich, wie die Küsteninseln, so auch die Küstenstrassen zusammenfassen, ohne dass es einer Wiederholung der hier auftretenden Einzelformen bedarf. Nur wenige von diesen haben als wichtige Verkehrswege, die eine gefährliche Aussenfahrt um Landspitzen vermeiden lassen, grössere Bedeutung.

Keine mehr als die echte Fjordstrasse, die Magalhães 1520 im Süden Amerikas entdeckte. Eine Fjordstrasse ist übrigens auch Matotschkin Scharr, der schmale Sund zwischen Nord- und Süd-Nowaja-Semlja. Auch die Belte zwischen den dänischen Inseln können, ähnlich wie der Stralsunder Bodden, unter die Küstenstrassen gerechnet werden, ebenso die flachen Meeresteile, welche die Buchten im südlichen Japan mit einander verbinden; man nennt eine solche Strasse dort Nada.

4. Was die Entstehung der Meerespforten und -strassen betrifft, so lassen sich über die meisten bis jetzt nur Vermutungen aussprechen. Es ist auch vielfach nicht ein einzelner

[108]) Suess, Antlitz d. Erde II, 257.

Vorgang, der sie gebildet hat. Bei tiefen Meeresstrassen mit in einander passendem Gegengestade wie bei der Strasse von Lombok (über 1000 m tief, Taf. 39)[109] und der Windwarts-Passage zwischen Kuba und Haiti (1300 m tief, Taf. 43)[110], oder auch der von Gibraltar (750 m, Taf. 28)[111] kann wohl nur von wirklichen Querbrüchen der Gebirgsketten gesprochen werden. Dasselbe wird gelegentlich durch vulkanische, mitten in der Strasse auftretende Erscheinungen bestätigt wie bei der übrigens flachen Sunda Strasse (Taf. 39). Zu Verwerfungen treten oft gleichzeitig Senkungen des ganzen Küstenstrichs hinzu, welche die eigentliche Enge erst unter das Wasser tauchen lassen, wie dies z. B. für die Strasse von Messina wahrscheinlich gemacht ist[112]. In flachen Trichterbuchten kommen sicher diese Senkungen der erodierenden Arbeit der Gezeitenströme zu Hilfe. Sie vernichteten, wie wir es für die nur 30 m tiefe Strasse von Dover annehmen, allmählich die letzte Querbank zwischen England und dem Festland. Am Nordende der Fundy Bai scheint sich ähnliches vorzubereiten (s. o. S. 348). Einfache Transgression hat die Belte unter Wasser gesetzt. Wie nun einerseits der Wechselstrom der täglichen Gezeiten viele engen Strassen vor Versandung schützt und offen hält, so scheinen die jahreszeitlichen, durch die Monsune bedingten Ströme umgekehrt daran zu arbeiten, die niedrige Bank der Palk Strasse zwischen Indien und Ceylon mehr und mehr zuzuschwemmen[113]. — Doch auch echte Flusstäler fehlen unter den Meeresstrassen nicht. Bosporus und Dardanellen[114] sind Erosionserzeugnisse mit allen Merkmalen der Flusstäler.

§ 196. Der geographische Zyklus[115]. Ein Rückblick auf das weite Gebiet der Landformen, das uns in diesem Kapitel beschäftigt hat, lässt uns erkennen, wie belehrend es ist, bei allen uns entgegentretenden Landschaften das jeweilige Alter der Entwickelung scharf ins Auge zu fassen. Alte und junge Formen haben uns in ihrem Gegensatz bei Gebirgen und Ebenen, Flüssen und Seen, Küsten und Inseln wiederholt beschäftigt. Man kann in Berücksichtigung der Zeitdauer, während welcher die umgestaltenden Faktoren auf gewisse tektonische Grossformen eingewirkt und ihnen ein bestimmtes Gepräge aufgedrückt haben, noch einen Schritt weiter gehen und von einem Reife-Stadium der Formen sprechen, welches die Landschaften zwischen ihrer anfänglichen Bildung und den Zeiten, in denen sich die Züge

[109]) S. Berghaus, Phys. Atl., Taf. 25. — [110]) Das. Taf. 26. — [111]) Vergl. wegen der Tiefenverhältnisse § 213. — [112]) Th. Fischer, Landeskunde von Europa II, 2, Südeuropa, 1893, S. 453, mit Profil. Die durch die Meerenge gehende Verwerfung zieht diagonal von NO—SW. Die Karte daselbst S. 297, 1 : 1 500 000. — [113]) S. Walther, Die Adamsbrücke, Erg.-Heft Nr. 102 zu Pet. Mitt. 1891. — [114]) Limpricht, Die Strasse der Dardanellen, Breslau, Diss. 1892. — [115]) William M. Davis, The geographical Cycle (The Geogr. Journ. XIV, 1899, 481—504) und Verhandl. d. VII. Int. Geogr.-Kongresses Berlin 1899; II, 1901, 221—231; Complications of the geograph. Cycle (Report of the VIIIth Int. Geogr. Congress Washington 1904, 150—164). — W. M. Davis und G. Braun, Physiogeographie, Berlin 1911; Alfr. Rühl, Eine neue Methode auf dem Gebiete der Geomorphologie (Fortschritte der naturwiss. Forschung VI. Berlin-Wien 1912, 67—130); A. Rühl in Geogr. Jahrbuch XXXV, 1912, 101—105.

eines Greisenalters an sich tragen, zu durchlaufen haben. So gelangt man zur Erkenntnis grosser geographischer Zyklen, die im Laufe der Erdgeschichte nach ähnlichem Rythmus über die nämlichen Teile der Erdoberfläche hinweggegangen sind.

Die deutlichste Vorstellung von dem Verlauf eines solchen Zyklus vermag uns eine allmählich aus dem Meer auftauchende und sich wölbende Landfläche und deren theoretische Umgestaltung zu bieten. So lange die Entwässerung derselben noch in der Form einfacher Abdachungsflüsse erfolgt, und diese nur schwache Seitenflüsse von den zwischengelagerten Flächen empfangen, befindet sich das Gebiet noch im völlig jugendlichen Stadium. Doch arbeitet die Erosion weiter und schafft ausgeprägtere Talformen und Flusssysteme, welche die Landschaft zergliedern und den Gegensatz zwischen dem zerschnittenen Oberland und dem flachen Unterland, in dem die Flüsse ihr Bett durch Ablagerungen erhöhen, um auf diesen in Schlangenwindungen langsamen Laufes dem Meere zuzustreben, mehr und mehr hervortreten lassen. Damit nähert sich die Gegend dem Reifezustand. Allmählich greift aber die Erosion rückwärts die Wasserscheiden an, durchbricht sie und trägt das Material der ursprünglichen Kammhöhen langsam in die Tiefen, bis die Unterschiede zwischen den Gebieten der Abtragung und Auflagerung gering erscheinen und eine Rumpffläche, eine Peneplain aus dem Ganzen geworden ist. Das Greisenalter ist damit erreicht.

Jede tektonische Bewegung muss freilich in der Abwickelung eines solchen idealen Zyklus eine merkliche Unterbrechung hervorrufen. Eine erneute Erhebung oder langsame Aufwölbung eines Teils der Fläche versetzt das ganze normale System der Entwässerungsadern nach der Richtung des Hauptgefälles so zu sagen in Unordnung, bringt hier Stauungen, dort Verstärkung der Erosionswirkung zu wege, die sich gelegentlich über weitabseits gelegene Gegenden erstrecken können. In kleinerm Umfang wird der Zyklus durch lokal auftretende Erscheinungen wie eruptive Vorgänge gestört. In ähnlicher Weise wird aber auch eine säkulare Aenderung des Klimas den Verlauf der Entwickelung beeinflussen können, da die Erosion in trocknen Perioden zum Stillstand gebracht wird, um in nassen sich neu zu beleben. Auf solche Weise kann sich aber auch die Abwickelung eines neuen geographischen Zyklus einleiten, wie sich an manchen jugendlichen Erscheinungen, besonders der Talsysteme innerhalb von Rumpfflächen, nachweisen lässt. Ueberhaupt ist die Periodizität der Talbildung[116]), gegründet auf den Wechsel erhöhter Erosion und vermehrter Ablagerung, auf Seenbildung und Terrassenbau besonders geeignet, das Wesen des geographischen Zyklus zu kennzeichnen.

Methodisches. Die von amerikanischer Seite neuerdings bewirkte Einführung zeitlicher Begriffe aus dem Leben der Organismen wie jung, frühreif, reif, spätreif, alt, greisenhaft, und die Beschreibung einer Landschaft — andere empfehlen bei den Ausdrücken „Unreife", „Reife", „Ueberreife" stehen zu bleiben[117]) — hat in Deutschland, namentlich bei jüngeren

[116]) A. Penck, Ueber Periodizität der Talbildung (Verhandl. d. Ges. f. Erdk., Berlin 1884, 39—59). — [117]) Supan, Phys. Erdk., 5. Aufl., 1911, 470.

Morphologen, ebenso rückhaltlose Anerkennung gefunden, wie sich ältere ablehnend ihr gegenüber verhalten[118]). Dass die Anwendung jener bestechenden Schlagworte die Gefahr des Schematisierens in sich birgt, kann nicht geleugnet werden. Und man hebt mit Recht hervor, dass es ungleich schwieriger ist, jenes bei Organismen fest umgrenzte Mittelstadium der Reife im Ablauf einer morphologischen Entwicklung festzustellen, als die extremeren Anfangs- und Endzustände, auf die sich daher die Begriffe „jung" und „alt" weit eher anwenden lassen.

[118]) Vergl. die eingehende Kritik durch S. Passarge in Physiol. Morphologie (Hamburg 1912, Kap. II, 149 — 163). Wenn Passarge die drei Punkte, welche nach W. M. Davis bei typischer Beschreibung einer Landschaft in Betracht kommen: „Structure", „process", „stage" mit „Geologischem Bau", „Abtragungsform" und „Abtragungsstadium" übersetzt, so dürfte dies etwas zu einseitig sein. Denn in dem Prozess, dem Vorgang, kann es sich ebenso wie um Abtragung auch um Gegenwirkungen wie Hebung oder Faltung handeln.

Kapitel III. Das Meer.

§ 197. Literarischer Wegweiser zur Meereskunde. Seitdem Varenius seiner Geographia generalis (1650) drei eigene Kapitel (de oceani partitione per terras, proprietatibus, motibus) einverleibt hat, ist der Meereskunde in den Handbüchern der physikalischen Geographie des 18. und 19. Jahrhunderts stets besonders gedacht und zwar meist unter dem Namen der „Hydrographie". Diese Zweigdisziplin umfasste damals auch die Gewässer des Festlandes mit. In Berghaus, Physik. Atlas (2. Aufl. 1852), enthält die Abteilung Hydrographie unter 16 Karten nur 6 zur Meereskunde. — Um jene Zeit beginnt neues Leben in die Beobachtungsmethoden und die zweckentsprechende Verarbeitung der Ergebnisse zu dringen, hauptsächlich auf Antrieb des amerikanischen Seeoffiziers M. F. Maury (gest. 1873) und infolge der auf dem Kongress zu Brüssel 1853 beschlossenen internationalen Vereinbarungen über Form und Ablieferung von Schiffstagebüchern. Maurys grundlegendes Werk „The physical Geography of the Sea" (London 1850, deutsch von Böttger, Leipzig 1856) ist seitdem in zahlreichen Auflagen erschienen. Es enthält noch ungetrennt beide allmählich sich scheidenden Zweigdisziplinen, von denen die Hydrographie im engeren Sinne sich mit den Verhältnissen des Wassers selbst, die maritime Meteorologie mit denen des Luftkreises über der Meeresfläche beschäftigt. Für den Nautiker sind sie selbstverständlich für immer aufs engste verbunden. Innerhalb der Gesamtwissenschaft der Geographie dagegen weist man die maritime Meteorologie der gesamten Naturgeschichte der Atmosphäre zu und beschränkt den zwischen 1850—60 gebräuchlicher werdenden Namen[1]) der Ozeanographie auf das flüssige Element.

Neuen Anstoss gab das Werk Wyville Thomsons „The Depths of the Sea", London 1873. Es hatte zur Folge die grossartigen (nach den Schiffsnamen benannten) Tiefseeexpeditionen der siebenziger Jahre, unter denen die englische Challenger-Expedition (1873—76) die anderen an Ergebnissen überragt. Unter letzteren muss an die Weltumsegelung des deutschen Schiffes Gazelle (1874—76 unter v. Schleinitz) und die Fahrten der nordamerikanischen Tuscarora (1874—78) besonders erinnert werden. Zahlreiche kleinere Unternehmungen haben die neuen Ergebnisse seitdem befestigt und erweitert. Eine Geschichte der Entwickelung der Meereskunde gab J. Murray im Schlussband des Challenger Werkes: Bd. 49, 1895.

Das Urmaterial findet seine erste Bearbeitung jetzt in den Publikationen der verschiedenen Admiralitäten und hydrographischen Aemter; obenan stehen

---

[1]) Der Ausdruck „Ozeanographie" findet sich übrigens schon in Albr. v. Roons Grundzügen der Erd-, Völker- und Länderkunde 1832, 36.

die der Deutschen Seewarte in Hamburg. Zahlreich sind bereits die entsprechenden Zeitschriften wie die „Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie", herausgegeben v. der Kais. Marine, Deutsche Seewarte. Treffliche Dienste leisten dem wissenschaftlichen Studium der Meereskunde die von der Deutschen Seewarte herausgegebenen Seeatlanten, die alle wichtigen physikalischen Verhältnisse der Ozeane (Tiefen, Temperaturen, Salzgehalt) und der maritimen Meteorologie berühren; sie gelten als Beilage zu den gehaltvollen Segelanweisungen der Meere: Atlas des Atlantischen Ozeans 1882, 2. Aufl. in ganz neuer Bearbeitung 1902, Segelhandbuch 1885, 3. Aufl. 1910; Atlas des Indischen Ozeans 1891, Segelhandbuch 1892; Atlas des Stillen Ozeans 1896, Segelhandbuch 1897; je 30—50 Karten im gleichen Aequatorial-Massstab 1:56000000. Dazu treten die zahlreichen Segelhandbücher kleinerer Meeresteile, besonders auch die englischen. Die Abteilung Hydrographie in H. Berghaus' Physikalischem Atlas (1891) enthält 8 treffliche der Meereskunde gewidmete Karten. Manches lässt sich aus J. Perthes' kleinem „Seeatlas" (1894, 7. Aufl. 1907) und H. Berghaus, Chart of the world, 13. Aufl. 1905, Gotha, ersehen.

Im Jahre 1883 unternahmen es die Professoren der k. k. österr.-ungarischen Marine-Akademie Attlmayer, Luksch, Wolf, E. Mayer u. a. ein grösseres „Handbuch der Ozeanographie und marit. Meteorologie" in 2 Bänden zu verfassen. Der allein hierher gehörige I. Bd. ist etwas ungleich gearbeitet, in einzelnen Abschnitten (ozeanogr. Instrumente, physik. Verhältnisse des Meeres) klar geschrieben. Aus dem 1884—87 von v. Boguslawski begonnenen, von K. Zöppritz fortgesetzten und von O. Krümmel vollendeten „Handbuch der Ozeanographie" ist durch O. Krümmel ein vollkommen neues Werk geschaffen (2. Aufl., I. 1907, II. 1911), z. Z. das umfassendste und gründlichste Handbuch dieser in raschem Fortschritt begriffenen Zweigwissenschaft. Bd. I enthält die räumliche, physikalische und chemische Beschaffenheit der Ozeane, Bd. II die Bewegungsformen des Meeres. Mit grosser Klarheit entwickelt die „Océanographie statique" von J. Thoulet (Paris, 1890) die Methoden der Meeresuntersuchung, wogegen die (unvollendete) Fortsetzung (Océanogr. dynamique I, 1893) mehr einen Auszug aus Krümmels Werk gibt. — Mehr beschreibend als entwickelnd ist der Abschnitt der „Hydrosphäre" von J. Hann in der Allg. Erdkunde (5. Aufl. 1896, v. J. Hann, E. Brückner, A. Kirchhoff). Reich an (allerdings z. T. ungesichteten) Notizen ist Günthers Darstellung (Handbuch der Geophysik, 2. Aufl. II, 1899, 375—558). Knapp zusammengefasst ist das Tatsachenmaterial in der „Ozeanografia" von Luigi Hugues, Torino 1901, 275 S., ebenso in den für den unmittelbaren Unterricht bestimmten „Grundzügen der Ozeanographie" von C. Rössler, 2. Aufl., Fiume 1903; aus Vorlesungen ist das Werk Thoulet, L'Océan, ses lois et ses problèmes, Paris 1904, hervorgegangen. Nach der Seite der Beobachtungsmethoden bildet zu der nachfolgenden Darstellung eine zweckmässige Ergänzung das Schriftchen v. O. Krümmel „Der Ozean" (Das Wissen der Gegenwart, Bd. 52), 2. Aufl., Leipzig 1902.

Eingehend und kritisch berichtete O. Krümmel (1887—1905), seitdem L. Mecking im Geogr. Jahrbuch über die Fortschritte der gesamten Ozeanographie.

Anleitung zu ozeanischen Beobachtungen geben P. Hoffmann (Nautische Vermessungen), C. Börgen (Beobacht. über Ebbe u. Flut), O. Krümmel (Allgemeine Meeresforschung) in Neumayers Anweisung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, 3. Aufl. 1906, Bd. I, 498—594. Im Anschluss daran mag auf Abschnitt 3 des Handbuchs der nautischen Instrumente, herausgegeben von dem hydrographischen Amt der kaiserl. deutschen Admiralität (1882, 2. Aufl. 1893) und Thoulets Guide d'océanographie pratique (Paris 1895) verwiesen werden.

I. Die Meeresräume.

§ 198. Die Menge des Meerwassers. Wie die starre Erdoberfläche sich in die unmittelbar mit der Luft in Berührung tretende Landfläche und den unserer Beobachtung zunächst durch die Wasserbedeckung entzogenen Meeresboden gliedert, so setzt sich auch die flüssige Umhüllung der Erde aus zwei wesentlich verschiedenen Gebieten zusammen. Dort die in Tausende von Adern oder kleine getrennte Seen zerteilten Gewässer des Festlandes, hier die zusammenhängenden Meeresmassen. Nur die letzteren beschäftigen uns in diesem Kapitel. Vorgreifend haben wir bei der Orientierung über die empirische Erdoberfläche früher bereits die räumliche Ausdehnung des Weltmeeres und seine durch die Festlandsumrisse gegebene Hauptgliederung in Ozeane und Nebenmeere besprochen (§ 123). Als tropfbar flüssige Masse füllt das Meerwasser die tiefsten Einsenkungen der festen Erdrinde aus, soweit diese Hohlformen in einem gewissen Zusammenhang stehen. Welche Schwellen jedoch der Ausbreitung des Meeres unüberschreitbare Hindernisse setzen und welche Gestalt die Umrisslinien der Einzelmeere annehmen, hängt andererseits von der Menge des vorhandenen Meerwassers ab. Wir berechneten dieselbe früher zu 1336 Millionen Kubikkilometer, indem wir für das Weltmeer eine Fläche von 361 Mill. qkm und eine mittlere Tiefe von 3700 m annahmen (S. 278).

Die Verdunstung entzieht dem Meere jährlich grosse Mengen Wasser in Dampfform, aber die Niederschläge und Zuflüsse gleichen wohl den jährlichen Verlust wieder aus. Eine länger dauernde Verminderung des Meerwassers muss dagegen für die sog. Eiszeiten angenommen werden, wo sicher Millionen von Kubikkilometern sich in festes Eis verwandelten, sodass der Meeresspiegel sank, wenn auch wohl kaum mehr als um einige Dutzend Meter[2]). Aber auch ab gesehen von solchen periodischen Verlusten ist die säkulare Verminderung des Wassers auf der Erdoberfläche nicht unwahrscheinlich, da die Bildung der meisten Gesteine nur unter starker Absorption von Wasser vor sich geht und die Wasserzufuhr durch Aushauchung der Vulkane diesem Verluste wohl kaum die Wage hält.

Zusammendrückbarkeit des Meereswassers. Betrachten wir die Wassermasse zur Zeit als ständig, so nimmt das gleiche Quantum Meerwasser einen immer kleineren Raum ein, je tiefer sich die Meeresbecken im Verhältnis zu ihrer horizontalen Ausbreitung senken oder gesenkt haben. Dies hängt mit der Zusammendrückbarkeit des Wassers zusammen.

---

[2]) Nimmt man mit Penck (Jahresber. d. Geogr. Ges. München VII, 1882, 72) die Flächen, welche zur Eiszeit auf der nördlichen Halbkugel auch ausserhalb der heute vergletscherten Gebiete (Grönland, Spitzbergen etc.) mit Eis bedeckt waren, zu 27 Mill. qkm an und die mittlere Dicke der Eisschicht zu 1000 m, so entspricht dies bei dem spezifischen Gewicht von $0{,}_9$ des Eises einer Wassermenge von $27 \times 0{,}_9 = 24{,}_3$ Mill. kbkm; dies bedingt bei unverändertem Meeresbecken aber doch nur eine allgemeine Senkung des Meeresspiegels von etwa 67 m ($= 24{,}_3$ Mill. kbkm : 361 Mill. qkm).

Ist diese auch nicht gross und beim salzigen Meerwasser noch geringer als beim reinen — sie beträgt etwa 92 % von letzterer — so übt doch der Druck der oberen Wasserschichten auf die unteren einen messbaren Einfluss aus. Die Zusammendrückbarkeit vermindert sich im übrigen mit zunehmendem Druck und abnehmender Temperatur, also nach der Tiefe zu. Bei einer Mitteltemperatur der genannten Wassermasse von etwa 4° C. (§ 212) und 3700 m Mitteltiefe berechnet sich die durchschnittliche Erniedrigung des Meeresniveaus auf Grund der Zusammendrückbarkeit zu etwa 31 m [3]); mit anderen Worten: die Strandlinie würde, wenn das Wasser nicht zusammendrückbar wäre, um 31 m höher stehen und demnach mehrere Millionen Quadratkilometer an den Küsten überschwemmen. Es ist andererseits klar, dass die Umrisslinien des Meeres im grossen dadurch höchst unbedeutend verändert würden.

§ 199. Das Meeresniveau und das Mittelwasser. Den Gesetzen anziehender Massen entsprechend muss die Meeresoberfläche die Gestalt des Geoides annehmen (§ 65). Das ist im ganzen auch der Fall. Indessen treten doch manche störende Momente hinzu, welche den Meeresspiegel zu kleinen Abweichungen von jener Geoidfläche veranlassen. Zunächst ist derselbe selten ganz ruhig. Windwellen kräuseln ihn und ein andauernder Wind vermag auf längere Zeit grössere Wassermassen gegen das eine Ufer hin aufzustauen, den Spiegel hier also zu erhöhen, was dann eine Erniedrigung am nahen Gegengestade zur Folge haben muss. Periodisch geschieht das Gleiche durch den Wechsel von Ebbe und Flut, dessen Höhe in Trichterbuchten 10 m und mehr betragen kann. Auch die verschiedene Erwärmung der oberflächlichen Schichten im Winter und Sommer, sowie der Wechsel von Regen- und Trockenzeiten müssen sich in kleinen Niveauunterschieden geltend machen. Der Wasserstand schwankt daher, wo irgend wir ihn beobachten; hier um einige Centimeter, dort um Dutzende von solchen. Es lässt sich jedoch aus diesen Abweichungen unschwer ein mittlerer Stand berechnen, am genauesten mittelst der selbstaufzeichnenden, gegen den Wellenschlag geschützten Pegel oder Mareographen (S. 331). Dieser mittlere Stand oder das sog. Mittelwasser gilt uns zunächst als Ausgangspunkt für Angabe des Meeresniveaus an den Küsten.

Schon im Altertum hat man die Höhe des Meeresspiegels an beiden Seiten von Landengen als beträchtlich verschieden angenommen

---

[3]) Ueber die Zusammendrückbarkeit s. Thoulet, Océanographie statique, 1890, 315—70 und O. Krümmel, Ozeanographie I, 1907, 284—88. Nach den von letzterem a. a. O. berechneten Tabellen würde sich das Gesamtvolumen des Meeres, das wir zu 1336 Mill. kbkm annahmen (s. o.), um $11{,}_{23}$ Mill. kbkm vermehren, wenn die Wassermassen sich durch ihr eigenes Gewicht nicht zusammendrückten. Diese $11{,}_{23}$ Mill. kbkm auf 361 Mill. qkm verteilt entsprechen einer Wasserschicht von 31 m Höhe. Bei diesen Berechnungen ward von einer mittlern Dichte des Meereswassers an der Oberfläche im Betrage von 1,0281 ausgegangen und angenommen, dass, wenn die mittlere Tiefe des Meeres 3700 m beträgt, in halber Tiefe von 1850 m auch die halbe mittlere Dichte des gesamten Wassers zu finden sei. Für diese Tiefe von 1850 m ergibt sich nach den zu grunde gelegten Formeln ein spezifisches Gewicht von 1,03675. Es verhält sich dann diese Dichte wie das Volumen der nicht zusammengedrückten Wassermasse zu dem der tatsächlich durch Eigendruck komprimierten, also:

$1{,}03675 : 1{,}0281 = (1336 + x) : 1336$, woraus folgt $x = 11{,}_{23}$ Mill. kbkm.

und bis ins 19. Jahrhundert bei Durchstechung derselben heftige Strömungen als Folge erwartet[4]). Diesen Irrtum haben genauere Nivellierungen und in einigen Fällen die Durchstechung der Landengen selbst wie der von Sues und Korinth endgültig beseitigt. Aber man hat andererseits wirklich vorhandene, wenn auch sehr geringe Niveauunterschiede gefunden. So hat sich aus den mühsamen Nivellierungsarbeiten quer durch Mitteleuropa von den Küsten des Ozeans, der Nord- und Ostsee einerseits zu denen des Mittelmeers (z. B. bei Marseille, Genua, Triest) andererseits ergeben, dass die nördlichen Meere wahrscheinlich nur 10 — 20 Centimeter über den südlichen liegen[5]). Aehnliche Unterschiede hat man übrigens auch längs der südlichen oder der nördlichen Küste gefunden, ohne mit Sicherheit die Fehler der Messungen schon ausmerzen und den wahren Betrag angeben zu können.

Der Nullpunkt für Höhenmessungen. Da der Stand des Mittelwassers an bestimmten, mit Mareographen versehenen Küstenstellen bisher den Ausgangspunkt für die feinen Höhenmessungen innerhalb der einzelnen, an die See grenzenden Staaten gebildet hat[6]) — die Schweiz nimmt den Spiegel des Genfer Sees als Nullpunkt an —, so sind die durch Nivellierung bestimmten Höhen in benachbarten Staatsgebieten aus obigen Gründen nicht streng unter einander vergleichbar. Der jetzige Ausgangspunkt für die in Deutschland gemessenen Höhen, das sog. Normal-Null (N.N.) 37 m unter dem Normalhöhenpunkt der Berliner Sternwarte gelegen, befindet sich nach den neuesten Ausgleichsrechnungen nur 66 mm (= 0,066 m) über dem Mittelwasser von Swinemünde und nur 3 mm (= 0,003 m) über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels (A. P.)[7]), welche beide früher als Ausgangspunkte für die Nivellierungen in den östlichen bezw. westlichen Provinzen Preussens dienten.

Hierbei mag auch darauf hingewiesen werden, dass zur Zeit für die Küstenkarten der seemännischen Nationen mit ihren zahllosen Tiefenzahlen leider kein einheitliches Niveau wie z. B. das Mittelwasser als Ausgangspunkt gilt, sondern bald vom tiefsten Niedrigwasser (Frankreich), bald vom mittlern Niedrigwasser (Nordamerika), bald vom mittlern Niedrigwasser der Springzeit (britische und deutsche Seekarten) ausgegangen wird, d. h. also jeder dieser Staaten hat sein eigenes Küstenkartenniveau[8]). Da dieses aber durchschnittlich niedriger ist als das des Mittelwassers, so erscheint — und dies ist im Binnenlande wenig bekannt — das Meer auf den Küstenkarten tatsächlich etwas flacher, als es bei Mittelwasser ist.

Das Mittelwasser ist an den Küsten auch periodischen Schwankungen ausgesetzt, welche wesentlich meteorologischen Ursprungs sind und besonders in geschlossenen Nebenmeeren jährlich in die Erscheinung treten. Die Anschwellung folgt teils der Schneeschmelze im kontinentalen Zufuhrgebiet (Schwarzes Meer), teils der Hauptregenzeit (Ostsee im August). Anfüllung und Aussüssung heben das Meeresniveau längs der Küsten, da das salzhaltigere Wasser bei

---

[4]) Strabo (I, Cap. III, § 11) verspottet wegen dieser Ansicht den Eratosthenes; s. auch Humboldt, Kosmos, Gr. Ausgabe, I, 1845, 24, 476. — [5]) A. Börsch, Vergleichung der Mittelwasser von Ost- und Nordsee, Atlant. Ozean und Mittelmeer, Berlin 1891. Auszug im Geogr. Jahrb. XVIII, 1895, 335 ff. — [6]) S. Nähere Angaben bei Penck, Morphologie I, 12 ff. — [7]) S. Börsch (Anm. 5). — [8]) Krümmel, Ozeanographie I, 1907, 66 ff.

gleicher Temperatur dichter ist und somit weniger Raum einnimmt als das ausgesüsste Wasser. Starke Verdunstung muss den Meeresspiegel umgekehrt tiefer legen (Mittelmeer im Sommer) und Dauerwinde können das Wasser aus den Nebenmeeren bis zur Erniedrigung der Strandlinie hinaustreiben, wie man im Roten Meere bei den Nordwinden des Sommers beobachtet hat. — Dazu treten im Gebiete grosser Luft- und Strömungswirbel schwache Ungleichheiten des Meeresniveaus, im Innern derselben Senkung, nach Aussen ein Ansteigen.

Eine solche Erscheinung hat man im Europäischen Nordmeer nachgewiesen, wo der Spiegel längs einer breiten Fläche von Island bis zur Nordspitze Norwegens durchschnittlich 1 m tiefer zu liegen scheint als an den umgebenden Küsten [9]).

§ 200. Die Tiefenmessungen und die Meerestiefen [10]). Die einfache Sonde besteht in einer mit einem Gewicht beschwerten Leine, deren Länge nach eingewirkten Abzeichen abgelesen werden kann (Handlot); das mit Talg bestrichene ausgehöhlte Ende des Lotes gestattet Bodenproben mit heraufzuholen. Es ist bei Untiefen und Küstenfahrten ein unentbehrliches Werkzeug der Nautik. Sollen die Ergebnisse zahlreicher Auslotungen zur Herstellung einer Karte der Plastik des Meeresbodens verwandt werden, so besteht die Schwierigkeit hauptsächlich in der genauen Feststellung des Schiffsortes bezw. der Lage der Einzellotung. Bei grösseren Tiefen kommt es darauf an, einerseits das Gewicht und den Reibungswiderstand, welchen die Hanfleine im Wasser in steigendem Masse erfährt, je tiefer das Gewicht sinkt, möglichst einzuschränken, andererseits den genauen Zeitpunkt des Aufstossens des Gewichtes auf dem Meeresboden festzustellen, um sofort die weitere Abwickelung der Leine einzuhalten. Je schwerer das Gewicht ist, um so rascher sinkt es in die Tiefe, die Schnelligkeit nimmt aber in gesetzmässiger Weise mit der Tiefe ab. Das Auftreffen des Gewichtes wird durch den Augenblick bezeichnet, in welchem in die Abwickelung eine Unstetigkeit kommt. Endlich stellt das Erfordernis, jenes schwere Gewicht aus grossen Tiefen wieder heraufzuwinden, gewaltige Anforderungen an die Spannkraft der Lotleine.

Alle diese Punkte haben zur Herstellung verschiedenartiger Lotapparate [10]) geführt, die, seit vierzig Jahren angewandt, die grossen Tiefen mit ausreichender Sicherheit bestimmen lassen, während die früheren Messungen höchst unzuverlässig waren. Als Lotleine wird jetzt der Stahldraht (Klaviersaite) angewandt. Die Trommel, von welcher er sich abspinnt, und deren Umdrehungen an einem Zählwerk abgelesen werden, besitzt eine mit wachsender Tiefe die Umdrehung verlangsamende Bremse, die den Apparat sofort zum Stillstand bringen lässt. Das Gewicht kann bei der Tragkraft des Stahldrahtes sehr beträchtlich sein. Tiefen bis zu 3000 m etwa lassen sich leicht und sicher auch durch das Thomsonsche Tiefenlot bestimmen. Dieses enthält in dem stabförmigen Gewicht eine nach unten geöffnete, oben geschlossene starke Glasröhre, die innen mit chromsaurem Silber belegt ist. Beim Fallen wird die eingeschlossene Luft komprimiert und

[9]) H. Mohn, Die Strömungen des europ. Nordmeeres. Erg.-Heft Nr. 79 zu Pet. Geogr. Mitt. 1885, Taf. 1, gibt, obwohl durch spätere Arbeiten Mohns berichtigt (Pet. Mitt. 1888, Lit.-Ber. 98), eine gute Vorstellung des oben geschilderten Vorgangs. — [10]) Vergl. die Abbildung und Beschreibung der Apparate in Krümmel, Der Ozean, 1902, 42 ff. u. Handb. d. Ozeanographie I, 1907, 73 ff.

das eindringende Seewasser zeigt durch Entfärbung des roten Chromsilbers genau an, bis auf welchen Raum die Luft zusammengepresst war. Daraus kann man dann den Druck und die Tiefe, bis zu welcher man gelangt ist, berechnen. — Die eigentlichen Tiefenlote trennen die Belastung von dem Lot (Brookescher Apparat). Ein hohler Eisenstab, bestimmt die Bodenproben aufzunehmen und am Draht befestigt, wird durch schwere eiserne Ringe belastet, die in einer am oberen Stabende befindlichen Auslösungsvorrichtung hängen; sie streifen sich also beim Wiederaufwinden des Lotes ab und bleiben am Meeresboden zurück. Bei einem Gewicht von 100 kg vermögen sie den hohlen Zylinder meist tief in den Boden zu stossen. Die Zeitdauer für eine einzelne Tiefseelotung und der Materialverlust bei einer jeden lassen es begreiflich erscheinen, warum die grossen Tiefsee-Expeditionen nicht am gleichen Orte zahlreiche Lotungen auszuführen pflegen.

Die Meerestiefen. Was die grösseren Meerestiefen betrifft, so kannte man im 18. Jahrhundert noch kaum eine solche von mehr als 2500 m. Die weit übertriebenen Lotungsbefunde von 14—15000 m aus der Mitte des 19. Jahrhunderts[11]) gehören der Zeit unsicherer Apparate an und sind später nicht bestätigt. Erst seit den sechziger Jahren verfügte man über zuverlässigere Instrumente für Tiefenmessungen. Durch 20 Jahre galt dann die an der Ostküste Japans gefundene Zahl von 8500 m (8573 m) als grösster Wert — also annähernd eine Tiefe, die der grössten Erhebung der Erdrinde über dem Meeresspiegel entspricht (Himálaja 8840 m), bis später noch weitere Vertiefungen des Meeresbodens im Stillen Ozean gefunden sind. In dem sog. Kermadec-Graben nördlich von Neuseeland (30° S, Atlas, Taf. 40) sinkt das Lot bis auf 9400 m (9427 m) herab[12]) und in dem tiefen Marianen-Graben im N der Karolinen ist 1899 sogar eine Tiefe von 9636 m (12° 40′ N und 145° 40′ O) gelotet worden. Sie galt als tiefste bis jetzt gefundene Einsenkung[13]), jedoch ist 1912 im Philippinengraben nahe der Nordspitze von Mindanao eine Tiefe von 9780 m gefunden. Aehnliche Tiefen hat man in den übrigen Ozeanen bis jetzt nicht entdeckt und die grösste Tiefe innerhalb der Nebenmeere, die man bisher fand, übersteigt 6500 m wenig[14]) (s. u.).

Seit eine grössere Reihe von Lotungslinien die Ozeane und Nebenmeere durchschnitten hat, hat es nicht an Versuchen gefehlt, durch Linien gleicher Meerestiefe (Isobathen) die einzelnen Tiefseebecken auf der Karte von einander zu scheiden. Bis jetzt ist dies begreiflicher Weise noch ein unsicheres Verfahren, das sich in weiten Gebieten nicht ohne Willkür durchführen lässt. Daher stimmen die Tiefenkarten zweier Autoren noch kaum überein; der Verlauf der Isobathen und damit die Gestalt der von ihnen umschlossenen Flächenfiguren tragen grosse Unterschiede der Auffassung zur Schau[15]), und

---

[11]) v. Boguslawski, Handbuch I, 57. — [12]) Pet. Geogr. Mitt. 1896, 69; tiefste Stelle 9427 m in 30° 28′ S, 176° 39′ W. — [13]) S. Geogr. Jahrb. XXIV, 1901, 181. — [14]) Geogr. Jahrb. XVIII, 1895, 207. Die frühere Messung von 7300 m gilt als unzuverlässig. — [15]) Man kann dies kaum schärfer markieren als durch Gegenüberstellung der Tatsache, dass die (allerdings schon aus 1889 stammende) Karte Bartholomews, welche den bisherigen Berechnungen der Weltmeertiefen meist zu grunde lag, für die Flächen unter 500 m etwa $25{,}_3$ Mill. qkm annahm (wenigstens nach den Berechnungen mittelst der hypsographischen Kurve),

eine einzelne neue Messung zwingt nicht selten, die Isobathen beträchtlich anders zu ziehen.

Der englische Faden. Misslich ist hierbei, dass zwei verschiedenartige Masse noch völlig gleichberechtigt zur Anwendung kommen, der englische Faden (Fathom) und das Meter. Es ist

$$1 \text{ englischer Faden} = 1{,}_{82877}\,^{m},$$

sodass man behufs Verwandlung von Faden in Meter annähernd vom Doppelten der Fadenzahl den zehnten Teil abziehen kann. 100 Faden = 2000 m — 200 m = 1800 m (genauer 1829 m). Für die grösseren Meere beschränkt man sich heute noch meist, die Isobathen von je 1000 zu 1000 Faden oder je 2000 zu 2000 m einzuzeichnen. Es sind[16]):

100	Faden	=	183 m	rund	200 m	3000	Faden	=	5486 m	rund	5500 m
500	„	=	914 m	„	910 m	3500	„	=	6401 m	„	6400 m
1000	„	=	1829 m	„	1800 m	4000	„	=	7315 m	„	7300 m
1500	„	=	2743 m	„	2700 m	4500	„	=	8229 m	„	8200 m
2000	„	=	3658 m	„	3700 m	5000	„	=	9144 m	„	9100 m
2500	„	=	4572 m	„	4600 m	5500	„	=	10058 m	„	10100 m

§ 201. Die Gestalt des Meeresbodens[17]). Die Zahl der heutigen Messungen genügt bereits, um zu erkennen, dass weite, fast ebene Flächen am Meeresgrunde durchaus vorherrschen und ein lebhafterer Wechsel der Bodenneigung zu den Seltenheiten gehört. Von den früher vermuteten Seegebirgen, die man mit den festländischen Massen- und Kettengebirgen in Vergleich stellen könnte, hat man nichts gefunden. Wohl sind viele Gegenden des Meeres reich an vulkanischen Aufschüttungen, auch abgesehen von den als Vulkan- oder Koralleninseln aufragenden Pfeilern[18]), aber was an zusammenhängenden Erhebungen

---

während die Darstellung Supans auf seiner „Tiefseekarte des Weltmeeres“ (Pet. Mitt. 1899) der Stufe unter 5000 m eine Fläche von mehr als 60 Mill. qkm zuweist, vergl. hierzu die Tabelle S. 279. — [16]) Umrechnungstabellen von Faden in Meter und umgekehrt im Geogr. Jahrb. VII, 1878, 664; daraus in Krümmel, Handb. d. Ozeanographie I, 1907, Anhang etc. — [17]) Die drei Haupttiefenkarten der grossen Ozeane in den Seeatlanten der deutschen Seewarte (S. 499) geben in Merkatorprojektion, 1 : 56 000 000, die Tiefsee-Isobathen in je 1000 m. Von den ältern Tiefseekarten der Erde absehend, verweisen wir zunächst wieder auf die sorgfältige Bearbeitung allen älteren und neueren Materials auf der „Tiefenkarte des Weltmeeres“ (Aeq.-Massst. 1 : 80 000 000), mit welcher A. Supan 1899 seinen Aufsatz „Die Bodenformen des Weltmeeres“ (Pet. Geogr. Mitt. 1899, 177—188) begleitete. Die Karte enthält die Isobathen für je 1000 m, aber keine Tiefenziffern einzelner Lotungen. Gegen die Farbenwahl (Braun, Grün, Blau, Violett, Rot) liesse sich nicht viel einwenden, wäre nicht ungünstiger Weise für die Stufe zwischen 4000 m und 5000 m ein ganz helles Blau gewählt, das nun zwischen dunklem Grün (3–4000 m) und dunklem Blau (5—6000 m) derart absticht, dass unser Auge, das an mit der Tiefe wachsende Schatten gewöhnt ist, grosse Schwierigkeit hat, sich diese hellen Flächen als tiefer denn die dunkelgrünen vorzustellen. Einheitlich ist dagegen die farbige Abstufung auf den Karten des grossen Tiefsee-Atlas von 26 Bl. des Fürsten v. Monaco: Carte générale bathymétrique des Océans, Monaco 1905, in 1 : 10 000 000. Von J. Thoulet entworfen und Ch. Sauer bearbeitet, enthält er neben den Isobathen von 200 m, 500 m, 1000 m, 2000 m etc. die grosse Mehrzahl der Lotungen eingetragen. Die Polarkalotten zw. 72° Br. u. 90° je 4 Bl. in gnomonischer Polarprojektion, die Flächen zw. 72° N u. 72° S in Merkatorproj. Vergl. hierzu Krümmels krit. Bemerkungen in Pet. Mitt. 1905, Lit.-Ber. 800. — [18]) S. in betreff der Gegenden mit steilen unterseeischen Böschungen: O. Krümmel, Ozeanographie I, 1907, 98.

die benachbarten grossen Senkungen überragt, trägt durchaus den Charakter der breiten Landschwellen oder des Tafellandes an sich, die mit sanften Böschungen sich zu den grösseren Tiefen neigen. Wir sprechen [19]) diese Grossformen des Bodenreliefs als unterseeische Plateaus an, wenn sie etwas steilere Randflächen haben; bei flacherer Erhebung hat man sie als Schwellen bezeichnet, und, wenn sich solche nach einer Richtung im besonderen Masse ausdehnen, als Rücken. Auch unter den Kleinformen finden sich Rücken vor. Die sich dem Meeresspiegel nähernden Einzelerhebungen gliedern sich in Kuppen und Bänke und, wenn sie der Schiffahrt gefährlich werden können (d. h. sich bis —11 m erheben), spricht man von Riffen, Gründen. Diesen Vollformen stehen dann wie auf dem Festland, eine Reihe von Hohlformen gegenüber. Die tieferen Senken zwischen jenen Erhebungen zerfallen in Becken und Mulden oder bei steiler gestellter Umrandung in Gräben [20]), Buchten und Rinnen, deren tiefste Stellen den Namen Tief [21]) führen. Kessel und Furchen sind die Namen für die entsprechenden Kleinformen.

Der wesentlichste Unterschied der Formen des Meeresbodens gegenüber denen der trockenen Landfläche besteht in dem Vorherrschen grösster Formen, in der Abwesenheit jener die Oberfläche im einzelnen ausgestaltenden Kleinformen, wie sie wesentlich den Atmosphärilien zu verdanken sind; es fehlt die Ausfurchung des Bodens durch strömendes Wasser. Abgesehen vom Gebiet der Flachsee, deren ausgesprochene Ebenheit der ausgleichenden Arbeit der Meereswellen entstammt, und der Meeresstrassen, wo Unterströmungen oft bis zu bedeutenden Tiefen den Ablagerungen entgegenarbeiten und die Zugänge offen halten, ist in den Tiefen des Meeres keine den Boden benagende Kraft wirksam. Derselbe ist die Stätte unausgesetzter Ablagerung und Auflagerung. Hierdurch werden mit der Zeit auch die durch vulkanische Kräfte hervorgerufenen Unebenheiten gemildert. Aber eben der grosse Reichtum an unterseeischen Vulkanbergen und Ausbrüchen beweist, dass am Meeresboden in tektonischer Hinsicht von völliger Ruhe nicht gesprochen werden darf. Manche Bänke lassen sich daneben unschwer auf Senkungen des Meeresbodens zurückführen, durch welche Inseln unter Wasser gesetzt werden (Tschagos-Bank im Süden Indiens, Taf. 35). Es wird sich nun freilich für immer der unmittelbaren Forschung entziehen, in welcher Weise die den tiefen Meeresboden zusammensetzenden Schichten gelagert

---

[19]) A. Supan, Die Bodenformen des Weltmeeres (Anm. 17). Krümmel Ozeanogr. I, 100 ff. Die Supanschen Vorschläge der allg. Terminologie der Bodenformen haben die Zustimmung der vom internationalen Geographenkongress 1899 eingesetzten Kommission gefunden, s. Pet. Mitt. 1903, 151. — [20]) Supan (a. a. O.) will den Namen Graben für diejenigen schmalen und langgestreckten Einsenkungen vorbehalten wissen, bei denen der eine (Kontinental-) Rand wesentlich höher als der andere (nach der offenen See zu gekehrte) ist. — [21]) Sir John Murray unterscheidet auf den 3 Karten des Schlussbandes des grossen Challenger-Werkes (Summary of scientific results I, 1895) unter den Flächen, die von niedrigen Rücken umgeben sind, „Basin“ (Becken) und „Deep“ (Tiefe), letztere auf Tiefen unter 3000 F. (5500 m) beschränkend; das ist wohl ein zu mechanisches Verfahren.

sind. Im allgemeinen aber sind die Höhenunterschiede zwischen unterseeischen Plateaus und benachbarten Becken zu gross, als dass sich erstere durch einen verschiedenen Grad von Sediment-Auflagerung erklären liessen. Man wird die Mehrzahl der Erhebungen wie Einsenkungen auf schwache Verbiegungen der Erdrinde und längs der steilen Abfälle auf Flexuren und Brüche zurückführen dürfen, ohne, wie gesagt, den Nachweis wie auf dem Lande durch Aufschlüsse und Bohrungen liefern zu können.

Von den verhältnismässig steilen Böschungen mancher Inselsockel, die ja zugleich Teile des Meeresbodens sind, ist bereits bei den Vulkaninseln gesprochen worden (S. 488). Bei Koralleninseln neigt sich der Aussenrand der Riffe auf kurze Strecken in der Tat so steil wie die geradesten Talwände abwärts. Neben diesen rein lokalen Erscheinungen zeigen sich aber auch längs langgestreckter Stufenränder steile Böschungswinkel, also grosse Höhenunterschiede auf nahbenachbartem Gebiete. Jede Karte mit zahlreicher eingetragenen Isobathen lässt solche Stellen leicht auffinden. Sie gehören vor allem der Region des Kontinentalabhangs an, den wir vorgreifend bereits früher den beiden schwächer geneigten Regionen der Flachsee und Tiefsee gegenübergestellt haben (S. 280).

Alle Kontinentalränder begleitet ein bald schmälerer, bald breiterer Gürtel von Flachsee, die sogenannten Schelfe (S. 280), eine meist sehr ebene Stufe, deren Grenze im allgemeinen längs der Isobathe von 200^m angenommen werden kann, weil dort sich eine steilere Böschung einzustellen pflegt. Aber manchmal findet diese Randstufe schon bei 50^m—100^m ihre Grenze, mitunter zieht sie sich mit verschwindender Neigung bis zu 300^m—400^m hinab, um erst dann rascher in die Tiefe zu fallen. Bei Steilküsten kann der vorgelagerte Schelf oft als eine durch die Brandungswelle bei positiver Strandverschiebung entstandene Strandterrasse (S. 465) angesehen werden. Wo der Flachseeboden beträchtlichere Unebenheiten zeigt, hat man es dagegen zumeist mit einer über Wasser umgestalteten, dann aber untergetauchten Landschaft zu tun; häufig ist diese vor Flussmündungen noch von Talsenken durchzogen, die bis zu gewaltigen Tiefen in ihre Sohle eingeschnitten sind[22]) (Atlas, Taf. 29, Golf von Viscaya gegenüber der Adourmündung)[23]).

Der Kontinentalabhang. Die Neigung des Uebergangsgebietes, das von der Flachsee zu den tieferen Becken führt, steht dem mittleren Böschungswinkel unserer Hochgebirge kaum nach und kann 4^0, 5^0, ja mehr Grad erreichen. Man verkennt dies Verhältnis deshalb gewöhnlich, weil unsere Gebirgskarten uns die viel steileren Böschungen der einzelnen Talwände vor Augen führen.

In derartige Anschauungen muss man sich durch zahlreiche selbst ausgeführte Ausmessungen auf Karten einzuleben suchen. Der mittlere Neigungswinkel der Alpengipfel gegen die benachbarten Ebenen ist kaum irgendwo grösser

[22]) Linhardt, Ueber unterseeische Flussrinnen, Jahresber. d. Geogr. Ges., München XIV, 1890/91, 21 ff. — [23]) Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 23. Capbreton-Tiefe 1 : 500 000.

als am Südabhang des Monte-Rosa-Stocks gegen Biella (Atlas, Taf. 24). Bei 50 km Entfernung ist der Höhenunterschied 4400 m, der mittlere Neigungswinkel aber doch nur $4{,}_4 : 50 = 0{,}_{09} = 5°$ (Atlas, Taf. 5). Beim Verfolg der 200 m und 2000 m-Isobathe längs der südeuropäischen Küsten wird man zahlreiche Stellen finden, wo diese Linien sich auf 20 km nähern. Dort ist also der Neigungswinkel auch $1800 \text{ m} : 20\,000 \text{ m} = 0{,}_{09} = 5°$. Leicht entdeckt man aber auf solchen Tiefenkarten Gegenden, wo die Böschung $10° - 20°$ beträgt wie an der Südwestecke Kretas (Taf. 26) oder im Südosten Siziliens (Taf. 27).

Der Boden der Tiefsee oder des eigentlichen Meeresgrundes mag noch ungleich zahlreichere Vulkanberggipfel tragen, als wir heute ahnen; die grossen reihenförmigen Querlinien von Tiefenmessungen haben aber seine Allgemeingestalt als schwach geneigte Flächen, als Flachgrund klar gelegt. Wie wir die Hochplateaus unter der Gruppe der Hochländer abscheiden konnten (S. 381), so kann man die wahren Depressionsgebiete als Tiefbecken oder „Tiefen" im engeren Sinne unterscheiden. Nur lässt sich noch schwerer als beim Festland ein bestimmter Schwellenwert für diese Unterscheidung angeben, sobald es sich nicht wie bei früheren Betrachtungen um Masseneffekte theoretisch zusammengefasster Hohlräume handelt (S. 281), sondern die wirklich vorhandenen Formen ins Auge gefasst werden sollen. Es ist ein Unterschied, ob inmitten eines langsam sich nach der Mitte zu neigenden mächtigen Tiefseebeckens noch Vertiefungen, die den Schwellenwert übersteigen, finden, oder ob solche Einsenkungen sich plötzlich und unvermittelt im Relief bemerkbar machen. Will man den neuen Tiefenkarten trauen, so würde sich daraus das bemerkenswerte Resultat ergeben[24]), dass innerhalb des weiten Flachgrundes der Ozeane nur selten sich Einsenkungen von mehr als 6000 m, und wie es scheint, keine von 7000 m und mehr finden. Dagegen treten diese beträchtlichen Tiefen und noch grössere ausschliesslich in der Reihe langgestreckter Gräben auf, welche man auf Grund der neuen Tiefenmessungen längs verschiedener Kontinentalränder annehmen muss (§ 204).

§ 202. Benennung und Begrenzung der Ozeane[25]). Ein kurzer Blick in die Geschichte der Erdkunde lehrt uns, dass Ausgangspunkt und Gang der Entdeckungsgeschichte oft für Jahrhunderte massgebend sind, um Namen für Meere und Meeresteile festzulegen, die die gelehrte Geographie erst Jahrhunderte später prüfte und in festere Grenzen einschloss.

Das Mittelmeer ist die Heimat der Nautik. Im Verhältnis zu diesem ist es begreiflich, wie sich solange die Namen der Westsee (Oceanus occidentalis) und Ostsee (Oceanus orientalis) für das, was wir jetzt das Atlantische und Indische Meer nennen, erhalten konnten. Daneben findet sich schon im Altertum derjenige eines Mare atlanticum, aber beschränkt auf die Gewässer längs der Aussenküsten Europas, also als Teil der Westsee. Das Zeitalter der Entdeckungen hat diesen beiden die Namen der Südsee (Mar del Sur) und Nordsee (Mar del Norte) hinzugefügt, die für uns unverständlich wären, vergegenwärtigten wir uns nicht, dass sie von jenem Teil Zentralamerikas ausgegangen sind, der sich ostwestlich streckt. Seit Balboa 1513 den Isthmus überschritt und von Norden

[24]) A. Supan, Die Bodenformen d. Weltmeeres (Anm. 17). — [25]) O. Krümmel, Versuch einer vergleich. Morphologie der Meeresräume, 1879, Einleitung.

kommend ein neues Meer gen Süden vor sich sah[26]), seine „Südsee", breitete sich von hier aus rückwärts der Name des Nordmeeres allmählich über das ganze nordatlantische Becken aus, obwohl er für die Europäer keinen Sinn hatte. Das südatlantische Becken hiess, weil jenseits Aethiopiens gelegen, das Aethiopische. Gleichzeitig bürgerte sich der Name des Indischen Meeres ein. Die treffende Bezeichnung des Stillen Meeres (Mar Pacifico), die Magalhães dem Meere im W. Amerikas infolge seiner sturmlosen Fahrt von 1520/21 gab, hat sich ganz allmählich neben der der „Südsee" behauptet. — Obwohl nun z. B. Varenius für den Begriff eines einzigen „Atlantischen Ozeans" zwischen alter und neuer Welt schon 1650 eintrat, ihm das nördliche und südliche Becken unterordnend, nimmt ihn die Kartographie erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts an. — Dagegen zeigt sie sich gefügiger gegen die Anregung des Franzosen Buache (1752), der dem Mar del Sur den Namen des Grossen Ozeans vorbehalten wollte[27]). Die Berechtigung desselben ist früher dargelegt (S. 282). Die nautischen Kreise, Neuerungen von jeher wenig zugänglich, behalten bis heute den Namen der Südsee bei, der geographisch kaum gerechtfertigt ist, denn es handelt sich dabei um ein vom Aequator so ziemlich halbiertes Meer.

Schwierigkeiten bereitete den Theoretikern immer die südliche Begrenzung der offenen Ozeane. Hier entstand zu verschiedenen Zeiten ein neuer Südozean (Ozeanus australis, Southern Ocean), dem z. T. das ganze Indische Meer als mächtiger Busen zugehören sollte, während ihn andere auf die Zone vom Polarkreis bis zum 50° S (oder auch bis zur Treibeisgrenze) beschränkt wissen wollten, bis ihn die Engländer (1845) durch eine vorläufige Aufteilung auf die drei Hauptozeane wieder verschwinden liessen. Als konventionelle Grenzen wurden die drei von den Südspitzen der Kontinentalmassen zum Polarkreis verlaufenden Meridiane (S. 282) eingeführt (Atlas, Taf. 6) und die Polarmeere hinter die Polarkreise zurückgedrängt[28]).

So hat man also früher die Meeresräume ausschliesslich nach der festländischen Begrenzung des Meeresspiegels eingeteilt und im Bedürfnis für die Grössenangaben Anhaltspunkte zu gewinnen, auch rein ideelle mathematische Grenzlinien nicht verschmäht. Seit den Errungenschaften der letzten Jahrzehnte ist dies Verfahren nicht mehr statthaft. Diese haben uns neben den Tiefenverhältnissen selbst den grossen Gegensatz kennen gelehrt, welcher zwischen einer dünnen oberflächlichen Schicht und den grossen Tiefseemassen der Meere besteht. Wenn sich diese letzteren in unendlichen Zeiträumen auch langsam verschieben, so erscheinen sie doch in Ruhe im Verhältnis zu dem belebenden Wechsel der Temperatur und vor allem der Strömungen, die sich in den oberen Schichten vollziehen. Die Strömungskarten müssen wir mit zu Rate ziehen. Hier wird der Kreislauf selbständiger Stromsysteme wesentlich mit durch die horizontalen Umrisse der Meere bedingt[29]). Somit wird die Erstreckung der Flachsee bei Einteilung und Begrenzung mit eine Rolle übernehmen müssen. In zweiter Linie kommen unterseeische Schwellen und Rücken dabei in Betracht. Vielfach ruhen Inselketten auf gemeinsamen unterseeischen Plateaus, sodass die äussere Meeresbegrenzung durch jene Inseln damit zugleich eine solche nach der Tiefe ist. Statt längs des Polarkreises ziehen wir folgerichtig jetzt die Grenze des nordatlantischen Beckens und des europäischen Nordmeeres über den Färöer-Rücken, der Schottland mit Island verbindet. Aber am Südende der Ozeane fehlen, soweit wir heute wissen, solche westöstlich streichenden Schwellen gänzlich,

---

[26]) Peschel, Gesch. d. Erdk., 1877, 262. — [27]) Mém. de l'acad. roy. des sciences 1752 (Paris 1756). — [28]) Dies schon 1845 in England vorgeschlagene Uebereinkommen ist erst 1893 publiziert (The Geogr. Journal London, I, 535). — [29]) O. Krümmel, Morphologie der Meeresräume, 1879, 35.

sodass es richtiger erscheint, hier ein Südpolarmeer verschwinden und die Ozeane bis an die Küsten der Antarktis sich ausdehnen zu lassen.

Hinsichtlich der Benennung der Tiefseegebiete stand die junge Wissenschaft der Ozeanographie keinen historischen Ueberlieferungen wie auf den Festländern gegenüber, sie hatte offenes Feld. Leider verständigte man sich nicht gleich anfangs über eine richtige Grundlage des Vorgehens. Es herrscht daher so wenig Uebereinstimmung, dass die meisten Karten der Meerestiefen überhaupt jede Benennung vermeiden. Während die Engländer[30]) Schiffsnamen und solche bekannter Hydrographen für die Becken und Rücken wählen, ziehen die Deutschen[31]) mit Recht geographische, von benachbarten Kontinenten, Inseln und Küsten hergenommene Namen vor. Das reicht freilich für einzelne, mitten im insellosen Ozean liegende Tiefen oder Erhebungen nicht aus. Eine internationale Vereinbarung wird daher zu einer Kombination beider Methoden führen müssen[32]).

§ 203. Mitteltiefen der Einzelmeere. Die Methoden, mittelst deren die mittleren Meerestiefen bestimmt werden, unterscheiden sich in nichts von den früher besprochenen zur mittleren Berechnung der Höhen (S. 259). Am sichersten geht man bei dem ebenen Verlauf des Meeresbodens zur Zeit wohl immer noch auf dem Wege der Feldermethode, welche die mittlere Tiefe von Gradfeldern (Fünf-, Zwei-, Ein-, Halbgradfeldern) berechnet oder abschätzt und in geeigneter Weise das Mittel zieht. Dies Verfahren bietet den Vorteil, rasch auch die Mitteltiefen beliebiger Gruppen benachbarter Gradfelder zu bestimmen[33]).

Die Mitteltiefe, die man bisher fast allein berechnet hat, gibt uns freilich keinen richtigen Anhalt für die mittlere Tiefe der Grund- oder Sohlenfläche der Meere, da sie die Randstufen oder die Böschungen der Becken gleichmässig mit in Rechnung zieht. Diese mittlere Tiefe der Grundfläche ist es, welche man allein der mittleren Höhe des Plateaus (S. 381) gegenüberstellen kann. Bei ganz flachen Meeren fallen beide Werte zusammen, und ebenso überwiegt bei den grossen Ozeanen die ausgedehnte Grundfläche derart die Randstufen, dass sich Mitteltiefe und mittlere Tiefe der Grundfläche nur wenig unterscheiden.

Ohne Rücksicht auf die zugehörigen Nebenmeere kann man die Mitteltiefe der drei grossen Ozeane, wenn man sie im S bis zu den hypothetischen Küsten der Antarktis ausdehnt, wie folgt annehmen[34]):

Grosser Ozean . . .	4100 m	(grösste z. Z. bekannte Tiefe	9780 m)
Atlantischer Ozean .	3860 m	(„ „ „ „ „	8526 m)
Indischer Ozean . .	3930 m	(„ „ „ „ „	7000 m)

[30]) S. besonders die Murrayschen Karten zum Challenger-Werk (Anm. 21). — [31]) Die Karten der Deutschen Seewarte; Supans Tiefseekarte (s. Anm. 17). — [32]) Eine auf dem VII. Internat. Geogr.-Kongress zu Berlin 1899 zur Ausarbeitung von Vorschlägen gewählte Kommission (s. Verh. d. VII. Intern. Geogr.-Kongr. Berlin, I, 164—171, II, 370—392) hat sich bisher nur über die Gattungsnamen der Bodenformen (s. Anm. 19), nicht aber über die Einzelbenennungen verständigt. — [33]) Karstens, Neue Berechnung der mittl. Tiefe der Ozeane nebst Kritik der verschied. Berechnungsmethoden, Kiel 1894. Ausführlich sind die einzelnen Methoden besprochen von Krümmel, Ozeanographie I, 137 ff. — [34]) Diese Zahlen sind abgerundet den neuern Berechnungen Krümmels (a. a. O. 144) entnommen. Die wesentlich grössere Tiefe des Indischen Ozeans erklärt sich aus den Ergebnissen der neuen Tiefseeforschungen.

Grössere Gegensätze treten aber bei Ingressionsmeeren wegen ihres vielfach kesselförmigen Charakters hervor. So erreicht die mittlere Grundflächentiefe im nördlichen und südlichen Teil des Karibischen Meeres etwa 4000 m, während die mittlere Beckentiefe 2500—2700 m nicht übersteigt. In der Celébes See und Banda See liegt die Grundfläche im Mittel 4500 m unter dem Meeresspiegel, während die ausgeglichene Mitteltiefe 2900 m beträgt. Bei Nebenmeeren, welche, wie das Australasiatische, die China See oder das Beringsmeer aus tiefen Ingressionsbecken und ganz flachen Transgressions-Schalen oder Schelfen zusammengewachsen sind, gibt die Mitteltiefe also ein falsches Bild der Bodenplastik.

Trägt man den Tiefenverhältnissen bei Einteilung der Meeresräume etwas mehr Rechnung, so empfiehlt es sich, vom Begriff des Südchinesischen Meeres (Taf. 39) die flache Malayen See (Bórneo See) zwischen Malakka und Bórneo auszuschliessen. In der nachfolgenden Uebersicht wird daher auch das sog. Australasiatische Mittelmeer (A. M.) in seine einzelnen Bestandteile zerlegt[35]), die flache Arafura See vereinigen wir dabei mit dem Carpentaria Golf zum Nordaustralischen Flachmeer (Atlas Taf. 39).

Ingressionsmeere[36]).

	Fläche qkm	Mitteltiefe Meter	Grösste Tiefe Meter
1. Arktisches Mittelmeer	14000000	1200	3900
Baffin Bai	(750000)	(750 (?)	(1920 (?)
2. Amerikanisches Mittelmeer	(4580000)	(2100)	(6269)
Süd-Kariben See	1870000	2500	5200
Nord-Kariben See	750000	2700	6269
Golf von Mexico	1560000	1550	3875
Bahama See	406000	1100	4250
3. Golf von Kalifornien	167000	1000	2904
4. Romanisches Mittelmeer	(2970000)	(1450)	(4400)
Ponente Meer (westl. Mittelmeer)	840000	1600	3730
Sizilisches Meer (ö. bis 15° O)	200000	350	1630
Ionisches Meer	570000	2100	4400
Adria	130000	250	1223 [36a])
Levante Meer	620000	1700	3350
Griechisches Inselmeer	150000	300	2200
Schwarzes Meer	460000	1200 [37])	2600
5. Rotes Meer [38])	460000	490	2249

[35]) Dem Australasiatischen Mittelmeer gibt Krümmel eine Fläche von 8125000 qkm und 1089 m Mitteltiefe. — [36]) Die obigen Zahlen schliessen sich möglichst an die neuesten Krümmelschen an, doch lassen sich diese bei dem Mangel einer Karte, in der die Abgrenzung genauer angegeben ist, nicht durchweg nachprüfen. Auch gibt er keine Einzelwerte für die Bestandteile der Mittelmeere; deshalb ist mehrfach auf Karstens Arbeit (Anm. 33) zurückgegriffen, an die sich auch Krümmel vielfach anschliesst. — [36a]) Mitt. d. k. k. Geogr. Gesellsch. Wien LV, 1912, 198. — [37]) Neu berechnet zu 1197 m von J. B. Spindler und F. v. Wrangell, s. Pet. Mitt. 1901, LB. 583. — [38]) Die ganz fehlerhafte Zahl von 579416 qkm für die Fläche des Roten Meeres, der man öfter begegnet, rührt von W. Weber (Der Arab. Meerbusen, Diss., Marburg 1888 und daraus auch in Pet. Mitt. 1888, 270) her, welcher das Ergebnis seiner Ausmessung von 8399 geogr. Qmln. mit einem gänzlich falschen Reduktionsfaktor zu 579416 qkm (statt zu 462456) berechnete und meinte, Krümmel habe 1879 nur deshalb viel weniger erhalten, weil er auf einer Karte kleinern Massstabes gemessen habe.

	Fläche qkm	Mitteltiefe Meter	Grösste Tiefe Meter
6. Andamanen See (A. M.)	800000	800	3156
7. Die Molukken Seen (A. M.) . . . (Banda-, Celébes-, Sulu-See)	2770000	1600	6505
8. Chinesisches Südmeer (A. M.) . . .	2140000	1500	5250
9. Japanisches Meer[39])	1040000	1500	3575
10. Ochotsker Meer	1500000	1300	3370
11. West-Beringsches Tiefmeer (s. Nr. 21)	1530000	1600	5700
Summe (rund) . .	32000000	—	—

Transgressionsmeere.

	Fläche qkm	Mitteltiefe Meter	Grösste Tiefe Meter
12. Hudson Bai	1220000	130	202
13. St. Lorenz Golf	220000	130	572
14. Britische Randseen	213000	62	263
15. Nordsee[40])	572000	94	665
16. Ostsee[40])	406000	55	463
17. Persischer Golf	233000	25	122
18. Malaiischer Schelf (Java See, Bórneo See, Golf von Siam)	1900000	60	?
19. Nordaustralischer Schelf (Carpentaria Golf und Arafura See)	1280000	70	?
20. Chinesisches Ostmeer	1240000	180	1100?
21. Ost-Beringscher Schelf (s. Nr. 11) .	740000	80	?
Summe (rund) . .	8000000	—	—

Von den Transgressionsmeeren oder Schelfen scheinen also nur wenige eine Mitteltiefe von mehr als 100 m zu besitzen. Uebrigens sind unter diesen Flachmeeren nicht enthalten die grossen Schelfe längs der Kontinentalküsten[41]), welche keine geschlossenen Meeresbecken bilden; ebenso ist in obigen Ingressionsmeeren die Korallensee (4 Mill. qkm) im O. Australiens nicht inbegriffen.

§ 204. Erläuterungen zur Tiefseekarte der Erde. Der am besten durchforschte Atlantische Ozean zeigt in der Mittelachse einen die Zickzacklinie der Ufer wiederholenden unterseeischen Rücken (Atlantische Schwelle), über dem das Senkblei selten mehr als 3000 m herabsinkt. Als Südatlantischer (oder Challenger) Rücken zieht er sich von Tristan da Cunha nordwärts bis zum Aequator. Nach einer Einsenkung, die südwestwärts zu einer sehr tiefen Rinne führt (bis 7000 m), erstreckt sich die Erhebung nach NW, um als Nordatlantische Schwelle unter dem Wendekreis sich nordostwärts zu wenden und zum Azoren-Plateau (Dolphin Rücken) auszubreiten. — Hierdurch werden die grossen atlantischen Mulden, die sich wieder in einzelne Becken und Mulden gliedern, längs der beiden kontinentalen Seiten geschieden. Gehen wir wieder vom S aus. Die Ostatlantische Mulde beginnt mit einer mehr als 5000 m tiefen,

[39]) Die auffallend grössere Mitteltiefe des Japanischen Meeres (nach Karstens nahmen wir in 6. Aufl. 1100 m an) rührt von O. Krümmel her, der sie zu 1530 m angibt (?) (I, 144). — [40]) Angaben nach Krümmel (a. a. O. 144); entgegen seinen frühern Annahmen ist jetzt von ihm das Skager Rak (24000 qkm) zur Nordsee gerechnet. — [41]) S. deren Flächen abgeschätzt bei Krümmel a. a. O. 113.

aus hohen Breiten nordwärts ziehenden Mulde, die fast bis zum Wendekreis reicht (Kapmulde). Eine quer vom Atlantischen Rücken bis gegen die Walfisch Bai ziehende Schwelle scheint die Nordgrenze für die kalten Polargewässer der Tiefe in der Kapmulde zu bilden. Denn das Tiefenwasser des von hier bis über den Aequator reichenden Westafrikanischen Beckens ist um 2° wärmer als das der Kapmulde. Etwa u. 10° N beginnt die Hauptmulde sich wieder bis unter 5000 m zu senken. Man kann die sich von hier bis in die Breite Portugals erstreckenden Einsenkungen der östlichen Hauptmulde die Nordafrikanische Mulde nennen. — Auch im W werden die tiefern Becken durch eine Querschwelle, die sich von der südbrasilianischen Küste zwischen 30° und 40° S ostwärts zum mittlern Rücken zieht, von den polaren Becken getrennt. Das breite Brasilianische Becken (0° — 30° S) zeigt einzelne Einsenkungen bis über 6000 m. Ausgedehnter ist das Nordatlantische Becken mit ähnlichen Einsenkungen. Im Süden beginnt es mit der schmaleren Westindischen Mulde, an deren Westrand im Puertorico Graben das Senkblei erst bei 8500 m den Boden erreichte. Zwischen den Azoren und der Neufundlandsbank sich gleichfalls verschmälernd hat die Westatlantische Mulde ihre Fortsetzung im Labrador Becken (bis 4400 m). Eine Schwelle von rund 700 m scheidet von diesem das Becken der Baffin Bai. Im NO findet der Boden des Atlantischen Ozeans seine Grenze an dem von Schottland über die Färöer nach Island und von dort nach Grönland hinüber ziehenden Rücken (Isländischer Rücken), der, bis über 500 m unter dem Meeresspiegel hinaufreichend, verhindert, dass das kalte polare Tiefenwasser sich mit dem des Ozeans mischt (S. 531).

Das Bodenrelief der beiden anderen Ozeane scheint sich, soweit wir es heute beurteilen können, in einfacheren Verhältnissen zu bewegen. Der Indische Ozean, in weiten Erstreckungen gleichförmig ca. 4000 m tief, hat im Osten bis über 5000 m tiefe Becken, deren nördlichstes, zwischen den Sunda-Inseln und Australien sich auskeilend, zugleich hart an jenen Inseln einen der tiefen Gräben (Sunda Graben 7000 m) einschliesst, während das südlichere sich längs der Südküste Australiens hinzieht. Im Innern des Hauptbeckens bietet der schmale von den Malediven bis zu den Tschagosinseln reichende Tschagos Rücken so wie die breitere Schwelle, auf der sich die Seychellen und die Maskarenen erheben (Maskarenen Schwelle), die hauptsächlichste Gliederung. Madagaskar ist durch die Mozambique Schwelle von weniger als 2000 m Tiefe mit Afrika verbunden. Im S dieses Ozeans scheint sich eine tiefe Mulde (über 5000 m) zwischen den breiteren Schwellen, auf denen sich im W die Crozetinseln, im O die Kerguelen erheben, meridional bis zu den tiefern Becken zu erstrecken, welche die Valdivia-Tiefseeexpedition längs des 60° S aufgedeckt hat.

Im Grossen Ozean findet eine allmähliche Senkung von Südost nach West und Nordwesten statt. Zwar finden wir an der Peruanischen Küste ein bis über 4000 m tiefes Becken, das hart an der Küste den schmalen Atakama Graben (bis 7600 m) in sich

schliesst. Dann aber breitet sich bis zu der Gruppe der Niedrigen Inseln und nordostwärts über die Galápagos Inseln bis nach Zentralamerika reichend eine einförmige Schwelle von weniger als 4000 m aus. Sie ist im N und W von tiefern Gewässern umgeben, die sich dann in der Westhälfte des Ozeans sowohl gegen Neuseeland hin als gegen Ostasien hin bis unter 5000 m herabsenken. Hart am ehemaligen Kontinentalrand hat man in dem Kermadec- und Tonga-Graben die gewaltigen Tiefen von 9000 m, ja 9400 m gefunden. Ob nun die grosse Westhälfte des nördlichen Stillen Ozeans abgesehen von der ausgedehnten Schwelle, auf der sich die Hawaii Inseln erheben, überall mehr als 5000 m Tiefe besitzt, wie neuere Ozeanographen annehmen[42]), ist noch fraglich. Jedenfalls ist dieser Teil des Ozeans wiederum durch drei der merkwürdigen Tiefseegräben ausgezeichnet, in denen das Senkblei stets mehr als 6000 m herabsinkt. Der schmalste scheint der Alëuten Graben (7400 m) zu sein, der sich längs der gleichnamigen Inselkette bogenförmig herumzieht. Weit ausgedehnter an Fläche ist die Japanische Senke von sichelförmigem Umriss mit der Tuscarora Tiefe (8500 m). Auch hat sich ein solcher Graben zwischen den Marianen und den Westkarolinen ergeben, der durch eine der grössten Meerestiefen (9636 m), die man bisher aufdeckte, ausgezeichnet ist (Marianengraben). Noch tiefer senkt sich jedoch (bis 9780 m) der Philippinen-Graben im O dieser Inselgruppe (S. 504).

Das Nördliche Eismeer, aus zwei bis 3600 m reichenden tiefen Becken bestehend[43]), das wir nach obigem bei der Islandschwelle beginnen lassen, ist auch mannigfaltig gestaltet. Den Süden nimmt zwischen Norwegen, Spitzbergen und Grönland das Europäische Nordmeer ein. Längs des Nordrandes von Asien breitet sich ein mächtiger Schelf aus, bis nach Franz-Joseph-Land und Spitzbergen reichend. Dieser hat vor allem Veranlassung zu der frühern Annahme gegeben, dass das Arktische Polarmeer durchweg Flachsee sei. Aber die Forschungen Nansens haben gezeigt, dass diese flache Stufe plötzlich einem tiefen breiten Graben Platz macht, der sich bis auf 3850 m herabsenkt[44]) und vom Boden des Europäischen Nordmeers durch eine hohe Schwelle (800 m) getrennt ist. Wie weit sich diese Senke nach N erstreckt, wissen wir nicht. Vor der Hand wird man diesem Eismeer auf Grund dieser überraschenden Entdeckungen, welche die Kette vom Tiefbecken des Atlantischen Ozeans so weit nach N fortsetzen, wohl eine mittlere Tiefe von 1200 m zuschreiben dürfen. Ueber die Tiefen des Antarktischen Meeres haben die neuern Expeditionen manche Aufklärungen gebracht. Sie legen den Gedanken nahe, dass die Landflächen mehr der östlichen Antarktis angehören, wogegen der Westen vom Meer eingenommen ist. Und hier scheint im S des Atlantischen und Indischen Ozeans ein sehr tiefes Becken

---

[42]) Supan, Tiefseekarte, 1899. — [43]) Die seit 1868 in $78^1/_2{}^\circ$ N auf den Karten verzeichnete grosse Tiefe von 4850 m ist 1898 durch die Nachforschung von Nathorst, der dort nur 3145 m lotete, nicht bestätigt (Geogr. Jahrb. XXIV, 1901, 184). — [44]) Fr. Nansen, The Norwegian North Polar-Expedition, 1893—96, Scient. Results Vol. IV, 1904.

weit nach S auszugreifen, da man noch südlich des Polarkreises mehrfach 5500 m [45]) lotete.

§ 205. Die regionale Bedeckung des Meeresbodens [46]). Nur wenige Stellen hat man gefunden, wo der Meeresboden aus festem Felsgestein besteht. Im Flachmeer können starke Gezeitenströme ihn allerdings reinfegen, und manche in Meeresstrassen stärker wirkende unterseeische Strömungen verhindern dort die Auflagerung lockerer Bedeckung. Im allgemeinen aber haben die heraufbeförderten Bodenproben lockeres Bedeckungsmaterial ergeben. Leicht erkennt man in diesem ein solches von kontinentalem in der Nähe von Land gebildeten (daher auch „terrigen" genanntem) und ein solches von marinem oder pelagischem Ursprung, ausschliesslich aus Resten von Meerestieren und Erzeugnissen des Meeresgrundes [47]) bestehend.

Längs der Küsten tragen die Flüsse Massen von Sedimenten herab, die von dem Wellenschlag zu Sanden zerrieben werden [48]), um, je feiner sie sind, immer weiter seewärts zu gelangen. Dazu tritt der feinerdige Schlamm, der zwar rasch beim Eintritt des Flusswassers in das Salzwasser zu Boden gefällt, aber nachmals von den Wogen aufgewühlt durch Strömungen weithin verfrachtet und abgelagert wird. Dieser mit Resten von Seetieren bereits durchsetzte Schlick bedeckt die Uebergangszone von Flach- und Tiefsee und auch den Boden der meisten tiefen Nebenmeere. Je nach den Ursprungsstätten oder besonderen Beimischungen hat dieser Seeschlamm verschiedene Färbung. Am verbreitetsten ist der blaue Schlick, und das Auftreten desselben in antarktischen Regionen ist einer der Gründe dafür, dass grössere Festlandsmassen in der Antarktis zu vermuten sind. Lokal gesellen sich zu diesen Gebilden vulkanischer und Korallenschlamm, was bei der weiten Verbreitung unterseeischer Vulkanausbrüche, die Asche und Bimstein massenhaft auswerfen, nicht verwundern kann.

Kann man die Beimischung von Seetiergehäusen und deren Reste in den kontinentalen Ablagerungen durchschnittlich bereits zu 20—30 % annehmen, so überwiegen dieselben in der allgemeinen Bodenbedeckung aller tiefen Meeresbecken bis etwa 4—5000 m herab. Erst die Schleppnetzfänge und Wasserschöpfvorrichtungen der letzten Jahrzehnte haben uns einen Begriff von der erstaunlichen Menge von Lebewesen gegeben,

---

[45]) G. Schott, Bodenformen und Bodentemperatur des südl. Eismeeres mit Karte 1 : 25 000 000 Pet. Mitt., 1905, 241 ff. — [46]) O. Krümmel, Ozeanographie I, Kap. 2, Die ozean. Bodenablagerungen, 152; Berghaus, Phys. Atlas, Geol. Taf. 4, nach Murray und Renard (Challenger Report, Deep Sea Deposits 1891) ist schon teilweise veraltet. In sehr kleinem Massstab (1 : 256 000 000) verzeichnet Krümmel (a. a. O. 192) die hauptsächlichsten Bodenarten. — [47]) Joh. Walther, Bionomie des Meeres (Teil I, Die Einleitung in die Geologie als histor. Wissenschaft, Jena 1893) und Lithogenesis d. Gegenwart (Teil III der Einleitung), 1894, 857—973. — Krümmel unterscheidet unter den kontinentalen Ablagerungen noch litorale und hemipelagische. — [48]) Thoulets Klassifikation der Meeressedimente nach Verhältnis von Sand und Schlamm siehe im Geogr. Jahrb. XX, 1897, 196.

die das Meer beherbergt. Das Pflanzenleben erlischt allerdings sehr bald und reicht im allgemeinen nicht über eine Schicht von etwa 250 m, oder so weit das Meer noch vom Sonnenlicht durchleuchtet wird. Aber das Tierleben entwickelt sich in erstaunlicher Fülle auch in grössern Tiefen und muss also, soweit es Kalk oder Kieselsäure ausscheidet, nicht wenig zur Bildung eines Tiefseeschlammes beitragen. Diesem mischen sich alle diejenigen feinverteilten Produkte bei, die von Wind oder durch Strömungen über die Ozeane ausgebreitet werden, wie z. B. die Staubfälle, welche im Nordostpassat oft auftretend aus der Sahara stammen, oder die Aschenregen vulkanischer Ausbrüche lehren. Auch kosmischer Staub fehlt den Bodenproben nicht.

Unter dem Namen Plankton (*πλάζω*, umhertreiben) hat man seit einigen Jahrzehnten alle die zahllosen kleinen Organismen zusammengefasst, die schwimmend, aber willenlos den Bewegungen des Wassers folgend, alle Meeresschichten erfüllen — im Gegensatz zum Nekton (*νηκτός*, schwimmend), den selbsttätig schwimmenden Tieren, und dem Benthos (*βένθος*, die Tiefe), dem Inbegriff aller an den Meeresboden gebundenen kriechenden oder festgewachsenen Tiere.

Dieses Plankton liefert also in erster Linie das Material zum organischen Tiefseeschlamm, der zu 60 — 80 % aus solchen kalk- oder kieselhaltigen Tierresten besteht. Einem Regen gleich sinken die Schalen und Skelettteile nun beständig in die Tiefe. Wenn trotzdem die tiefsten Becken nur unbedeutende organische Beimischungen zeigen, so rührt dies offenbar von einer sich immer verstärkenden Zersetzung der Organismenreste her, welcher sie beim Herabsinken ausgesetzt sind. Der mit der Tiefe zunehmende Kohlensäuregehalt des Wassers löst die Kalkgehäuse unter wachsendem Druck mehr und mehr auf, und so kommt es, dass kalkige Ablagerungen nur die Erhebungen des Meeresbodens (bis 4 — 5000 m) bedecken. Infolge des Vorherrschens einer Gattung von Foraminiferen, der Globigerina, hat man die verbreitetste dieser Kalkschlammbedeckungen Globigerinenschlamm benannt. Auf dem Rücken im südatlantischen Ozean überwiegt dagegen der Pteropodenschlamm, erfüllt von den Schalen winziger Mollusken, in den arktischen Regionen der von den Kieselpanzern der mikroskopischen Algen durchsetzte sog. Diatomeenschlamm[49]).

Aus den Tiefen von mehr als 4000 m hat man zumeist einen weichen Ton von roter Farbe, den Tiefseeton, heraufgeholt, in dem die organischen Beimischungen nur noch etwa 10 % bilden. Er ist von grösster Verbreitung und scheint ein Zersetzungsprodukt vulkanischer Auswurfsstoffe zu sein. Hier und da wird er an den tiefsten Stellen von einem Schlamm abgelöst, in dem die Kieselpanzer winziger Strahl- oder Gittertiere massenhaft auftreten, dem sog. Radiolarienschlamm.

Die Berechnungen der Flächen, welche von diesen Ablagerungen bedeckt werden, leiden noch zu sehr an der Unsicherheit der Grenzeinzeichnungen, um

[49]) Die oben genannten Bodenbedeckungen nennt Krümmel, weil hauptsächlich auf den grossen Schwellen und Rücken abgelagert, epilophische (aus *λόφος*, der Nacken), denen er die abyssischen (Tiefseeton und Radiolarienschlamm) gegenüberstellt.

bereits verbürgt werden zu können. Die neueste derselben [50]), von der älteren [51]) durch die Engländer gefundenen teilweise abweichende, nimmt rund 25 Prozent des Meeresbodens für die Ablagerungen kontinentalen Ursprungs in Anspruch; unter denjenigen pelagischer Herkunft bedeckt der rote Tiefseeton (36 %) den grössten Raum; der Globigerinenschlamm (29 %) würde ihm wenig nachstehen.

Der Tiefseeton nimmt unser Interesse auch insofern in Anspruch, als man in den Sedimenten der Landfläche keinem ähnlichen Gebilde begegnet ist, während die kontinentalen Ablagerungen der Form und Zusammensetzung nach ebenso wiederkehren wie der Globigerinenschlamm, dem man die Schreibkreide und Nummulitenkalke rücksichtlich ihrer Bildungsweise an die Seite stellen kann. Man wird daraus allerdings nur schliessen dürfen, dass die heute vom Tiefseeton bedeckten Flächen seit Beginn dieses Niederschlages niemals in beträchtlich höherem Niveau gelegen, vor allem der Landfläche nicht angehört haben werden.

II. Das Meerwasser.

§ 206. Chemische Zusammensetzung des Meerwassers. Man hat Wasserschöpfapparate hergestellt, welche gestatten, Wasserproben aus jeder beliebigen Meerestiefe zu schöpfen, ohne dass diese beim Heraufziehen sich wieder mit solchen anderer Schichten mischen. Meist handelt es sich um einen beiderseits geöffneten Metallzylinder, durch den also das durchsunkene Wasser zunächst durchlaufen kann, bis in bestimmter Tiefe die Deckel oder Ventile durch — längs der Leine — nachgesandte Gewichte oder selbsttätig mittelst Gegendrucks des Wassers beim Hinaufziehen geschlossen werden.

Die chemische Analyse solcher Proben hat ergeben, dass das Oberflächen-Wasser der offenen Ozeane durchschnittlich etwa 35 Promille fester Stoffe in aufgelöster Form enthält, die bei Verdampfung als feste Bestandteile zurückbleiben; es sind dies insgesamt die sog. Meeressalze, unter denen Kochsalz die Hauptrolle spielt. Danach würde sich bei vollkommener Verdunstung des Meereswassers eine Salzschicht von etwa 60 m Höhe auf dem Boden absetzen, eine Menge, die die drei grossen Mittelmeere, das Amerikanische, Romanische und Australasiatische bis zum Rande ausfüllen würde [1]).

In 1000 Gramm Meerwasser befinden sich 35 Gramm Salze, in einer Tonne von 1000 kg also 35 kg. Da wir früher die gesamte Meeresmasse zu 1336 Mill. kbkm

---

[50]) Krümmel a. a. O. 205, dort finden sich Schätzungen für die einzelnen Ozeane und die Nebenmeere. — [51]) S. die Murrayschen Berechnungen, zusammengestellt und in metrisches Mass übertragen von A. Supan in Pet. Mitt. 1892, Lit.-Ber. Nr. 1164. Der Hauptunterschied entfällt gegenüber den neuern Berechnungen auf die litoralen Ablagerungen wohl hauptsächlich, weil Murray die Flachsee überhaupt kaum in Rechnung zog. Des letztern Ziffern beziehen sich auf $346_{,9}$ Mill. qkm Meeresboden, die Krümmelschen auf 361 Mill. In Mill. qkm entfallen danach auf:

nach	Litorale Ablag.	Hemipelag. (Schlick)	Globig.-Schlamm	Pteropod.-Schlamm	Diatom.-Schlamm	Tiefsee-ton	Radiolarien-Schl.
Murray (1891) .	$8_{,9}$	$40_{,5}$	$128_{,3}$	$1_{,0}$	$28_{,3}$	$133_{,4}$	$5_{,9}$
Krümmel (1907) .	$33_{,0}$	$55_{,7}$	$105_{,6}$	$1_{,4}$	$23_{,2}$	$130_{,3}$	$12_{,2}$.

[1]) Krümmel, Handb. der Ozeanographie, I, 1907, 227.

annahmen (S. 278), so müssen wir zunächst das Gewicht dieser Wassermasse bestimmen, um die absolute Menge darin gelöster Salze annähernd zu schätzen. Infolge der Zusammendrückbarkeit des Meerwassers hat dasselbe durchschnittlich ein höheres spezifisches Gewicht als an der Oberfläche und kann zu $1{,}_{0367}$ oder rund $1{,}_{04}$ angenommen werden (S. 501). Es wiegt also das Wasser des Meeres, da 1 kbkm reines Wasser von 4° ein Gewicht von 1000 Mill. Tonnen hat, $1336 \times 1000 \times 1{,}_{04} = 1\,389\,400$ Bill. $= 1{,}_{389}$ Trill. Tonnen (= 1389 Trill. kg). Wenn nun in jeder Tonne 35 kg feste Salze enthalten sind, so würde sich bei völliger Verdunstung des Meeres eine Salzschicht von 48 629 (= $1389{,}_4 \times 35$) Billionen Tonnen niederschlagen. Bei gleichmässiger Verteilung über die Meeresfläche (361 Mill. qkm) würde sich, weil jene Salze durchschnittlich etwa ein spezifisches Gewicht von $2{,}_{22}$ besitzen, eine Schicht von rund 61 m Höhe ($= 48\,629 : 361 \times 2{,}_{22}$) bilden[2]). Diese Schicht entspricht einem Volumen von $21{,}_7$ Mill. kbkm (= 61 m $\times$ 361 Mill. qkm).

Der Promillegehalt des Meerwassers an Salzen wechselt, wie wir sehen werden; aber ausserordentlich gleichförmig ist das Verhältnis der einzelnen Bestandteile unter ihnen in allen Zonen und Tiefen gefunden. Die Chlorverbindungen herrschen durchaus vor und betragen ca. 89 % aller Rückstände, gegen 11 % entfallen auf schwefelsaure und nur $^1/_3$ % auf kohlensaure Salze. Unter den ersten ist das Kochsalz (Chlornatrium) Hauptbestandteil (78 %), von ihm rührt der salzige Geschmack des Meerwassers her; an trockenen Küsten salzarmer Länder verschafft man sich in sog. Salzgärten durch Verdunsten des Meerwassers das nötige Salz. Dazu tritt Chlormagnesium (bis 11 %), welches mit dem Bittersalz (schwefelsaure Magnesia fast 5 %) dem Meerwasser den widerlich bitteren Geschmack verleiht. Der Kalkgehalt tritt wesentlich in der Form des Gypses (schwefelsaurer Kalk = $3\,^1/_2$ % bis 4 %), nur unbedeutend in der des kohlensauren Kalkes auf[3]). Das letztere kann verwundern, da umgekehrt bei den Flüssen unter den chemischen Beimischungen kohlensaurer Kalk die Hauptrolle spielt, Kochsalz ganz zurücktritt (S. 335). Man muss daraus schliessen, dass der Salzgehalt des Meeres nicht von den kontinentalen Zufuhren allein herrührt. Längst ist die Ansicht aufgegeben, dass derselbe auf grossartige Salzlager am Meeresgrund zurückzuführen sei. Sie wird schon durch die Erfahrung widerlegt, dass in einer so ausserordentlich verdünnten Salzlösung, wie sie das Meer darstellt, direkte Niederschläge sich überhaupt nicht bilden können. Dasselbe haben aber auch die Grundproben unmittelbar bestätigt. Der Salzreichtum scheint daher dem Ozean schon zur Urzeit eigen gewesen zu sein, wenn auch nicht im gleichen Grade wie heute, weil die Gesteinsbildung einen grossen Teil der einstigen Wassermasse der Erde verbraucht hat. Man müsste ihn in diesem Falle auf eine mächtige Entgasung des sich abkühlenden

---

[2]) Wenn v. Richthofen (Das Meer und die Kunde vom Meer, Festrede, Berlin 1904, 12) der Salzschicht eine Dicke von 40 m gibt, so ist zu beachten, dass er die Salzmasse auf die ganze Erdkugel (510 Mill. qkm) verteilte. — [3]) Obige Prozentzahlen nach Dittmar, Challenger Report, Phys. and Chemistry I, 1884; die älteren Analysen Forchhammers (seit 1845) in Boguslawski, Ozeanographie I, 129. Näheres über die Einzelstoffe bei Thoulet, Océan. stat., 1890, 206 ff., Krümmel, Ozeanographie I, 1907, 218 ff.

Erdkörpers zurückführen, die gleichzeitig die gewaltigen Wassermassen des Meeres in Gasform mit ausschied, bevor sich diese verdichteten[4]).

Die grossartigen chemischen Umsetzungen, welche im Meere vor sich gehen, werden wesentlich durch die in ungeheuren Mengen vorhandenen Organismen vermittelt. Einmal, indem aus den absterbenden und faulenden Tierresten Schwefelwasserstoff und damit indirekt unter Hinzutritt von Sauerstoff Schwefelsäure entsteht, welche den kohlensauren Kalk in Gyps verwandelt. Dieser wird von den Pflanzen aufgenommen und in organisch saure Kalksalze umgesetzt, welche dann das Material zu den Ausscheidungen kohlensauren Kalkes in den Skelettteilen der von jenen Pflanzen lebenden Tiere abgeben, ähnlich wie die äusserst geringen Spuren von Kieselsäure genügen, um Billionen feiner Panzer mikroskopischer Organismen zu erzeugen.

An Gasen enthält das Meerwasser Kohlensäure und atmosphärische Luft. Die erstere rührt von dem Lebensprozess der Tiere her, die Kohlensäure ausatmen. Ein Teil derselben wird in den oberen Meeresschichten von den Meerpflanzen allerdings wieder verbraucht. Da sich nun auch in den Tiefen, trotzdem die Pflanzen fehlen, doch keine wesentlich grössere Menge Kohlensäure findet, so spricht dies für einen Kreislauf der Gewässer in der Tiefe. — Die Luft wird vom Meere an seiner Oberfläche aufgenommen und zwar in desto grösserem Masse, je kälter es ist, wie dies auch beim reinen Wasser der Fall ist. Aber während die Atmosphäre sich bekanntlich aus 21 Raumteilen Sauerstoff und 78 Teilen Stickstoff zusammensetzt, besteht die von der Meeresoberfläche absorbierte Luft zu etwa $^1/_3$ aus Sauerstoff und nur zu fast $^2/_3$ aus Stickstoff, was für die durch Kiemen atmenden, übrigens an Sauerstoffverbrauch sehr wenig Ansprüche erhebenden Wassertiere von grosser Bedeutung ist. In der Tiefe wird der Sauerstoff allmählich durch den Atmungsprozess der Seetiere und die Verbrennung faulender Stoffe vermindert, während der Stickstoffgehalt der gleiche bleibt. Dies gibt einen äusserst wichtigen Anhaltspunkt, die Herkunft des Tiefenwassers zu bestimmen (§ 212). Reichtum an Sauerstoff zeigt immer an, dass das Wasser als Oberflächenwasser vor nicht langer Zeit in die Tiefe gelangt ist, er kann aber auch örtlich durch vegetabilisches Plankton erzeugt werden.

§ 207. Das spezifische Gewicht des Meerwassers[5]). Da die feinere Bestimmung des Salzgehaltes im Meere mittelst chemischer Analyse und Wägung auf dem schwankenden Schiff ausgeschlossen ist, bestimmt man die Gesamtmenge desselben auf indirektem Wege. Man wählt dazu einmal Aräometer (Hydrometer) von feiner Empfindlichkeit, welche noch Bruchteile von Tausendsteln des spezifischen Gewichts unterscheiden lassen. Auch hierbei hindern die Schiffserschütterungen leicht die genaue Ablesung des Skalenteils, bis zu welchem das Aräometer in die Wasserprobe eingesunken ist. Neuerdings verwendet man u. a. ein leicht zu beobachtendes Refraktometer in Gestalt eines kleinen Fernrohrs, in welchem gleichzeitig die Brechungsexponenten je eines Tropfens reinen Wassers und des zu prüfenden Salzwassers abgelesen werden.

[4]) v. Richthofen, Das Meer (Anm. 2), 16. — [5]) Vergl. O. Krümmel, Handb. d. Ozeanographie I, 1907, 228 ff.

Das Meerwasser hat infolge seines Gehaltes an gelösten Salzen ein etwas grösseres Gewicht als das reine Wasser. Ein Liter oberflächlichen Seewassers wiegt etwa 1024 bis 1028 Gramm. Das Gewicht hängt zugleich von der Temperatur ab, weshalb man, um ein und dasselbe Aräometer gebrauchen zu können, den jeweiligen Salzgehalt erst auf eine bestimmte Normaltemperatur zurückführen muss.

Leider herrscht über letztere noch keine Uebereinstimmung; in Deutschland, Russland, Skandinavien wird auf die Zimmertemperatur von $17{,}5^\circ$ C. (= 14° R.) reduziert, in England auf 60° F. (= $15{,}56^\circ$ C.), während es am richtigsten wäre, auch hier wie bei so vielen anderen Temperaturkorrektionen auf 0° C. zu reduzieren.

Unter spezifischem Gewicht eines Körpers oder der Dichte versteht man in der Physik bekanntlich das Verhältnis seiner Masse zu der Masse eines gleichen Volumens reinen Wassers von 4° C. Leider bildet letzteres aber wiederum zur Zeit nicht allgemein die Einheit des Vergleiches, vielmehr wählt man in Deutschland meist die obige Zimmertemperatur von $17{,}5^\circ$ C., in England bald 4° C., bald $15{,}56^\circ$ C. zur Einheit und erhält auf diese Weise verschiedene „Spezifische Gewichte S", die zu steten Umrechnungen zwingen. Man bezeichnet sie der Kürze wegen mit $S\left(\frac{17^\circ,5}{17^\circ,5}\right)$, $S\left(\frac{15^\circ,56}{15^\circ,56}\right)$, $S\left(\frac{15^\circ,56}{4^\circ}\right)$, $S\left(\frac{0^\circ}{4^\circ}\right)$, $S\left(\frac{t^\circ}{4^\circ}\right)$. Nur die drei letzten Werte entsprechen dem „absoluten spezifischen Gewicht" oder der Dichte, eben weil sie auf reines Wasser zu 4° C. bezogen sind. In Deutschland bezeichnet man nur den letztgenannten Ausdruck als absolutes spezifisches Gewicht des Meerwassers; t° ist darin die jeweilige örtliche Temperatur.

Man hat nun den Salzgehalt, der einem Wert des durch das Aräometer gefundenen spezifischen Gewichts entspricht, zu bestimmen und daraus eine sog. Salzgehaltskonstante zu berechnen gesucht, mit der man die Bruchziffer des spezifischen Gewichts zu multiplizieren hätte, um den Salzgehalt in Grammen zu erhalten; dieselbe ist bei den verschiedenen Einheiten, von denen man ausgeht, verschieden, sie beträgt etwa 1309 für das spezifische Gewicht $S\left(\frac{17{,}5^\circ}{17{,}5^\circ}\right)$ und einen Salzgehalt von 25 bis 35, ist aber kleiner für geringeren Salzgehalt[6]). Man hat also: Promille des Salzgehalts = 1309 × (Bruchziffer des spezifischen Gewichts). Es entsprechen sich, da $(1{,}025 - 1) \times 1309 = 0{,}025 \times 1309 = 32{,}7$ sind:

Spezifisches Gewicht . . .	1,025	1,026	1,027	1,028	1,029
Salzgehalt für $S\left(\frac{17{,}5}{17{,}5}\right)$.	32,7	34,0	35,3	36,6	38,0.

Man besitzt Tabellen zur Umrechnung aller dieser Angaben[7]), zugleich aber auch solche über die Dichte des Seewassers bei verschiedenen Temperaturen bezw. verschiedenem Salzgehalt[8]).

Die Schwankungen des Salzgehalts. Auf der Oberfläche der grossen Ozeane[9]) schwankt der Salzgehalt zwischen 31 und 38 Promille (das spezifische Gewicht zwischen 24 bis 29, wenn man der Kürze wegen nur die Tausendstel desselben namhaft macht). Es ist am stärksten (bis 37 im nördlichen Atlantischen Ozean) in der Region der Passate, weil diese trockenen Winde die Verdunstung im

[6]) Nach Knudsen, s. Krümmel a. a. O. 237. — [7]) Thoulet, Océanogr., 227. — [8]) M. Knudsen, Hydrograph. Tabellen, Hamburg 1901, mit Nachtrag 1904. Vergl. Auszug bei Krümmel, 234. — [9]) Gerh. Schotts „Karte des Salzgehaltes im Oberflächenwasser der Ozeane", Aeq.-Massst. 1 : 80000000 nebst Text in Pet. Geogr. Mitt. 1902; Krümmel, räuml. Verteilung d. Salzgehalts a. a. O. 324—69.

hohen Grade befördern, nimmt ab auf 34—35 in der Zone der Windstillen, nördlich des Aequator, woselbst neben der Verringerung der Verdunstung auch die aequatorialen Regen noch erniedrigend wirken. Der Golfstrom befördert salziges Wasser (35—36) nordostwärts nicht nur bis an die Küsten Europas, sondern bis in das Eismeer jenseits des Nordkaps, während die kalten Strömungen mit ihren schmelzenden Eisbergen längs der Küste Nordamerikas schwach salzhaltiges Wasser (32—33) südwärts führen. Aehnliches wiederholt sich im Stillen Ozean, nur dass hier und im Indischen Ozean die höchsten Werte nicht gefunden sind.

Bei der Grösse der atlantischen Abdachung, die dem Atlantischen Ozean so viel reichlichere Menge süssen Wassers zuführt, sollte man das Gegenteil erwarten. Aber gerade diese öffnet ihm mit seiner Umsäumung niedrigen Landes — im Gegensatz zur umschlossenen Umrandung der anderen Ozeane — die Landflächen und ermöglicht den Westwinden die Entführung gewaltiger Dampfmassen bis in das abflusslose Innere von Asien, bedingt also dauernden Wasserverlust und damit den höheren Salzgehalt[10]).

Unter den Mittel- und Nebenmeeren treten grosse Gegensätze hervor. Romanisches Mittelmeer und Rotes Meer sowie der Persische Golf, nur durch enge Strassen mit den Ozeanen verbunden, erheben ihre Salinität infolge starker Verdunstung durchweg auf mehr als 37 und erreichen innerhalb der mehr im Wüstengürtel eingebetteten Gebiete 38, 39, ja im Norden des Roten Meeres selbst 41[11]). — Das Amerikanische Mittelmeer, grösstenteils noch durch die Passate beeinflusst, hat auch noch ziemlich hohen Salzgehalt (über 35). Das Australasiatische dagegen, weil in der feuchten Aequatorialzone gelegen, nur 32—34. Längs der Küsten wird infolge des Zuflusses süssen Wassers der Salzgehalt geringer, im St. Lorenz Golf beträgt er nur 30,5. Dasselbe gilt von Binnenmeeren inmitten ausgebreiteter Flussgebiete, wie dem Schwarzen Meer, das 17—18 Promille Salzgehalt besitzt, und der Ostsee, bei welcher dieser nirgends 12 übersteigt, im Norden und Osten aber viel geringer (3 und 4) ist.

Die horizontalen Oberflächenunterschiede verschwinden in den grossen Ozeanen meist schon in Tiefen von 400 m—500 m; man begegnet im allgemeinen einer geringen Abnahme des Salzgehalts bis etwa zur Tiefe von 2000 m, und dann wieder einer kleinen Steigerung, was mit der Wanderung der gelösten Salze nach den kältern Tiefenschichten zusammenzuhängen scheint. Am Meeresboden hat sich der Salzgehalt ziemlich gleichmässig zu $34,_5$—$35,_5$ gefunden, wenn diese an sich nicht wahrscheinlichen Differenzen in den Tiefen nicht überhaupt noch als Messungsfehler gelten müssen. In abgeschlossenen Nebenmeeren ist er in der Tiefe ausnahmslos stärker als an der Oberfläche. Besonders interessant sind diese Verhältnisse in den Meeresstrassen und kleinen Zwischenmeeren zwischen offenen Teilen des Ozeans und Binnenmeeren, in denen sich Strömungen verschiedenen Salzgehaltes übereinander schichten. In Tiefen von mehr

[10]) A. Woeikow, Der Salzgehalt der Meere und seine Ursachen. Pet. Mitt. 1912, I, 5—8, mit Karte 1 : 80 000 000. — [11]) Nach der Pola-Expedition s. Geogr. Jahrb. XX, 1897, 213.

als 30 m ist der Salzgehalt am Boden der Ostsee nicht mehr als 10, in der Beltsee 25 — 30, im Skager Rak dagegen $35,_5$ wie im offenen Ozean[12]).

§ 208. Die Farbe des Meeres. Die Durchsichtigkeit des Meerwassers ist im allgemeinen eine hohe, viele tropische Meere sind wegen ihrer krystallenen Klarheit berühmt. Man prüft sie durch Bestimmung der Tiefe, bis zu welcher man herabgelassene weisse Scheiben noch erkennen kann. Im Ionischen Meere hat man die Grenze bei 50 m gefunden, in klaren Meeren mag das Sonnenlicht vielleicht bis 100 m dringen; darunter ist also völlige Dunkelheit. Die chemische Lichtwirkung reicht weiter, nach neueren Versuchen bis zu 400 m. Jedenfalls wechselt die Durchsichtigkeit beträchtlich.

Die Farbe des Meeres[13]) steht in enger Beziehung zur Durchsichtigkeit. In küstennahen und flachen Meeresteilen herrscht grüne Farbe vor, die Ostsee ist flaschengrün, die Ozeane zeigen dagegen blaugrüne bis intensiv blaue Färbungen. Ursache scheinen im allgemeinen Trübungen zu bilden, die in den flachen Gewässern leichter auftreten. Die schwebend erhaltenen Stoffe werfen das eindringende Licht in erhöhtem Masse zurück. Alles was eine raschere und vollständigere Ausscheidung dieser Trübungen bewirkt, muss die Durchsichtigkeit und damit die Bläue des Meeres vermehren. Da in kälterem Wasser diese Abscheidung verlangsamt wird, so ist verständlich, warum polare Gewässer grünlicher erscheinen. Das gleiche ist aber mit dem aus der Tiefe aufsteigenden sog. Auftriebwasser (§ 222) der Fall. Die peruanische Küstenströmung zeigt z. B. nahe der Küste ostseegrüne Färbung.

Daneben treten örtlich und zeitweise in den Meeren eigentümliche Missfärbungen ein, wie der Seemann alle Abweichungen vom eigentlichen Seeblau der Hochsee nennt. Dieselben rühren grösstenteils von dem Massenauftreten der kleinen Lebewesen der oberen Meeresschicht, dem Plankton (S. 516), her. Kleine rote Krebse erzeugen die „blutigen Seen", Quallen die gelblichen, Salpen grünliche Stellen u. s. w. Die olivengrünen Streifen der ostgrönländischen Seen hat man mit dichten Diatomeenschwärmen in nahen Zusammenhang gebracht. Das Kobaltblau des Meeres bezeichnet daher recht eigentlich die an Plankton ärmeren Gegenden wie z. B. die sog. Sargassosee im Nordatlantischen Ozean hierher zu rechnen ist (§ 223)[14]).

Unter der nicht geringen Zahl von Meeren, deren Eigennamen von einer Farbe hergenommen ist, ist diese Bezeichnung nur bei wenigen durch die Färbung des Wassers gerechtfertigt wie z. B. bei dem Gelben Meere, welches gelbe tonige Lösspartikelchen weithin schwebend verfrachtet. Der Kalifornische Meerbusen wurde von den Spaniern Mar vermejo, das Rote Meer, genannt, wohl infolge des häufigen Auftretens roter Krustentierchen. Den Ursprung des Namens des Roten Meeres (Erythraeisches Meer) kannte man schon im Altertume nicht, ursprünglich ward darunter der Indische Ozean verstanden. Jedenfalls treten Rotfärbungen des Wassers im Süden und im Arabischen Meerbusen häufig infolge

[12]) O. Krümmel, Pet. Mitt. 1895, 81 ff. mit Karte und Profilen. — [13]) Krümmel, in Geophys. Beobachtungen der Plankton-Expedition (1889), Kiel 1893, 89, mit Karte des Nordatl. Ozeans. S. auch Geogr. Jahrb. XVIII, 1895, 191. Krümmel, Ozeanographie 253 ff. — [14]) Spring, Geogr. Jahrb. XX, 1897, 198.

von massenhaft erscheinenden mikroskopisch kleinen Tierchen auf[15]). Schwarzes und Weisses Meer verdanken ihren Namen jedenfalls übertragenen Bedeutungen. Der Pontus Euxeinos, im Mittelalter Mare maggiore genannt, wird auf westeuropäischen Karten erst seit Ende des 17. Jahrh. als Schwarzes Meer[16]) in Uebersetzung der Türkischen Kara tengis und des Russischen Tschernoje more bezeichnet, wohl im Sinne des Unwirtlichen, wie einst das Meer im grauen Altertum (ἄξεινος) vor seiner Erschliessung geheissen haben soll. Ihm tritt das Weisse oder Heilige Meer, an dessen Ufer der Wallfahrtsort St. Nicolaus bestand, gegenüber.

§ 209. Die Wärmeverteilung im Wasser. Unter Wärmekapazität oder spezifischer Wärme eines Körpers versteht die Physik die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche die Masseneinheit um 1^0 C. in der Temperatur erhöht. Dieselbe ist am grössten unter allen bekannten Stoffen beim reinen Wasser, nämlich weit grösser als bei allen die feste Erdrinde zusammensetzenden und ebenso als diejenige der Luft; mit anderen Worten Wasser bedarf zur Erwärmung einer weit grösseren Wärmemenge, erwärmt sich bei geringem Leitungs- und Durchstrahlungsvermögen weit langsamer. Umgekehrt gibt das Wasser bei der Abkühlung eine weit grössere Wärmemenge an die Umgebung ab, die Ausstrahlung geht aber weit langsamer vor sich als bei festen Körpern. Dies bedingt, dass das Meerwasser, welches in ungeheuren Flächen der Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist (die freilich durch Wolkenbildung mehr als auf dem Festland gemässigt ist), am Tage und im Sommer eine gewaltige Menge Wärme aufspeichert, die dann nachts und im Winter langsam der Luft wieder zugeführt wird. Die Wärmemenge, welche ein Kubikmeter Seewasser bei der Abkühlung um 1^0 abgibt, reicht aus, um etwa 3100 Kubikmeter Luft um 1^0 zu erwärmen!

Man pflegt die Wärmekapazität des reinen Wassers = 1 zu setzen. Dann stellt die des Salzwassers einen mit Zunahme des Salzgehaltes abnehmenden echten Bruch dar; je salziger es ist, um so leichter erwärmt es sich. Bei einem spezifischen Gewicht von $1{,}_{027}$ ist die spezifische Wärme etwa $0{,}_{93}$[17]). Da nun die Wärmekapazität von trockener und einem gleichbleibenden Druck ausgesetzter Luft nur $0{,}_{237}$[18]) und das spezifische Gewicht solcher Luft $^{13}/_{10000}$ (genauer $0{,}_{001293}$) des reinen Wassers beträgt, so ergibt sich das Verhältnis, wie oben angegeben, zu

$$\frac{1{,}_{027} \times 0{,}_{93}}{0{,}_{001293} \times 0{,}_{237}} = 3117 \text{ kbm}.$$

§ 210. Verteilung der Temperatur im Oberflächenwasser. Da das Meer seine Wärme ausschliesslich durch die Sonnenbestrahlung empfängt, so ist klar, dass an seiner Oberfläche — im Gegensatz zum tieferen Wasser — sowohl die höchsten Wärmegrade auftreten müssen wie andererseits bei ungehinderter Ausstrahlung in den kalten Luftraum auch die niedrigsten Temperaturen. Ebenso wird im allgemeinen die Erwärmung vom Aequator nach den Polen zu abnehmen und sich jahreszeitlich mit dem Stande der Sonne verschieben. Auf diese Verhältnisse der Insolation, d. h. der Sonnenbestrahlung und des sog. mathe-

[15]) Vergl. Egli, Nomina geographica, 2. Aufl., Leipzig 1893, 792. — [16]) Daselbst, 735 ff. — [17]) Thoulet, Océanographie stat. 298. — [18]) F. Kohlrausch, Leitfaden der prakt. Physik, 1892, 428.

matischen Klimas, gehen wir im nächsten Kapitel näher ein (§ 227). Hier ist daran zu erinnern, dass feuchte Luft und Wolkendecken die Wärmezufuhr im hohen Grade hindern, wie umgekehrt die über die Meeresfläche leicht hingleitenden Winde die Verdunstung und damit die Abkühlung des Wassers befördern. Positive wie negative Extreme der Temperatur erreichen daher im Meere nicht entfernt die Höhe wie auf dem festen Erdboden oder in der Luft über dem Festland. Dagegen steht die Luftwärme über dem Meere in engster Beziehung zu der Meerestemperatur.

Die täglichen Schwankungen der letzteren sind gering, in den Tropen[19]) kaum 1° C. im Durchschnitt (0°,9), grösser bei Windstille und klarem Himmel (1°,6), am geringsten in höheren Breiten und bei frischem Wind und bedecktem Himmel (0°,4); wo letzterer vorherrscht, gleichfalls weniger als $^1/_2$° C. Im allgemeinen ist die Wassertemperatur stets etwas grösser als diejenige der über dem Meeresspiegel befindlichen Luft. Man hat letztere im Durchschnitt in den offenen Ozeanen der Tropen um — 0°,8, in höheren Breiten um — 1°,6 C. niedriger gefunden. Nur in geschlossenen Becken und längs der Küste treten bei erhitzten Landwinden oft andere Verhältnisse auf. Im Mittelmeer ist das Wasser im Jahresdurchschnitt um 0°,3, im Winter aber um etwa 1°,5 wärmer als die Luft, während es im Sommer ein wenig kälter ist (Juli — 0°,7)[20]).

Die höchsten gemessenen Temperaturen von mehr als 30° C. hat man nur in abgeschlossenen Meeresbecken oder Buchten gefunden wie im Roten Meer (34°,4), noch mehr sogar im Nordende des Persischen Golfes (35°,6)[21]). Man erinnere sich dabei, dass ein warmes Bad bei uns eine Wärme von 27° R. = 34° C. zu haben pflegt. Allerdings hat man in tropischen Teilen des westlichen Stillen Ozeans gelegentlich wohl 32° gemessen, aber als mittleres Maximum wird man in offenen Ozeanen 29° C. annehmen müssen. — Diesem steht in polaren Gewässern eine Abkühlung des Wassers bis auf — 2° und mehr gegenüber.

Der Gefrierpunkt des Salzwassers[22]) liegt nämlich unter 0°. Sowohl der Temperaturgrad, bei welchem das Maximum der Dichte erreicht wird, wie der Gefrierpunkt selbst sinken bei zunehmendem Salzgehalt. Ist dieser 35 Promille, so friert das Meerwasser erst bei einer Abkühlung auf — 2°,2 C., und im ruhigen Wasser steht der Gefrierpunkt tiefer als bei bewegtem, kann selbst auf mehr als — 3° sinken. Östlich von Neuschottland in Nordamerika mass man in der Tat — 3°,3.

Isothermen der Meeresoberfläche. Ständige Beobachtungen der Temperatur wie auf dem Lande lassen sich für einzelne Punkte des hohen Meeres nicht anstellen. Man hilft sich anders. Auf den mit Tagebüchern (Schiffsjournalen) versehenen Schiffen wird während

---

[19]) G. Schott, Forschungsreise zur See 1892. Erg.-Heft zu Pet. Mitt. Nr. 109 (1893), 11. Krümmel, Ozeanographie I, 388 ff. — [20]) J. Hann, Met. Zeitschr. 1906, 316. — [21]) Krümmel a. a. O. 416. — [22]) G. Karsten in Forschungsreise der Gazelle II, 1888, 53; s. auch Hann, Allg. Erdk., 1896, 245.

der Fahrten sechsmal täglich die Wassertemperatur bestimmt. Gibt man der jeweiligen Mittagsposition des Schiffes das Mittel aus diesen Zahlen, so erhält man, das Material aus zahlreichen Tagebüchern ausziehend, für jedes von den Kursen in einem bestimmten Monat durchschnittene Gradfeld (oder Zwei-, Fünfgradfeld etc.) eine oder mehrere Angaben, aus denen man die mittlere Temperatur für dieses Gradfeld berechnet. Die Lücken ergänzt man vermutungsweise. Zwischen diesen auf Karten eingetragenen Gradfeldzahlen zieht man die Hydroisothermen oder Linien gleicher Temperatur der Meeresoberfläche. Leicht lassen sich alsdann aus solchen Monatskarten Mitteltemperaturen der Gradfelder für längere Perioden wie besonders das ganze Jahr berechnen und nach Eintragung auf die Karte diese mit Jahresisothermen versehen. In der Tat besitzt man seit drei Jahrzehnten solche Karten gleicher Meerestemperatur für alle Ozeane[23]).

Die Verschiebung der Jahreszeiten. Auf dem Lande ist für die nördliche Halbkugel die Lufttemperatur im allgemeinen am niedrigsten im Januar, am höchsten im Juli; auf der südlichen umgekehrt. Es folgen also diese Zeiten ziemlich rasch dem tiefsten (21. Dez.) bezw. dem höchsten Sonnenstand (21. Juni). Die grosse Wärmekapazität des Wassers verzögert aber den Eintritt von Maximum und Minimum der Temperatur beträchtlich. Im Nordsommer nimmt das Meer tagsüber noch immer mehr Wärme auf, als es nachts abgibt, auch nachdem die Sonne längst ihren höchsten Stand überschritten hat. Daher ist auf der Nordhalbkugel der August, in manchen Meeresteilen der September der Monat grösster Wasserwärme, wogegen im Winter die Ausstrahlung und Wärmeabgabe noch wochenlang überwiegt, bis endlich im Februar bezw. März das Minimum erreicht wird.

Betrachten wir nunmehr die Temperaturkarten des Oberflächenwassers, so erkennt man auf den ersten Blick einen deutlich ausgesprochenen Parallelismus der Isothermen aller Jahreszeiten auf der Südhalbkugel südlich bis etwa vom 25° S. Br. Sobald man aber in den Bereich der grossen die Ozeane beherrschenden Strömungssysteme kommt (Atlas, Taf. 8), beginnen sich die Isothermen zu krümmen und einen ausgesprochenen Gegensatz zwischen Ost- und Westrand der Meere hervorzurufen. Nennt man Meerwasser mit mehr als 22° kurzweg tropisch erwärmtes Wasser, so bildet dies einen Gürtel rings um die Erde, der im ganzen sich mit der Sonne um etwa 10°

[23]) Nach englischen Quellen gab Krümmel Isothermenkarten der Meere (1 : 80000000) für Februar und August 1886 heraus (Zeitschr. f. wissensch. Geogr. VI); Jahresisothermen des Seewassers in Berghaus, Phys. Atl., Taf. 21, 1889. Die neueren Karten in den Atlanten der Deutschen Seewarte für die drei Ozeane, welche solche für Februar, Mai, August, November geben, weichen begreiflicherweise im einzelnen mannigfach von den älteren ab. Krümmel nennt seine eigenen Karten von 1886 in seinem neuesten Handbuch überhaupt nicht mehr. Karten der Jahresisothermen des Meerwassers im Massstabe 1 : 53000000 besitzen wir von G. Schott für den Atlantischen und Indischen Ozean in Bd. I der Wiss. Ergebnisse der Deutschen Tiefseeexpedition a. d. Dampfer Valdivia, Atlas Taf. IX. Jena 1902: Isothermen von 1° zu 1°.

nord- und südwärts verschiebend im Stillen und Atlantischen Ozean die kontinentalen Ostküsten mit doppelt so grosser Breite als an den entsprechenden Westküsten bespült.

Im August trifft man solch warmes Wasser von 22° und darüber nur längs der Küste von den Kanarien bis zum Kongo (= 33 Breitengrade), auf amerikanischer Seite dagegen von Neu-York bis zum südlichen Wendekreis (= 64 Grade); freilich biegt sich die 22° Isotherme von K. Blanco (20° Br.) sofort nach N und umkreist auch die Azoren noch auf der Nordseite[24]); ja im Stillen Ozean reicht der Warmwassergürtel im Osten dann nur vom Aequator nordwärts bis zum Wendekreis des Krebses, auf der Gegenseite vom südlichen Wendekreis bis ans Nordende von Nipon (41° Br.).

Im Nordwinter ist der Linienverlauf ein ähnlicher, nur dass dann die warmen Wasser den nördlichen Wendekreis kaum überschreiten. Es ist leicht verständlich, dass es die kalten Meeresströmungen sind, die, auf der Ostseite der grossen Ozeane aus höheren Breiten dem Aequator sich zuwendend, die Warmwassergürtel einschnüren und die westwärts gewendeten Zungen der Isothermen hervorrufen. Auf der Westseite dagegen tragen die Strömungen dieses erwärmte Wasser polwärts. Dazu kommen die nur an den Westküsten der Kontinente auftretenden kalten Auftriebwasser, von denen später die Rede sein wird (§ 222).

Schätzt man die so erwärmten Flächen ab, so kann man etwa 165 Mill. qkm oder 45% der gesamten Meeresfläche annehmen, die zeitweise über 22° C. erwärmt sind, und mehr als $^1/_3$ (36%) besitzen ständig ein tropisch-warmes Wasser (+ 22° C. und mehr).

Eine etwas andere Berechnung geht von den Karten der Jahresisothermen aus und findet für die Flächen von mehr als 20° C. Mitteltemperatur 192 Mill. qkm (= 53% der Meeresflächen), für die innerhalb dieses Gürtels gelegenen Flächen von mehr als 25° C. auch noch 126 Mill. qkm (= 35%)[25]).

Dabei erscheint die Nordhälfte die bevorzugte, da in ihr sowohl in den entsprechenden Sommern als Wintern die erwärmte Meeresfläche um 5 — 6 Mill. qkm grösser als auf der südlichen ist. Die Ozeane stehen eben nach Süden in breitester Verbindung mit den antarktischen Gewässern, während im Norden die Zugänge zum Polarmeer stark eingeschränkt sind.

In den mittleren und höheren Breiten der beiden genannten Weltmeere nähern sich die Isothermen beträchtlich einander im Bereich der nordwärts ziehenden grossen Strömungen, um sich dann rutenförmig ostwärts auseinander zu biegen. Man erkennt leicht, dass es kalte Polarströmungen sind, welche an den Küsten Ostasiens und des atlantischen Nordamerika diesen gemässigten Gewässern den Raum streitig machen; die 4°-Isotherme des Wassers verläuft im Februar vom Südrand der Neufundlandbank (49° Br.) bis fast zum 70° in der Höhe der Lofot Inseln. So ist denn die Frage nach der örtlichen Verteilung der Meereswärme eng mit der der Strömungs- und Windverhältnisse in den Ozeanen verknüpft und wird uns weiter beschäftigen (§ 235).

[24]) Atlas des Atlant. Ozeans, 2. Aufl., Hamburg 1902, Taf. 7. — [25]) Krümmel, Handbuch d. Ozeanographie I, 1907, 399.

Doch mag hier noch auf die wichtigen Unterschiede der grossen Ozeane in betreff der Wärmeverteilung an der Oberfläche hingewiesen werden, die in der stark abweichenden Umrissgestalt derselben ihren Grund hat. Der Stille Ozean, der eigentliche Tropenozean, — denn 60 % seiner Fläche liegen zwischen 30° N und 30° S, während vom Atlantischen noch nicht 47 % auf diese Zone entfallen — ist der wärmste mit einer Mitteltemperatur, die man neuerdings aus Werten für 10° Zonen auf 19°,1 berechnete, der Atlantische mit 16°,9 der kälteste; der Indische steht hierin mit 17°,0 dem letztern näher. Ein ähnliches Verhältnis zeigt sich bei Gegenüberstellung der durchweg wärmeren Zonen der Nord- im Gegensatz zur Südhalbkugel, nur dass begreiflicherweise die Mitteltemperatur der im Indischen Ozean nördlich des Aequators gelegenen Fläche, die den 30° N nicht überschreitet, weit höher ist, als die entsprechende der nordwärts weit ausgreifenden Weltmeere.

Es stellt sich die mittlere Temperatur der Flächen:

		Atlant. Ozean	Indischer Ozean	Stiller Ozean	Ganzes Weltmeer
nördlich	des Aequators	20°,1	27°,5	22°,2	19°,2
südlich	des Aequators	14°,1	15°,3	16°,8	16°,0
		16°,9	17°,0	19°,1	17°,4

Diese Berechnung gelangt also, wie man sieht, zu einer Mitteltemperatur des Weltmeeres von 17°,4[26]), während, wenn sich diese Berechnungen bestätigen, man der Nordhälfte derselben eine um mehr als 3° höhere Mitteltemperatur geben müsste als der Südhälfte. Wir werden ähnlichen Verhältnissen bei den Mitteltemperaturen des Luftmeeres begegnen (§ 234).

Ueberträgt man die Isothermen der Temperaturkarten der Meeresoberfläche für Februar und August auf eine einzige, so gibt sie unmittelbar die jährlichen Schwankungen der Meerestemperatur an. Die Vereinigung der Punkte gleichen Spielraums (gleicher Amplitude) liefert uns ein neues System von Linien, die Isoamplituden[27]). Es gibt in den Tropen Gegenden, in denen die Wassertemperatur jährlich noch nicht um 1° C. schwankt; das ist die Region der Windstillen mit starker Wolkenbedeckung und mächtigen Niederschlägen bei gleichmässig hoher Temperatur. Man hat sie zu 16 Mill. qkm berechnet. Langsam nimmt die Schwankung polwärts zu, rund $^3/_4$ des Weltmeeres hat keine grössere Jahresschwankung als 5° C. Sie erreicht im offenen Ozean etwa um den 40° Br. die grösste Höhe, um dann wieder herabzusinken. Diese Werte grösster Jahresschwankung erheben sich auf der Südhalbkugel nicht über 7° C., im Norden des Stillen Ozeans dagegen bis auf 12°, ähnlich wie im subtropischen

[26]) Krümmel a. a. O. 401. — Diese Zahl ist unbedeutend geringer als diejenige, welche Krümmel auf Grund der Murrayschen Arealberechnungen nach den zum Challengerwerk gehörigen Buchan'schen Karten erhielt (17°,7; Pet. Mit. 1899, Lit.-Ber. 851). — [27]) G. Schott, Die jährliche Temperaturschwankung des Ozeanwassers mit Karte (1 : 100000000) der Isoamplituden von je 1° C. in Pet. Mitt. 1895. Die obigen Areale nach Krümmel a. a. O. 412.

Mittelmeer; so grosse Schwankungen finden sich dort, wo bei klarem Himmel nur geringe Windstärke herrscht. Weit grösser noch ist aber die Jahresschwankung in den Küstengewässern — im weiten Sinne des Wortes — Ostasiens und des atlantischen Nordamerika. Wenn sich dieselbe hier gelegentlich bis auf 20° C. und mehr steigert, so rührt dies von den kontinentalen Winden her, die im Winter weit in und über die Randmeere hinausgreifen und einen vollständigen Stromwechsel zuwege bringen. Besonders die japanischen Gewässer sind in dieser Hinsicht charakteristisch. Das Maximum der Jahresschwankung von 23° C. findet sich im Golf von Petschili (38°—41° N. Br.). In ähnlicher Weise wächst die Schwankung in den abgeschlossenen Nebenmeeren meist von aussen nach innen. Im Mittelmeer 10°—14° betragend, erreicht sie im Schwarzen Meer 15°—20° (Golf von Odessa 24°). An unseren norddeutschen Küsten ist das Seewasser im August etwa 16°—17° wärmer als im Februar.

§ 211. Das Eis im Meere[28]) der höheren Breiten tritt in dreierlei Form auf, als Feldeis, Packeis und Eisberg. Dem Ursprung nach müssen wir Meereis und Landeis unterscheiden. Die Bildung einer zusammenhängenden Decke von Meereis geht zumeist von den Küsten und Inseln aus, längs welcher das seichte Wasser sich rascher abkühlt und unter den Gefrierpunkt gelangt. Dass derselbe für Salzwasser einige Grade unter 0° liegt, ist schon hervorgehoben. Es bedarf bei stark abgekühltem Wasser eines äussern Anlasses, um es zur Eiskrystallbildung und also zur Vereisung zu bringen. Häufig dient dazu der Schneefall, aber auch die Bewegung der Fische und anderer Seetiere kann den Anreiz geben. In polaren Gewässern breitet sich dann die Eisdecke zuerst als biegsames Feldeis über weite Flächen aus, das in einem Winter selten mehr als 2^m—$2^1/_2{}^m$ Dicke gewinnt, ja in der Antarktis kaum halb so dick wird.

Der Grund hierfür liegt in erster Linie darin, dass das Eis ein schlechter Wärmeleiter ist und dadurch das unterliegende Wasser gut vor weiterer Abkühlung schützt. Noch weit mehr gilt dies von dem Schnee, der sich in arktischen Breiten oft massenhaft auf die Eisdecken auflagert, während im Süden die mächtigen vom Lande kommenden Föhnwinde denselben alsbald wieder von den Eisflächen entfernen. Zugleich wird beim Gefrieren das Salz zum grossen Teil ausgeschieden (trinkbar ist das geschmolzene Seewassereis nicht) und dem unterlagerndem Wasser mitgeteilt. Dadurch entfernt sich letzteres vom Gefrierpunkt, auch sinkt es bei stärkerem Salzgehalt und stärkerer Abkühlung herab, um leichterem und wärmerem Wasser Platz zu machen. Das alles hindert, dass sich Meereis durch einfaches Gefrieren von unten bis ins unendliche verdickt, denn es stellt sich mit der Zeit ein gewisses Gleichgewicht zwischen der von oben wirkenden Abkühlung und der Wärmezufuhr von unten ein. Auch nach 5—6 Jahren scheint das Feldeis kaum grössere Dicke als 3^m—4^m zu besitzen. Hierbei ist die Tatsache, dass im Sommer ein oberflächliches Abtauen eintritt, sodass sich das Eis mit weiten Seen, ja rasch fliessenden Strömen bedeckt, wohl Hauptanlass der Verdickung. Denn es sickert

[28]) Weyprecht, Die Metamorphosen des Polareises, Wien 1879; L. Mecking, Das Eis des Meeres, Vortrag, Inst. f. Meereskunde Nr. 11, Berlin 1909. — Krümmel, Ozeanographie I, 498—526.

dies ausgesüsste Wasser durch feine Spalten des Eises abwärts, um dort eine unter seinem Gefrierpunkt liegende Temperatur zu treffen, die es zum Gefrieren bringt.

Weit mächtiger sind die Lagen von Packeis, das aus dem Feldeis durch Pressen und Zusammenschieben einzelner Schollen leicht entsteht, wo Gezeitenströme es bewegen — letztere sind die Hauptursache der den Schiffen so gefährlichen Eispressungen — oder stärkere Winde die Stücke zusammentreiben und aufstauen. Dann wird die Oberfläche rauh und uneben, erscheint oft wild zerklüftet und bildet für die Uebersteigung mit Schlitten die grössten Schwierigkeiten. Solches Feld- und Packeis von jugendlichem Alter scheint die ganze Osthälfte des nördlichen Eismeers auszufüllen. Langsam durch den Wind in Bewegung gesetzt, schiebt sich nach den Erfahrungen Nansens (1893 — 96) die Eisdecke ganz allmählich von O nach W vor; aus Lagen von Eis und Schnee bestehend, löst sie sich im Sommer in Schollen auf und entsendet grosse Massen von Treibeis durch die breite Oeffnung zwischen Grönland und Spitzbergen südwärts. An Grönlands Ostküste dagegen staut sich das Packeis auf und macht sie sehr schwer zugänglich. Auch die Nordküsten Amerikas bis nach Grönland hin sind von riesigen Massen hochaufgetürmten alten Packeises bedeckt, das keinen Ausweg findet und nur im Sommer durch ein schmales Fahrwasser längs der Küsten vom Festland getrennt wird, weil hier grössere Ströme mit wärmeren Gewässern münden. Hinter jenem Packeisgürtel breiten sich wahrscheinlich ebenere Flächen von Feldeis weithin aus wie im Osten, sodass die Vorstellung eines besonderen paläokrystischen Meeres[29]), das mit altem Packeis erfüllt sei, aufgegeben werden muss. Sie bildete sich, als man noch nicht über einen Gürtel eng zusammengedrückter Eisschollen im N von Grantland und Grönland hinausgekommen war, während 1906 Peary durch mächtige Spalten im dahinter liegenden Eisfeld zur Umkehr gezwungen ward. Die Aussengrenzen des Packeises pflegen sich im übrigen in längeren Perioden stark zu verschieben, es setzt sich oft unerwartet in Bewegung; und solche Jahre sind es, die die Polarforscher zum Vordringen zu wählen pflegen.

Unter dem Treibeis spielen die Eisberge eine besondere Rolle, weil sie sich am längsten halten und am weitesten in niedere Breiten gelangen. Eisberge sind stets Gletscherenden, bestehen also aus Landeis oder Süsswassereis, das sich in den Tälern polarer Landflächen in der Form von Gletschern gebildet hat und auch mit Schutt und Gestein beladen sein kann, wenn es auch keine Oberflächenmoränen trägt. Westgrönland, wo die Gletscher infolge ihrer Mächtigkeit (bis über 600 m) mit grosser Geschwindigkeit (bis zu 18 m im Tage) talwärts sich wälzen[30]), liefert im Norden die grössten Eisberge. Selten

[29]) Um diese Frage dreht sich der Meinungszwiespalt der Polarforscher, seit 1876 Nares von seiner Polarexpedition nördlich vom Robeson-Kanal (zwischen Grantland und Grönland) zurückkehrte. Vergl. die Debatte in The Geographical Journal IX, London 1897, 473 ff., und G. Isachsen, Das palaeokrystische Eis in Pet. Mitt. 1906, 13 — 19. — [30]) v. Drygalski, Die Grönland-Expedition d. Ges. f. Erdkunde 1891 — 93, I, 1897, 269.

erreicht die Höhe der Eisberge über dem Meeresspiegel 80—100 m [31]) oder mehr.

Da das spezifische Gewicht des Eises etwa $0{,}_{92}$, das der Meeresoberfläche in den polaren Meeren rund $1{,}_{028}$ ist, so sinkt ein würfelförmiger Eisberg theoretisch zu $^{8}/_{9}$ ($= 0{,}_{92} : 1{,}_{028}$) seiner Höhe ins Wasser. Da aber der Querschnitt des untergetauchten Teiles meist grösser als der in die Luft ragende ist, so darf man den sichtbaren Eisberg zu $^{1}/_{6}$—$^{1}/_{7}$ seiner Gesamthöhe annehmen.

Die Gefährlichkeit der Eisberge für die Schiffahrt liegt darin, dass sie, in wärmeres Wasser gelangend und im Wasserspiegel am meisten benagt, oft mächtige ins Rutschen gekommene Stücke plötzlich verlieren, ja dadurch aus der Gleichgewichtslage geratend, vollkommen umschlagen und grosse Strudel erzeugen. — Ganz eigenartig tafelförmig sind die antarktischen Eisberge [32]), die in ungeheuren Massen die dortigen Meere durchschwärmen, übrigens auch im N nicht ganz fehlen. Mit senkrechten, 30—40 m, bis 50 m hohen Wänden schliessen sie die antarktischen Küsten ein und erweisen sich deutlich als abgebrochene Stücke des in breiten, gleichmässigen Abhängen langsam ($^{1}/_{3}$ m in 24 St.) sich vorwärtsschiebenden Inlandeises. Bleiben die Tafeln lange vor solchen Küsten liegen, wo Untiefen sie alsbald aufsitzen lassen, so entstehen die grossen Schollen des Staueises, das von den föhnartigen Winden aus dem Innern geglättet und seiner kantigen Form beraubt ist.

An der innern Struktur des Eises hat man jetzt die verschiedenen Eisarten unterscheiden gelernt [33]). Beim Meereis stellen sich im allgemeinen die Eiskrystalle senkrecht zur Eisoberfläche und schliessen sich zu beträchtlichen Körnern zusammen, während sie sich beim Gefrieren von Süsswasser in Flüssen und Seen, also auch beim Gletschereis und den vom Lande stammenden Eisbergen vornehmlich parallel der Oberfläche gruppieren.

Die sog. mittleren Treibeisgrenzen (Atlas, Taf. 8), im Süden weniger ausgebogen als im Norden, zeigen deutlich, welchen Einfluss die wärmeren Meeresströmungen auf die Verbreitung der schwimmenden Eismassen haben. In der Arktis entführen die Tore zu beiden Seiten von Grönland das meiste Polareis südwärts; eine Breite von 500 km nimmt der ostgrönländische Strom voll Packeis und Feldeis ein, der westgrönländische entsendet dagegen vermöge der zahlreichen Gletscher, die an dieser Küste das Meer erreichen, massenhaft Eisberge nach Süden, die selbst den Golfstrom noch durchschneiden können und erst unter 40° N. verschwinden. Natürlich treten sie nur im Sommer, auf der nördlichen Halbkugel also vom April bis August, ihre Wanderung an. In den Einzeljahren schwanken aber die Treibeisgrenzen nicht unbeträchtlich und üben dadurch einen namhaften Einfluss auf das Klima und den Schiffahrtsbetrieb aus.

---

[31]) Die früheren Schätzungen der Höhe der Eisberge (300 m) sind stark übertrieben. Vergl. v. Drygalski in Verh. des XI. D. Geographentages 1895, 23. — [32]) Fricker, Entstehung und Verbreitung des antarkt. Treibeises, Leipzig 1893. v. Drygalski, Das Eis im Polarmeere, Verh. d. Phys. Ges. 1906, VIII, Nr. 9. — [33]) v. Drygalski a. a. O. (Anm. 30).

§ 212. Die Tiefentemperaturen in den Ozeanen[34]). Die von der Sonne ausgehende Erwärmung durchdringt im Meer nur eine flache Schicht. Dieselbe ist zwar infolge des Durchstrahlungsvermögens des Wassers weit dicker als bei dem festen Erdboden (S. 136), überschreitet aber nicht eine Mächtigkeit von 100 m — 150 m. Noch etwas tiefer reicht die jahreszeitliche Schwankung vermöge der Wärmeleitung des Wassers, verschwindet aber in 300 m — 400 m fast vollkommen. Man nahm nun früher an, dass das Wasser darunter eine gleichmässige Temperatur von 4 ° C. habe, weil bei dieser das (süsse) Wasser bekanntlich seine grösste Dichte besitzt, und Messungen der Tiefentemperaturen schienen es zu bestätigen. Dies hat sich als durchaus irrig erwiesen, und die neueren Forschungen haben gezeigt, dass die Temperatur der offenen Ozeane in der oberen Schicht sehr rasch abnimmt, unterhalb einer etwa 1000 m tief liegenden Fläche, in der man noch 4 ° — 6 ° C. misst, jedoch die Temperatur sehr langsam aber ständig sinkt, bis sie am Boden nur wenig von 0 ° verschieden ist. In der Zwischenstufe zwischen 200 m und 800 m treten noch sehr grosse Verschiedenheiten der Wärmeabnahme in den einzelnen Meeresteilen hervor, was mit der Meereszirkulation in Verbindung mit klimatischen Verhältnissen an der Oberfläche und den Meeresströmungen zusammenhängt.

So hat z. B. im Atlantischen Ozean das Wasser in 400 m Tiefe zwischen 15 ° und 40 ° N. Br. noch eine Temperatur von 12 ° — 17 ° C. und ein ähnlicher wärmerer Gürtel zeigt sich zwischen 20 ° und 35 ° S. Br. (11 ° — 15 ° C). Dagegen erhebt sich in der gleichen Tiefe das Wasser in dem zwischenliegenden Gebiet (20 ° S bis 15 ° N) nur auf 8 ° — 10 °, weil es sich hier um ein Gebiet von Auftriebmassen handelt, das, aus tieferen Regionen kommend, entsprechend kälter sein muss[35]). Im Gegensatz dazu sind die anderen Regionen Staugebiete. Die Passat-Winde treiben die Wassermassen nach Westen zu; indem sie sich allmählich stauen, sinken die schwer gewordenen Schichten unter und führen zugleich die Wärme von oben in tiefere Schichten, sodass sich die höchsten Temperaturen in der Westhälfte der Becken finden. Aehnliche Verhältnisse, besonders die Verschiebung der wärmeren Regionen in der Westhälfte der unterseeischen Schicht, zeigen sich im Stillen Ozean.

Was dagegen die höhern Breiten betrifft, so machen sich die durch die Treibeismassen und die kalten Luftströme abgekühlten Wassermassen auf der Südhalbkugel rings um die Erde bis über den 50 ° aequatorwärts insofern geltend, als sie in Tiefen von 200 m — 800 m von solchen unterlagert sind, die, obwohl auch nur etwa auf 0 ° bis + 2 ° temperiert, doch durchschnittlich um 2 ° wärmer sind als jene Oberflächenschichten. Vielleicht handelt es sich dabei um Ersatzströme aus niedern Breiten für das an der Oberfläche nordwärts getriebene Wasser. Im Norden zeigen sich ähnliche Verhältnisse der Wärmeschichtung — immer in den entsprechenden Tiefen — nur unterhalb der beschränkten Regionen nördlich der Treibeisgrenze. Verschwinden im allgemeinen die örtlichen Verschiedenheiten in Tiefen von 1000 bis 3000 m, so machen sich von 4000 m an bereits die unterseeischen Rücken und Schwellen geltend, durch welche einzelne grosse Becken (s. S. 513)

[34]) Krümmel, Ozeanographie I, 421 ff. — [35]) S. Atlas d. Atlant. Ozeans, 1902, Taf. 2; Segelhandbuch d. Atlant. Ozeans, 2. Aufl., 22 — 25.

vor allem von den polaren Grundgewässern geschieden sind. Daher finden wir die Temperatur am Meeresboden z. B. des nordatlantischen Beckens, das durch eine hohe Schwelle vom arktischen Meere getrennt ist, ebenso wie in der südafrikanischen Mulde zu etwa + 2,$_2$ bis + 2,$_6$, während sie im Argentinischen Becken von 0° nur wenig verschieden ist.

Diese Ergebnisse sind erst gewonnen, seit man Tiefseethermometer[36]) herzustellen lernte, welche den ungeheuren Druck des Wassers in der Tiefe auszuhalten vermögen. Indem das Glas der älteren Instrumente unter demselben zusammengedrückt wurde, musste das Quecksilber höher steigen und zu grosse Temperaturen angeben. Die heutigen Tiefseethermometer schliessen das eigentliche Thermometer in eine dem Druck Widerstand leistende Hülse ein und erreichen durch eine Umkippung des Instrumentes in der zu beobachtenden Tiefe die Fixierung des jeweiligen Standes. Man befestigt bei Reihentemperaturmessungen solche in bestimmten Abständen an eine Lotleine, und zwar in verkehrter Stellung; ein kräftiger Ruck beim Aufziehen schnellt die Schrotkörner der Hülse an das andere Ende, das Thermometer stellt sich aufrecht, und zugleich reisst an einer gekrümmten Stelle der Haarröhre der Faden des Quecksilbers ab. Nach der Quantität des abgerissenen Stückes ist das Instrument reguliert.

Die Meereszirkulation. Aus allen diesen Verhältnissen geht hervor, dass die gesamten Meeresmassen in einer gewissen, den Austausch von Salzgehalt und Temperatur vermittelnden Bewegung sein müssen. Zwar in den oberen Schichten bis etwa 1000^m mag der Transport von Wasser noch auf Rechnung der in die Tiefe greifenden oder auch unterseeischen Strömungen (§ 221) kommen; aber diese verschwinden in grösseren Tiefen völlig. Hier tritt eine säkulare Verschiebung der Gewässer ein, von deren Langsamkeit wir uns schwer eine Vorstellung machen können. Die Ursachen liegen am Tage; der Salzgehalt des Meeres regelt die Umsetzung der Gewässer in ganz anderer Weise als bei Süsswasserseen. Während bei diesen lediglich die Abkühlung an der Oberfläche kälteres, weil dichter gewordenes Wasser in die Tiefe fördert, vermag beim Salzwasser auch erwärmtes Wasser unter kälteres zu sinken. Denn die Verdichtung geschieht an der Oberfläche auch allein durch Verdunsten, und diesem ist das wärmere Wasser mehr als das kältere ausgesetzt. Kälteres, aber weniger dichtes Wasser muss jenem also Platz machen und gelangt so an die Oberfläche, wo es auf ähnliche Weise später wieder zum Sinken gebracht wird.

Ueber die Herkunft der niedrigen Bodentemperaturen in den grossen Ozeanen kann nun kein Zweifel sein. Es muss dies einst Oberflächenwasser gewesen sein und aus Gegenden stammen, in denen es sich fast bis zum Gefrierpunkt (des Salzwassers) abkühlen konnte, also in polaren Gebieten. Damit stimmt, dass die Bodentemperatur in den südlichen Becken nicht unwesentlich niedriger ist (0° bis — 2°,$_5$) als z. B. im nordatlantischen Becken (+ 1° bis + 2° C.), denn jene stehen mit der Antarktis in breitester Verbindung. Man kann den Zugang im Süden des Atlantischen Ozeans — im Querschnitt gemessen —

[36]) S. Krümmel, Der Ozean, 1902, 142 ff.; Handb. d. Ozeanogr. I, 1907, 374 ff.

zu 25 000, im Norden zu 900 qkm annehmen[37]). Das antarktische Wasser kann an sich auch tiefer erkalten, da es nicht im gleichen Masse wie um den Nordpol von zusammenhängenden Eisdecken vor weiterer Ausstrahlung und Abkühlung geschützt ist. Es ist dort zugleich salzreicher. Begünstigt durch die Abkühlung bis zum Dichtemaximum, sinkt es somit in die Tiefe und gleitet allmählich den grösseren Tiefen der äquatorialen Becken zu. Der Nordatlantische Ozean dagegen ist durch den Isländischen Rücken, auf dem sich die Färöer und Island erheben (Atlas, Taf. 31), vor dem Eindringen dieses kalten arktischen Tiefseewassers geschützt. Es kann das zwischen -1^0 bis -2^0 kalte Bodenwasser des Europäischen Nordmeeres nicht die Schwelle überschreiten. Dass in letzterem erkaltetes Wasser tatsächlich von oben bis zum Boden hinabgesunken ist, ergibt sich aus dem Stickstoffgehalt. Salzreiches, atlantisches Wasser füllt das Nordmeer aus, nach Süden gelangen nur die durch Schmelzgewässer verdünnten, oben schwimmenden Polarströme[38]).

§ 213. Temperaturverteilung in den Nebenmeeren[39]). In keinem der Nebenmeere hat man so niedrige Bodentemperaturen wie in den Ozeanen beobachtet, und von einer bestimmten, bei den verschiedenen Becken wechselnden Stufe hat man die gesamte darunter befindliche Schicht bis zum Boden von nahezu gleichbleibender Temperatur gefunden. So ergab sich im Mittelmeer in den Tiefen von 900^m — 4400^m fast durchweg eine Temperatur von $+12^0{,}_7$ im westlichen und $+13^0{,}_5$ im östlichen Becken, in der Sulu See von $+10^0{,}_2$ zwischen 700^m — 5000^m, in der Celébes See $+3^0{,}_7$ zwischen 1500^m — 4000^m. Es ist klar, dass diese Verhältnisse aufs engste mit der Tiefe jener Meeresstrassen, welche die Nebenmeere mit den Ozeanen in Verbindung setzen, zusammenhängen. Die konstante Tiefentemperatur in den abgeschlossenen tropischen Meeren entspricht derjenigen Tiefenschicht des Ozeans, die eben noch die Schwelle des Zugangs überschreiten kann. So kann man auch umgekehrt schliessen, dass, weil die Tiefentemperatur der Celébes See überall zu $3^0{,}_7$ gefunden ist, die östlichen Meeresgassen, durch welche sie mit dem Ozean verbunden ist, nicht tiefer als 1500^m sein können. — In den gemässigten Breiten richtet sich die gleichbleibende Tiefschichttemperatur wie im Mittelmeer nach der mittleren Januartemperatur des Oberflächenwassers, sobald das Nebenmeer durch hohe Schwellen genügend gegen das Eindringen ozeanischen Wassers geschützt ist.

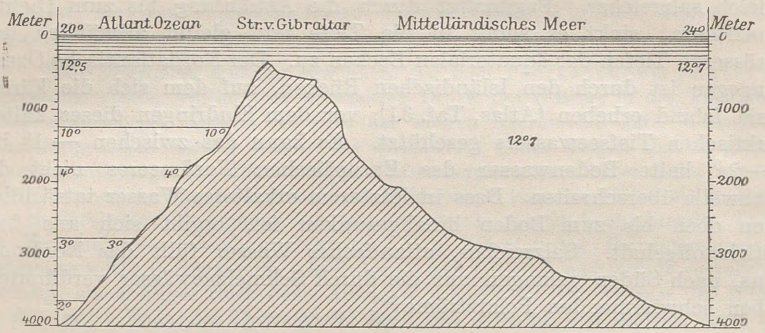
Es besteht daher z. B. ein grosser Gegensatz zwischen den Gewässern inner- und ausserhalb der Strasse von Gibraltar. Infolge der Bodenanschwellung westlich von der Strasse (Taf. 28), die nur an einzelnen Stellen 350^m tief ist, kann ein Austausch der Temperaturen nur bis zu diesem Niveau stattfinden. Unterhalb desselben sinkt im Ozean die Temperatur von $12^0{,}_5$ erst rascher, dann langsam bis auf 2^0 C; während im Mittelmeer eine 3500^m mächtige Schicht gleichbleibend

[37]) Krümmel, Morph. der Meeresräume 1879, 62. — [38]) Mohn, Die Norwegische Nordmeer-Expedition, Erg.-Heft zu Pet. Mitt. 1880, Nr. 63, S. 16. Vergl. die zugehörigen Karten, sowie die in Pet. Mitt. 1878 veröffentlichten. — [39]) Krümmel, Handbuch der Ozeanographie I, 1907, 440 ff.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Pedag. -Wych.

diejenige von $12^{0},_{7}$ beibehält. Entsprechend der südlicheren Lage und wärmeren Wintertemperatur im Levantebecken sinkt die Tiefschichtentemperatur dort nicht unter $13^{0},_{5}$ C. (Fig. 75).

Fig. 75.



Wärmeschichtung diesseits und jenseits der Strasse von Gibraltar.

In der Ostsee lagert sich das salzarme eigentliche Ostseewasser mit rasch nach der Tiefe sinkender Temperatur über einer um mehrere Grade wärmeren, weit salzreicheren und sauerstoffarmen Schicht, die jedenfalls durch die Belte eingedrungen ist, nun aber an der Vertikalzirkulation nicht mehr teilnimmt[40]).

§ 214. Die Temperatur in Binnenseen[41]). Das eben gegebene Bild lässt sich durch die Erscheinungen an Süsswasserseen ergänzen. Auch hier hat man gefunden, dass die Insolation nur eine dünne Schicht erwärmt. Ganz flache Seen zeigen daher immer auch am Boden Schwankungen der Temperatur. Indessen tritt diese Erscheinung auch an manchen tieferen Seen hervor. Grössere Wärme wird wesentlich durch die mechanische Mischung des vom Winde erregten Oberflächenwassers tiefer geführt. Dabei spielt die Form des Seebeckens, ebenso seine Grösse eine Rolle, sodass man nicht ohne weiteres von dem einen See auf den andern, wenn auch nahe gelegenen, schliessen darf. Die einzelnen Tiefenschichten beteiligen sich daher oft in verschiedenem Masse an dem Wärmehaushalt des Sees[42]). Im allgemeinen hat man bei allen etwas tieferen Seen der höheren Breiten im Winter eine mehr oder minder mächtige Schicht von einer ständigen Temperatur von 4^{0} C. getroffen, wie sie der grössten Dichte des Süsswassers entspricht Dadurch ergibt sich ein Gegensatz in der Wärmeschichtung zwischen tropischen und polaren Seen. Bei jenen wird sich eine ständige, wenn auch nicht gleichmässige Abnahme der Temperatur von oben nach unten ergeben, sie haben eine normale Wärmeschichtung, sie sind oben-warm[43]). In höheren Breiten jedoch,

[40]) O. Krümmel, Pet. Mitt. 1895, 81 ff., mit Profilen, Taf. 5. — [41]) F. A. Forel, Classification thermique des lacs d'eau douce (1889); s. Geogr. Jahrb. XV, 1891, 104; Forel, Handb. d. Seenkunde, 1901, 99—133. O. Frhr. von u. zu Aufsess, Die physikalischen Eigenschaften der Seen (Samml. nat. und math. Monographien, Heft 4, Braunschweig 1905). — [42]) W. Halbfass, Die Thermik der Binnenseen und das Klima. Pet. Mitt. 1905, 219—233. — [43]) Krümmel

wo die Oberflächentemperatur des Sees im Winter stets unter 4^0 bleibt, können diese kalten Wasser nicht in die Tiefe gelangen, weil sie weniger dicht sind als das in der Tiefe liegende von 4^0 C. Es nimmt also die Temperatur von oben bis unten allmählich zu. Eine Zwischengattung bilden die zahlreichen Seen, die wie die meisten unserer Alpenseen im Laufe des Jahres eine vollständige Temperaturumkehr erleiden. Im Sommer sind sie normal geschichtet, dann tritt im Herbst ein Zeitpunkt ein, wo die Oberflächentemperatur und mit ihr die der ganzen Masse bis auf 4^0 C. sinkt, bis durch weiteren Rückgang kältere Schichten oben lagern und eine Eisdecke sich bilden kann. Dann zieht sich das Tierleben in die bis 4^0 erwärmten Schichten zurück, die dem Zufrieren niemals ausgesetzt sind. Die normale (sommerliche) Wärmeschichtung geht, wie angedeutet, nicht gleichmässig vor sich, vor allem trifft man etwa dort, bis wohin die Durchstrahlung durch die Sonne reicht, eine sog. Sprungschicht[44]), in der ganz plötzlich die Temperatur um mehrere Grade für jeden Meter fällt. Man erklärt sich diese merkwürdige Tatsache dadurch, dass die tägliche Schwankung der Temperatur an der Oberfläche eine vertikale Zirkulation in der obersten Schicht erzeugt, welche die nächtliche Oberflächentemperatur allmählich tiefer trägt und einer gewissen oberen Schicht eine gleichmässige Temperatur verleiht, die gegenüber der darunter liegenden, von dieser Zirkulation unberührten hoch erscheint. Nicht unwesentlich wirkt bei Flussseen auch die Grösse des Abflusses auf die Wärmeverteilung ein. Unten fliesst Oberflächenwasser ab; in Gegenden wechselnder Sommer- und Wintertemperatur fliesst von oben im Sommer kälteres, in die Tiefen gehendes Wasser zu; im Winter wird das zuströmende Flusswasser dagegen kälter als das Wasser des Sees sein. Das lässt sich besonders an den Alpenseen erläutern[45]).

III. Die Bewegungen des Meeres.

§ 215. Arten der Bewegungen. Die Bewegungen des Meeres sind zweierlei Art; in einem Falle wird es von Bewegungserscheinungen ohne erhebliche Ortsveränderung durchlaufen — dies sind die Wellen —, im anderen handelt es sich um eine deutliche Versetzung von Wassermassen von einem Ort zum anderen — die Strömungen. Unter den letzteren haben wir uns mit der grossen Meereszirkulation, die in ungeheuren Zeiträumen eine langsam vor sich gehende Verschiebung der Meeresmassen bewirkt, schon beschäftigt (S. 532). Sie unterscheidet sich eben durch diese Langsamkeit der Fortbewegung deutlich — aber nicht grundsätzlich — von den eigentlichen Meeresströmungen, bei denen eine mehr oder weniger unmittelbar wahr-

hat eine neue Bezeichnungsweise der thermischen Schichtung vorgeschlagen und nennt z. B. obige normale Schichtung „oben warm“ (anotherm) etc. (s. Pet. Mitt. 1895, 11; Handb. I, 1907, 419). — [44]) E. Richter, Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen (Verh. d. IX. D. Geographentages in Wien 1891, 189 ff.); Forel, Handbuch d. Seenkunde, 1901, 119 ff. — [45]) E. Brückner, Zur Thermik der Alpenseen und einiger Seen Nordeuropas (Geogr. Zeitschr. XV, 1909, 305—15).

nehmbare Vorwärtsbewegung auftritt. Je nach den Ursachen stehen sich die ausschliesslich von der Oberfläche ausgehenden Windwirkungen und die die gesamte Wasserschicht in Mitleidenschaft setzenden Gezeitenwirkungen gegenüber. Beide wirken ständig oder, wenn man will, periodisch. Dazu tritt als dritte ursächliche Erscheinung der von der festen Erdrinde ausgehende unperiodische Stoss, der Erdbebenwellen erzeugen kann, hinzu.

§ 216. Die Meereswellen[1]**.** Bei jedem Anstoss, welchen die Oberfläche des Wassers erhält, geraten Wasserteilchen in eine schwingende (oszillierende) Bewegung, jedoch nicht gradlinig auf- und absteigend, sondern sich in kleinen, geschlossenen, senkrecht gestellten Kurven bewegend, die sich an der Oberfläche dem Kreise nähern, unter dieser immer mehr elliptisch werden. Man nennt dies die Kreis- oder Orbitalbewegung. Indem nun jedes folgende Teilchen die Bewegung ein wenig später als das vorangehende beginnt, schreitet die Form der Welle vorwärts. Die Kurve des Wellenprofils stellt dabei sehr nahe eine sog. Trochoide dar, welche Linie man sich durch die Bewegung eines Punktes einer Radspeiche vergegenwärtigen kann, wenn das Rad in geradliniger Bewegung ist.

Jede Welle besteht aus einem Wellenberg und einem Wellental. Den Vertikalabstand des höchsten und tiefsten Punktes beider nennt man die Wellenhöhe, welche also so ziemlich dem Durchmesser der (oberen) Kreisbahnen der einzelnen Wasserteilchen entspricht. Der Abstand von Wellenkamm zu Wellenkamm heisst Wellenlänge. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle (C) entspricht dem Quotienten aus der Bahn durch die Zeit, also hier aus der Wellenlänge (L) und der Zeitperiode (T), in der sie wiederkehrt:

$$C = \frac{L}{T}$$

Die Orbitalbewegung. Hat das Wasser genügende Tiefe, so pflanzt sich die Orbitalbewegung bis auf das Vielfache der Wellenhöhe fort, wobei bei arithmetisch zunehmenden Abständen von der Oberfläche die Durchmesser der immer mehr ellipsenförmigen Bahnen nach unten in geometrischer Progression abnehmen. In welcher Abhängigkeit die Tiefe, bis zu der die Orbitalbewegung hinabreicht, von der Wellenhöhe steht, ist mit Sicherheit noch nicht bekannt. Bei Wassertiefen von der Hälfte der Wellenlänge tritt keine fühlbare Beeinflussung der Bewegung von seiten des Grundes ein. Wenn sich aber die Orbitalbewegung nicht vollständig ausbilden kann, so überstürzt sich der Wellenkamm, die Welle brandet. Aus dem Umstand, dass man über Tiefen von 200 m Wellen hat branden sehen, lässt sich daher schliessen, dass diese Bewegung gelegentlich noch tiefer greift (§ 144). Die Orbitalbewegung ist stets beträchtlich langsamer als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle (C) und kann nach der Theorie höchstens $= {}^1/_2\, C$ werden. Nimmt man sie zu ${}^1/_4\, C$ an, so beträgt

[1]) O. Krümmel, Handbuch d. Ozeanographie II, 1911, Kap. I, 1—198.

sie bei einer Sturmsee von 16 m in einer Sekunde immerhin noch 4 m, woraus man ihren mechanischen Effekt am Strande ermessen mag, zumal sich dieser bei steigender Wellenhöhe und abnehmender Tiefe erhöht.

Es ist in erster Linie der Wind, der die Wellen erzeugt. Zur Bildung eines bedeutenden Seegangs d. h. einer stark bewegten See ist Zeit und Fläche erforderlich. Solange die Kämme auf hoher See sich noch überstürzen, ist der Seegang noch unausgebildet. Der Wind hat noch nicht lange genug gedauert, um mächtige Wasserschichten in Bewegung zu setzen. Unter Windsee oder „See" schlechtweg versteht der Seemann die unmittelbar vom Winde erzeugten Wellen. Ist Seegang entwickelt, so kann der Wind aufhören und es dauert dennoch die Wellenbewegung noch lange fort. Es wohnt der See dann die lebendige Kraft unzähliger Windstösse inne und sie kann so selbst bei Windstille am Strande noch zerstörend wirken. Die mittelbar durch den Wind aus grösserer Entfernung erzeugten Wellen nennt man die Dünung. Diese Dünung zeigt flachere Wellenberge, läuft oft ohne jedes äussere Anzeichen ihres Ursprungs über glatte Seen hin und findet sich typisch ausgebildet in den tropischen Meeren mit ihren Windstillen-Gürteln.

Die Messung der Wellen[2]) auf See gehört mit zu den schwierigsten Beobachtungen. Am ehesten lässt sich noch die scheinbare Periode (T) des Seegangs bestimmen, d. h. die Aufeinanderfolge der Wellenkämme. Die Theorie ergibt, dass, wenn die Wellenhöhe nicht zu sehr gegen die Wellenlänge verschwindet, die Geschwindigkeit (C) etwa gleich dem $1^1/_2$fachen der Periode (T in Sekunden) und die Wellenlänge (in Metern) etwa gleich dem anderthalbfachen des Quadrats der Periode ist, oder genauer

$$C = 1{,}_{56}\ T \text{ und } L = 1{,}_{56}\ T^2, \text{ woraus } C = 1{,}_{25}\ \sqrt{L}.$$

Hat man also mit der Uhr in der Hand die Periode zu 5 Sek. gefunden, so würde die Fortpflanzungsgeschwindigkeit roh zu $7^{m},_{8}$ ($= 1{,}_{56} \times 5$), die Länge der Welle zu 39 m ($= 1{,}_{56} \times 25$) anzunehmen sein[3]).

Am schwierigsten ist die Wellenhöhe zu bestimmen und sie ist früher vielfach überschätzt worden. Auch die Ablesung feiner Aneroidbarometer im Wellental und auf dem Wellenkamm hat noch zu keinem sicheren Ergebnis geführt, und die Theorie hat noch keine Beziehungen zwischen Wellenhöhe (H) und den anderen Dimensionen aufgedeckt. Die Erfahrungen haben das Verhältnis von Höhe zu Länge bei mässigem Seegang zu annähernd 1 : 40, bei schwerer See zu 1 : 20 ergeben. Sobald die Sturmsee aufhört, werden die Wellen flacher.

Als Maximalwerte wird man bei orkanartigen Stürmen einheitliche Wellensysteme von 15 Sek. Periode, 15 m Höhe, 350 m Länge, und 24 m Geschwindigkeit — es ist dies die Schnelligkeit eines sehr schnellen

---

[2]) S. u. a. G. Schott, Forschungsreise zur See (Erg.-Heft zu Pet. Mitt. Nr. 109, 1893), 74—94. Krümmel a. a. O. II, 40—44. — [3]) Die Trochoidentheorie ergibt als Grundgleichungen

$$C = \frac{g}{2\pi}\,T \text{ und } L = \frac{g}{2\pi}\,T^2, \text{ also } T = \sqrt{\frac{2\pi}{g}} \cdot \sqrt{L},$$

worin g die Beschleunigung der Schwere, also $9^{m},_{8}$ (S. 110) bedeutet. Nun ist

$$\frac{g}{2\pi} = 1{,}_{56}; \text{ also } C = 1{,}_{56} \cdot \sqrt{\frac{2\pi}{g}} \cdot \sqrt{L} = 1{,}_{56} \cdot 0{,}_{8} \cdot \sqrt{L} = 1{,}_{25} \cdot \sqrt{L}.$$

Eisenbahnzuges (S. 53) — annehmen dürfen[4]); 8^m — 9^m hohe Wellen sind schon ungewöhnliche Erscheinungen, bei leichtbewegter See beträgt die Höhe etwa 2^m—4^m. Die allgemeine Annahme der Seeleute, dass die Geschwindigkeit der Wellenbewegung oft diejenige des erzeugenden Windes übertreffe und somit eine vorauseilende See den herannahenden Sturm verkünde, ist neuerdings öfters bestritten und auf eine Unterschätzung der Windgeschwindigkeit zurückgeführt. Danach sollte nach neueren Beobachtungen die letztere durchschnittlich etwa um $^1/_3$ grösser als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gefunden sein. Indessen scheint hierbei das Entwicklungsstadium der Wellenbewegung nicht genügend berücksichtigt zu sein. Wenn anfangs der Wind den Wellen oft stark vorauseilt, so erlangen die Wellen, wenn zu grösster Höhe entwickelt, doch meist den Vorrang vor dem Winde[6]). Jedenfalls bleibt die Tatsache bestehen, dass sich stürmisches Wetter zur See häufig — aber keineswegs immer — durch eine eigentümliche Dünung kundgibt, welche ihren Ursprung einem noch entfernten Sturmzentrum verdankt und daher im weiteren Umkreis desselben eine mit dem lokalen Wind in keinem Zusammenhang stehende Geschwindigkeit besitzt.

Höhere Wellen von oft verheerender Wirkung entstehen nicht selten durch eine Vereinigung mehrerer Wellensysteme, eine Interferenz. Dahin gehören die gefürchteten Sturzseen mit sich überschlagenden Kämmen im Zentrum tropischer Orkane. Trifft die Dünung, die im allgemeinen ja keine hohen Wellen zeigt, auf Untiefen und Küstenbänke, so heben sich dieselben sichtlich und bilden die an manchen Küsten gefürchteten Roller — an der Küste Niederguineas Kalema genannt —, welche den Strand zeitweise unnahbar machen[7]).

§ 217. Seebebenwellen (Stosswellen). Es ist früher von den Erdbebenfluten die Rede gewesen (S. 312), welche ihren Ursprung wahrscheinlich in erster Linie unterseeischen Vulkanausbrüchen zu verdanken haben. Hier handelt es sich darum, die Fortbewegung des Stosses in Form gewaltiger Flutwellen noch kurz zu verfolgen. Es sind dies Wellen, die mit ungeheurer Geschwindigkeit die Meere durcheilen und, weil sie die gesamte Meeresmasse in Bewegung setzen, ein Mittel geboten haben, die Tiefe der durchlaufenen Strecken annähernd zu schätzen. Man berechnet die Fortpflanzungsgeschwindigkeit (C) aus dem Zeitunterschied zwischen dem Auftreten des Seebebens im vermeintlichen Epizentrum (S. 361) und der Ankunft der ersten Welle an einem Gegengestade.

So soll das Seebeben von Iquique in Chile (20° S) am 9. Mai 1877 nach $14^3/_4$ Stunden in Honolulu verspürt sein. Die im grössten Kreis gemessene kürzeste Entfernung beträgt 5710 Seemeilen. Ebenso traf die erste Stosswelle nach 23^h in Hakodate in Japan (8750 Seem.), nach $18^1/_4{}^h$ in Wellington (Neuseeland, 5660 Seem.) ein. Daraus berechnet sich die Geschwindigkeit auf dem nordwestlichen Wege bis Honolulu zu 387 ($5710 : 14{,}_{75}$) Seemeilen pro Stunde

[4]) Schott a. a. O. 81. — [5]) Daselbst 86 ff.; vergl. auch Geogr. Jahrb. XVIII, 1895, S. 192 f. — [6]) Krümmel, Handb. d. Ozeanogr. II, 82. — [7]) Ebenda, 114 ff.

oder 199 m in der Sekunde, bis Hakodate zu 381, bis Wellington zu 306 Seem.[8]). Wahrscheinlich ist die Geschwindigkeit noch eine grössere, da der sichtbaren wirklich gehobenen Stosswelle vermutlich unmerklich kleine Wellen vorauseilen, und die Annahme, dass sie sich auf kürzestem Wege im grössten Kreise fortpflanzen, ja nur ein Notbehelf ist[9]).

Aus der Wiederholung des Wogenandranges die Periode (T) entnehmend, schliesst man auf eine gewaltige Länge der einzelnen Explosionswellen von Wellenkamm zu Wellenkamm. Bei viertelstündlicher (900 Sek.) Wiederkehr berechnet sich diese Länge aus $L = 1{,}_{56} \times 900^2$ zu 1264 km, bei einstündiger sogar zu $1{,}_{56} \times 3600^2$ oder 20218 km. Gegen diese Wellenlänge, die sich nur mit der durch Ebbe und Flut erzeugten Welle (S. 543), nicht aber mit Windwellen in Vergleich stellen lässt, verschwindet auch die grösste Meerestiefe (P), sodass das Verhältnis $P : L$ ein kleiner Bruch wird. Unter dieser Voraussetzung ist annähernd das Quadrat der Geschwindigkeit gleich dem zehnfachen der mittleren durchlaufenen Meerestiefe, genauer

$$C^2 = g \cdot P,$$ (wo g die Beschleunigung der Schwere) oder

$$P = \frac{C^2}{9{,}_8\,\text{m}} \text{ und bei } C = 200\,\text{m}, \text{ also } P = \frac{200 \cdot 200}{9{,}_8} = 4080\,\text{m}.$$

Man hätte also die Mitteltiefe des Grossen Ozeans zwischen Chile und Japan zu 4080 m, zwischen Chile und Neu Seeland zu 2800 m etc. anzunehmen. Diese Berechnungen hatten zu einer Zeit, in der man kaum über ozeanische Tiefen orientiert war, einen gewissen Wert, sind aber nachmals nur zum Teil durch Tiefseelotungen bestätigt worden.

§ 218. Stehende Wellen oder Seiches[10]). An manchen Binnenseen und geschlossenen Meeresteilen hat man seit längerem eigentümliche Schwankungen des Seespiegels um eine neutrale Achse beobachtet, die, ohne äusserlich sichtbare Ursache plötzlich auftretend, das Wasser an einem Ufer ansteigen lassen, während es am entgegengesetzten sinkt. Die Schaukelbewegung wiederholt sich rhythmisch in Zeiträumen, welche mit den Durchmessern der Seebecken und ihrer mittleren Tiefe zusammenhängen, mit immer schwächerem Ausklang, um dem Anschein nach dann wieder zu verschwinden und sich später wieder zu verstärken. Auch finden sich solche von halber Periode, die man im Gegensatz zu den ersteren als zweiknotige stehende Wellen bezeichnet (d. h. mit zwei in Ruhe befindlichen Linien während der rhythmischen Bewegung), und es können auch noch mehrknotige Wellen entstehen. Man hat für diese Erscheinung verschiedene Lokalnamen; am Genfer See, wo sie am häufigsten auftritt und am besten erforscht ist, heisst sie Seiches (französisch zu sprechen), und dieser Name ist jetzt so ziemlich der übliche für die gleichen Erscheinungen an anderen Seen geworden.

Als Ursache der Seiches hat man atmosphärische Einwirkungen auf den Seespiegel erkannt, vor allem die kleinen, fortwährend vor

---

[8]) Vergl. E. Geinitz in Nova Acta d. Leop. Car. Acad. d. Naturforscher, XL, Halle 1878, Nro. 9. — [9]) Vergl. hierzu Krümmel, Ozeanographie II, 1887, 131 ff., 2. Aufl. 1911, 153 ff. — [10]) Forel, Handb. d. Seenkunde, 1901, 72—80, Krümmel, Handb., II, 1911, 157 ff.

sich gehenden Veränderungen des Luftdrucks, die sich zuweilen plötzlich bedeutend verstärken, ohne dass sie notwendig von Stoss- oder Fallwinden begleitet zu sein brauchten. Sie kündigen häufig bei ganz heiterem und windstillem Wetter Gewitter an. Aber auch Platzregen erzeugen Seiches.

Am Genfer See beobachtet man Seiches sowohl in der Richtung der Längs- wie der Querachse, ihre Dauer ist dort 73 Minuten, am St. Wolfgang See 32 Min. Wenn die älteren hydrodynamischen Theorien vielfach berechnete Werte der Dauer ergaben, die mit dem beobachteten nicht übereinstimmten, so lag dies daran, dass sie der Gestalt der Seebecken zu wenig Rechnung trugen. Sie gingen nämlich von der Formel aus:

$$t = \frac{2l}{\sqrt{gp}}$$

worin t der ganzen Schwingungsdauer vor- und rückwärts, l der Länge des Seebeckens, p der mittleren Tiefe und g der Schwerkonstante entspricht. Eine weitere Theorie[11]) konstruiert, um die Seicheskonstanten für den einzelnen See zu berechnen, aus der veränderlichen Tiefe und dem veränderlichen Querschnitt eine sog. Normalkurve des Sees, die man alsdann als Längsschnitt desselben bei gleichmässiger Breite und überall rechteckigem Querschnitt betrachten kann.

Man hat auch die plötzlichen Anschwellungen an der Ostsee, den sog. Seebär (welches Wort aus dem alten Ausdruck bahre = Schwellung, Hebung erklärt wird) auf die gleichen Ursachen ungleichen Luftdrucks zurückgeführt[12]) und vor allem das uralte Rätsel des Euripus, der Meerenge von Chalkis in Griechenland zwischen Euböa und dem Festland, als eine Abart der Seiches erkannt[13]). Dort wechselt im Nordhafen Hoch- und Niedrigwasser 8 — 9 mal in 12 Stunden, was also durch Ebbe und Flut nicht allein bewirkt sein kann. Es entspricht die Periode annähernd der aus der Seichesformel abgeleiteten.

§ 219. Die Gezeiten[14]). Im ersten Buch haben wir bereits den an allen ozeanischen Küsten im Meeresspiegel beobachteten Gezeitenwechsel berührt, der sich im allgemeinen in 24 Mondstunden oder $24^h\ 50^m$ Sonnenzeit zweimal vollzieht (§ 94). Zugleich wurden die kosmischen Kräfte, welche Mond und Sonne je nach ihrer gegenseitigen Stellung und Entfernung von der Erde auf das Meer ausüben, abgewogen und die Perioden der verschiedenen Gezeiten bestimmt; alles vom theoretischen Standpunkt unter Voraussetzung eines die Erdkugel mit gleichmässiger Tiefe umgebenden Meeres, in welchem die Wassermassen ohne Reibung den anziehenden Gestirnen folgen. Man nennt dies die „Gleichgewichtstheorie der Gezeiten".

---

[11]) Chrystal, On the hydrodynamical theory of seiches (Trans. R. Soc. Edinburgh Vol. 41, Part. III, 1905. Vergl. hierzu A. Endrös, Seichesbeobachtungen an Seen des Salzkammergutes (Pet. Mitt. 1906, 252—58 und 1908, 39 ff.) und W. Halbfass, Der heutige Stand der Seichesforschung (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., Berlin 1907, 5—24). — [12]) R. Credner, Ueber den Seebär v. 16. Mai 1888. (Jahresber. der Geogr. Ges. Greifswald III, 1. T., 1888, 57; Krümmel, Handb. II, 172 ff.). — [13]) O. Krümmel, Zum Problem des Euripus (Pet. Geogr. Mitt. 1888, 331, mit Karte; Handb. II, 180). — [14]) G. H. Darwin, The Tides and Kindred Phenomena in the Solar System. Deutsch v. A. Pockels: Ebbe und Flut etc. Leipzig 1902, 2. Aufl. 1911.

1. Die Gliederung des Weltmeeres in Einzelozeane und Nebenmeere und das ungleiche Relief des Meeresbodens, die Gegensätze vor allem von Tiefsee und seichtem Küstenwasser bedingen jedoch so zahlreiche Ausnahmen von den theoretisch berechneten Erscheinungen, dass nur wenige Punkte auf der Erde zu finden sind, in denen sich die Gezeiten ganz im Sinne der Theorie vollziehen. Misslich ist dabei freilich, dass wir keine Möglichkeit besitzen, Zeit und Höhe des Gezeitenwechsels auf hohem Meere zu beobachten. Wir sind ausschliesslich auf Küstenstationen angewiesen, von denen von vornherein angenommen werden muss, dass lokale Verhältnisse die Untersuchung verwickeln.

Eintrittszeit und Höhe der Gezeiten bestimmen wir heute an immer zahlreicheren Punkten der Erde durch selbstaufzeichnende Pegel (Flutmesser, Mareographen, S. 501).

Ein Schwimmer überträgt die Schwankungen der Wasseroberfläche auf eine Trommel. Um aber den Schwimmer der Wellenbewegung zu entziehen, schliesst man ihn in einen Zylinder ein, der nur durch ein Loch nahe am Boden mit den Gewässern in Verbindung steht. Bei dem rasch abnehmenden Ausschlag der Orbitalbewegung nach der Tiefe kann sich also die Wellenbewegung nicht auf die Wassersäule im Zylinder übertragen.

Die Pegelbeobachtungen haben den früher bestrittenen Anteil geschlossener Nebenmeere und grösserer Binnenseen am Wechsel von Ebbe und Flut aufs augenscheinlichste nachgewiesen, wenn sich auch in letzteren der Gezeitenwechsel nur nach wenigen Centimetern bemisst. Leicht verständlich ist zunächst eine überall beobachtete Verzögerung der Flutwelle gegenüber dem raschen Voranschreiten der beiden anziehenden Gestirne nach ihrem (scheinbaren) Lauf um die Erde. Das Hochwasser tritt immer um eine gewisse, aber beträchtlich wechselnde Zeit später ein, als der Meridiandurchgang des Mondes am Beobachtungsorte, und die Springflut, die man theoretisch bei Neu- und Vollmond erwarten müsste (S. 193), wird meist $1 - 2^1/_2$ Tage nach diesen Terminen beobachtet. Allgemein bedingt durch die innere Reibung des Wassers wird diese Verzögerung lokal im flachen Wasser der Küsten verstärkt.

Unter Hafenzeit eines Ortes versteht man die wahre Ortszeit (§ 48) des am Tage des Neu- und Vollmondes nach Mittag eintretenden (ersten) Hochwassers; sie gibt also an, wieviel Stunden das Hochwasser an dem betreffenden Ort dem Durchgang des Mondes durch den Meridian zur Zeit der Syzygien (S. 183) folgt. Die Hafenzeit steht ein für alle mal fest. Man kann aus ihr den Eintritt des Hochwassers an jedem beliebigen Tag berechnen, wenn man zur täglichen Kulminationsstunde des Mondes, wie sie die astronomischen Jahrbücher angeben, die Hafenzeit hinzufügt. Rechnet man nun diese örtlichen Hafenzeiten des Vergleichs wegen auf eine Einheitszeit um wie die von Greenwich, so lassen sich für eine Küstenstrecke oder nahbenachbarte Gegengestade, sog. Hochwasserstundenlinien[15]), in eine

[15]) S. solche für verschiedene Küsten auf den Karten 23—26 von Berghaus' Physik. Atlas 1891, in J. Perthes' Seeatlas, Taf. 10 und 11 etc.

Karte zeichnen, welche das Vorrücken der Flutwelle längs dieser Küsten erkennen lassen.

Als man in den Jahren 1830—40 diesen Verhältnissen grössere Beachtung schenkte, verfiel man in den Fehler, die gleichen (absoluten) Hochwasserstunden an weit entfernten ozeanischen Küsten quer über das Meer durch Linien[16]) (Isorhachien[17]), englisch cotidal lines) zu verbinden und diese letzteren als Ort des fortschreitenden Kamms der Flutwelle anzusehen. Diese von Whewell aufgestellte Flutlinienhypothese[18]) sah zugleich den Stillen Ozean als Geburtsstätte der grossen Flutwellen an, weil er allein gross genug schien zur Ausbildung so grosser Wellen. Von dort sollten sie dann in den Atlantischen Ozean vorrücken, um mit schnell vorauseilender Mitte nach $1-2^1/_2$ Tagen die nordatlantischen Küsten zu erreichen. Anschauungen, die heute verlassen sind, sich aber deshalb so lange in der Literatur erhalten haben, weil die schon 1842 von Airy ausgearbeitete Auffassung, welche in der inneren Reibung die wahre Ursache der Verzögerung erkannte, erst nach einem Menschenalter grössere Beachtung fand.

2. Die Airysche Wellentheorie der Gezeiten, auch Kanaltheorie genannt[19]), weil sie die Bewegung des Wassers in einem Kanal von gleichmässiger Breite und Tiefe zur Voraussetzung hat, gipfelt in dem Nachweis, dass jede Störung in der Bewegung der unmittelbar von den anziehenden Kräften abhängigen gezwungenen (oder primären) Flutwellen ein System von freien (oder sekundären) Wellen erzeugt, die zu jenen in bestimmter Beziehung stehen. Treten beide Gattungen zusammen auf, so summieren sie ihre Wirkung. Nun ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der gezwungenen Wellen unabhängig von der Tiefe des Wassers; sie durcheilen den Kanal vielmehr mit der (scheinbaren) Umlaufsgeschwindigkeit des Gestirns um die Erde, und ihre Länge ist immer von halber Länge des Kanals. Ihre Höhe wächst direkt mit der Wassertiefe. Im flachen Wasser verschwinden sie daher so ziemlich. Die freien Wellen aber haben zwar mit den gezwungenen jeweilig die Periode (τ) gemein, aber ihre Länge (λ) ist verschieden und hängt von der Wassertiefe (p) ab. Hierbei sind nun Tief- und Seichtwassertiden zu unterscheiden.

a. Ist die Wellenlänge (λ) sehr gross im Verhältnis zur Meerestiefe (p), wie es bei den mehrere Tausend Kilometer langen Flutwellen des Ozeans (s. u.) der Fall ist, so nehmen die Formeln, welche die Beziehungen zwischen Periode (τ), Länge (λ), Fortpflanzungsgeschwindig-

---

[16]) S. die Whewellschen Cotidal lines in Berghaus' Phys. Atlas, 2. Aufl., 1850: Hydrographie Taf. 1. — [17]) Besser Homorhachien, Linien gleichzeitiger Flut. S. darüber Näheres in Peschel-Leipoldt, Phys. Erdkunde II, 1886, 23. — [18]) Whewell hat sie selbst 1848 zurückgenommen (Philos. Transact. Vol. 138, 1848, p. 2). — [19]) G. B. Airy, Artikel „Tides and Waves" in der Encyclopaedia Metropolitana, Vol. V, 1842. Die Grundanschauungen Airys sind in Verbindung mit der Darlegung der Gezeitenbeobachtungen durch die sog. harmonische Analyse wiedergegeben von C. Börgen (Die harm. Analyse der Gezeitenbeobachtungen) in den Annalen der Hydrographie XII, 1884. In elementarer Form hat Börgen im Segelhandbuch des Atlant. Ozeans, 1885, 293—316 (Die Gezeiten im Nordatl. Ozean) die neuen Anschauungen dargelegt. Vergl. auch Krümmel, „Ueber Gezeitenwellen"; Rede 1897, Kiel; und Handbuch der Ozeanogr. II, 1911, 234 ff.

keit (c) und Wassertiefe (p) regeln, die einfache schon erwähnte (S. 539) Gestalt an

$$c = \sqrt{g \,.\, p} \text{ und } \lambda = \tau \sqrt{g \,.\, p},$$

wo g die Schwerekonstante $= 9{,}_8$ ist d. h. also Länge und Geschwindigkeit der freien Wellen sind der Quadratwurzel aus der Tiefe proportional.

Die halbtätigen Mondflutwellen haben eine Periode von $12^h\ 25^m$ (S. 189 oder $12{,}_{42}{}^h \times 3600^s = 44\,712$ Sekunden. Folglich beträgt die Länge (λ) einer) solchen bei einer Mitteltiefe des Wassers (p) von 4000^m immerhin 8850^{km} ($= 44\,712 \times \sqrt{9{,}_8 \,.\, 4000}$), sodass selbst im Grossen Ozean zwei solcher Wellen kaum Platz haben und die grössten Meerestiefen ($9 - 10^{km}$) in der Tat gegen die Wellenlänge verschwinden. Bei 1000^m Tiefe hat die Welle 4426^{km} Länge und selbst in flachen Meeren wie der Nordsee erreicht sie bei 50^m Tiefe noch 989^{km}. Ihre Geschwindigkeit (c) ist bei 4000^m eine gewaltige, nämlich 198^m in der Sekunde ($= \sqrt{9{,}_8 \,.\, 4000}$) oder 385 Seemeilen in der Stunde, bei 1000^m Tiefe eilt sie nur halb so schnell vorwärts.

b. Im Seichtwasser treten verwickeltere Verhältnisse auf. Zunächst bilden sich, sobald die aus der See an die Küste tretende kosmische Gezeit eine hohe im Verhältnis zur Wassertiefe ist — was nur bei halbtägigen Mond- und Sonnentiden der Fall sein wird —, noch besondere Nebengezeiten auf. Sie bedingen, dass die Form der Welle eine unsymmetrische, nach vorn steilere ist, sodass das Wasser zum Steigen weniger Zeit als zum Fallen gebraucht. In einzelnen Trichterbuchten können infolge davon sogar mehrere Hochwasser eintreten, wie denn die Bucht von Southampton z. B. drei Hochwasser in 24 Stunden hat. Und wenn mehrere Tiden von verschiedener Periode in solchen seichten Kanälen wirksam sind, so bilden sich ferner nach Art der Kombinationstöne bei den Schallwellen noch besondere Kombinationstiden. Unberücksichtigt bleiben hierbei die meteorologischen Einflüsse wie Wind, Regen, Luftdruck, welche, wenn sie regelmässigem Wechsel am Tage und im Jahre unterworfen sind, die Sonnentiden erheblich beeinflussen können.

3. Somit durchkreuzen die Meere eine ganze Reihe von Systemen von Gezeitenwellen. Es muss daher auch die Erscheinung der Interferenz d. h. der Durchkreuzung eine beträchtliche Rolle spielen. Begegnen sich die Kämme zweier Wellen von gleicher Periode, so muss die Fluthöhe an dieser Stelle beträchtlich wachsen. Auf diese Weise lässt sich der Unterschied mancher Inselstationen im Grossen Ozean erklären. Die Marquesas und Samoa Inseln z. B. haben $1 - 2^m$ Flutwechsel, während Tahiti nur $0{,}_4{}^m$ hat. — Dort wo sich Kamm und Tal zweier Wellen ganz ausgleichen, kann die eine Gattung z. B. die Mondwelle ganz verschwinden, sodass nur die Sonnentiden übrigbleiben wie in Tahiti. Umgekehrt ist in der Florida Strasse die Mondflut sechsmal stärker als die Sonnenflut. — Ebenso erklären sich durch Interferenz die merkwürdigen Abweichungen der Hafenzeiten an manchen Orten, wo sich zwei Flutwellen aus verschiedenen Richtungen begegnen. Sind sie gleich stark, so entspricht die Hafenzeit dem

Mittel aus den Zeiten, in welchen jeweilig die beiden Einzelwellen in dem Orte ankommen.

Es beruht offenbar der grosse Unterschied in den Hafenzeiten so benachbarter Orte wie Katwyk ($1^h\ 55^m$) und Texel (6^h) an der Küste Hollands (Taf. 18) auf Interferenz der aus dem Kanal direkt in die Nordsee tretenden Flutwelle mit der um Schottland herum südwärts eilenden. Diese würde für sich Texel um $8^h\ 9^m$, jene schon um $3^h\ 37^m$ erreichen. Das Mittel von $5^h\ 53^m$ stimmt also gut mit der Hafenzeit 6^h von Texel überein.

Trotz aller dieser und anderer theoretischer Versuche, dem Problem näher zu kommen, ist man bis heute nicht im stande, den Verlauf der grossen Flutwellen in den Ozeanen mit einiger Sicherheit festzulegen. Es liegen nur tastende Versuche vor. Im allgemeinen rückt die Flutwelle im tiefen Wasser rascher vor als auf den flachen Bänken der Küste. In vielen Fällen ist das direkte Auflaufen des Wellenkammes gegen die Küste nur scheinbar, in einiger Entfernung von ihr ist er senkrecht zum Küstenverlauf gestellt[20]). Sodann lenkt die Umdrehung der Erde von W nach O die Wellen auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links ab.

Die Formel $C = \sqrt{g \cdot p}$ gibt ein Mittel, annähernd den Weg zu bestimmen, welchen eine Flutwelle zwischen A und B zurücklegt. Stimmt die berechnete Reisedauer mit dem Unterschied der Hafenzeiten an den Endorten überein, so darf dies als Beweis direkten Auflaufens der Flutwelle von A nach B (im grössten Kreise gemessen) gelten. Im anderen Falle muss man an der Hand des Bodenreliefs und mit Zuhilfenahme von Zwischenstationen andere Wege suchen, bis die berechnete Welle die Station B zur entsprechenden Hafenzeit erreicht.

Am ehesten hat noch der Atlantische Ozean den Charakter eines Kanals, wie ihn die Airysche Theorie voraussetzt, und seine Tiefen sind besser als die der anderen Ozeane bekannt. Danach scheint die Welle im südlichen Atlantischen Ozean nordwestwärts zu verlaufen, sich beim Uebergang über den Aequator teilend. Der eine Zweig eilt mit Rechtswendung in den östlichen Mulden vorwärts und erreicht so schrittweise die Westküsten Europas von Süden nach Norden, entsprechend den von Spanien bis Schottland sich um 4^h verspätenden Hafenzeiten. Auf amerikanischer Seite tritt die merkwürdige Erscheinung ein, dass fast die gesamte Küste von Westindien bis Neuschottland durch 23 Breitengrade — abgesehen von den innersten Buchten — fast gleiche Hafenzeit hat. Gerade dies hat zu der Auffassung geführt[21]), dass den Nordatlantischen Ozean quer verlaufende stehende Wellen (nach Art der Seiches, S. 539) beherrschten, als befinde sich das Meer in einer periodischen Schaukelbewegung. Nach der Wellentheorie dagegen wird anzunehmen sein, dass die südlichen Küsten von der rasch durch die westindische Tiefe nordwestwärts laufenden Welle erreicht werden, während Neufundland vielleicht erst im Bogen durch die von den Azoren über Island verlaufende Welle getroffen wird.

---

[20]) C. Börgen, Segelhandbuch d. Atlant. Ozeans, 313 ff. — [21]) Diese sog. Schwankungstheorie W. Ferrels wird eingehend von Börgen a. a. O. widerlegt.

§ 220. Die Gezeitenströmungen[22]. Schon früher (S. 348) ist auf die Wirkung von Strömungen des Wassers aufmerksam gemacht, welche in raschem Wechsel der Richtung an flachen Küsten und in engen Gewässern, zwischen Inseln und in Meerengen auftreten und sich durch die Periode dieses Wechsels deutlich als durch Ebbe und Flut erzeugt von anderen Meeresströmungen unterscheiden. Die neueren Strömungskarten lassen die Gegenden, in denen diese Gezeitenströme sich geltend machen oder überwiegen, erkennen[23] (Atlas Taf. 8). Die Küsten der Nordsee, besonders der Kanal, die britischen Gewässer, die norwegische Küste, das Persische Meer, das Australasiatische Inselmeer und die Buchten Ostasiens sowie Australiens, die westamerikanischen Fjordküsten, der St. Lorenzgolf etc. gehören hierher.

Die Tiden als Wellenbewegung aufgefasst zeigen einen Kreislauf der Wasserteilchen von $12^2/_5{}^h$; im Flutstrom befinden sie sich $6^1/_5{}^h$ über, im Ebbestrom $6^1/_5{}^h$ unter dem Mittelniveau des Wassers. Beim Durchgang durch letzteres muss daher Stillwasser und das Kentern des Stromes d. h. die Umkehr in die entgegengesetzte Richtung eintreten. Am Strande findet gegen die Erwartung dies Kentern nicht $3^1/_{10}{}^h$ nach Hoch- und Niedrigwasser statt, sondern gleichzeitig mit diesen beiden Phasen der Bewegung oder nur wenig später. Dies rührt von der geringen Wassertiefe an den Küsten her, welche dem Flutstrom in der Vorderseite der Gezeitenwelle nicht mehr gestattet, sich nach Hochwasser lange zu behaupten. In trichterförmigen Buchten und Kanälen wie z. B. im Aermelkanal kann sich das Kentern im Verhältnis zum jeweiligen Hochwasser des Küstenortes allmählich so verzögern, dass es für die ganze Meeresfläche zur gleichen Tagesstunde eintritt, aber eben bei verschiedenen Phasen der Gezeitenwelle[24]. Hierdurch erklären sich auch die Wirbelströmungen, die in manchen solcher Strassen gefürchtet sind. Indem die Gezeitenströme am Strande senkrecht auf diesen zu, weiter ab dagegen parallel mit der Küste verlaufen und ihre Umkehr bei verschiedenen Phasen hier und dort bewerkstelligen, vollzieht sich an der links vom Flutstrom liegenden Küste eine Drehung der Gewässer im Sinne des Uhrzeigers, umgekehrt an der rechten. Auf hohem Meer fast unmerkliche Geschwindigkeit zeigend, erreichen die Gezeitenströme in schmalen Strassen nicht selten 6 — 8 Seemeilen in der Stunde (3 — 4^m in 1^s), woraus sich ihre lokale Gefährlichkeit für die Schiffahrt genügend ergibt. Der Maelstrom bei den Lofot-Inseln und die Skylla und Charybdis in der Strasse von Messina[25] sind auf solche Gezeitenströme zurückzuführen.

Die Höhe und Geschwindigkeit der Flutwelle steigert sich in Trichterbuchten oft zu gewaltiger Höhe[26]. Als Mascaret an der Seine, als Bore am Hugli, als Pororoca am Amazonas bekannt, eilt sie auch an der chinesischen Küste als mächtige Brandungswelle in den Flüssen empor. In 5^m hoher mauerartiger Erhebung wälzt sie sich

[22]) Krümmel, Ozeanogr. II, 1887, 224 ff.; 1911, 272 ff. — [23]) Atlas des Atlantischen, Indischen und Stillen Ozeans (§ 197). — [24]) Börgen, Die Gezeitenströmungen im Atlantischen Kanal etc. Ann. d. Hydr. 1880, 7 ff. — [25]) J. Hann, Allg. Erdkunde, 1896, 322, mit Kärtchen. — [26]) Krümmel, Handbuch II, 1911, 299 ff.

mit gewaltigem Getöse gegen die Ufer des Amazonas. Die Schiffe müssen versuchen sich in die Mitte des Strombettes zu retten.

§ 221. Die Meeresströmungen[27]. Im Gegensatz zu den eben geschilderten Bewegungen des Meeres verstehen wir unter Meeresströmungen die dauernde Vorwärtsverschiebung von Oberflächenwasser in gleicher oder nur jahreszeitlich wechselnder Richtung. Von den verwickelten Küstenströmungen sehen wir hierbei ab und sprechen zunächst von solchen auf hohem Meere.

Die Kenntnis der tatsächlich vorhandenen Meeresströmungen, ihrer Ausbreitung, Stärke und Veränderlichkeit hat sich sehr langsam entwickelt. Es kann dies nicht verwundern, wenn man bedenkt, wie ausserordentlich langsam sie an sich im Durchschnitt sind und wie veränderlich in ihren seitlichen Grenzen; nur an wenigen Stellen besitzen sie eine unmittelbar wahrnehmbare Schnelligkeit. Die Mittel, welche uns diese auf Flüssen schätzen lassen (S. 330), versagen bei dem Mangel jeglicher Ufermarken auf dem hohen Meer. Bis auf den heutigen Tag müssen wir indirekte Anzeichen zur Einzeichnung ihres Verlaufes zu Hülfe nehmen.

Daher bringt das Zeitalter der Entdeckungen nur Kunde von einigen in Engen rascher fliessenden Strömungen. Der Moçambique Strom, den arabischen Seeleuten des Mittelalters sicher schon bekannt, veranlasste bereits Vasco da Gama (1498), eines der vorspringenden Kaps an der Südostküste Afrikas Cabo dos Corrientes, das Kap der Strömungen, zu benennen. Im Jahre 1512 erkannte Ponce de Leon den Floridastrom. Kolumbus sprach sich deutlich über die Strömungen zwischen den kleinen Antillen und in der Yucatanstrasse aus[28]; daneben glaubte schon Kolumbus eine Westbewegung der atlantischen Gewässer wahrzunehmen. Theoretische Ansichten erweiterten diese Anschauungen im 17. Jahrh. zur Annahme allgemeiner Weststrümungen in den tropischen Meeren.

Anzeichen der Meeresströmungen. Unter den mittelbaren Anzeichen, welche Zeugnis für weitverzweigte Bewegungen des Oberflächenwassers ablegen, spielen Treibprodukte die grösste Rolle. Wenn westindische Hölzer in Norwegen und Island angeschwemmt werden, oder die Nordküste Spitzbergens massenhaft mit Treibholz bedeckt ist, das sich nach dem Artenbefund als sibirisches erwiesen hat, so kann über Strömungen, welche diesen Transport zwischen jenen Gebieten vermitteln, kein Zweifel sein, aber über den Reiseweg im einzelnen selbst deuten sie uns nur Unsicheres an. Grössere Beachtung gewinnt das in unserem Jahrhundert eingeführte Hilfsmittel der Flaschenposten[29]. Es ist freilich verkehrt, aus der Reisedauer ausgeworfener Flaschen in Vergleich mit der kürzesten Entfernung zwischen Auswurfs- und Landungsstelle ohne weiteres auf die Geschwindigkeit der Strömung schliessen zu wollen, die sie befördert hat; das ist nur in festen geschlossenen Strömungen angängig, da andererseits Flaschen

[27]) Krümmel, Handb. d. Ozeanogr. II, 1911, Kap. III, 413—728. — [28]) J. G. Kohl, Geschichte des Golfstroms etc. Bremen 1868, 29. — [29]) G. Schott, „Die Flaschenposten der deutschen Seewarte". (A. d. Archiv der deutschen Seewarte, XX, 1897, mit 6 Karten), weist den grossen Wert dieser Einrichtungen nach.

monatelang im Meere kreisen können ohne zu landen. Ferner bieten die wandernden Eisberge, die bis zu $^6/_7$ ihrer Höhe eintauchen (S. 530) und daher ihre Fortbewegung ungleich mehr den Strömungen des Wassers als etwa dem Winde verdanken, die Mittel, Verlauf und Geschwindigkeit polarer Ströme abzuschätzen.

Seit Benjamin Franklins Zeiten (1775) ist dann noch das wichtige Hülfsmittel der Beobachtung der Wassertemperatur hinzugekommen, um die Meeresströmungen in ihrer räumlichen Begrenzung und jahreszeitlichen Verschiebung kennen zu lernen, und das Thermometer ist daher für viele Gegenden eines der wichtigsten nautischen Instrumente geworden. Man unterschied allmählich warme und kalte Meeresströmungen und veranschaulicht sie jetzt durch verschiedene Farben auf den Karten.

Man darf die Begriffe „warm“ und „kalt“ nur nicht in absolutem Sinn nehmen, sondern immer im Verhältnis zu den benachbarten, aber in der Temperatur abweichenden Meeresteilen sowie zu der darüber befindlichen Luftschicht. So ist der Golfstrom als „warmer Strom“ im Sommer 4°—5° wärmer als die atlantischen Gewässer gleicher Breiten und 5°—12° wärmer als die Luft. Ein Wasser von 17° C., wie man es im Stillen Ozean unter dem Aequator unweit der Galápagos[30]) gefunden hat, muss als ein äusserst kalter Strom gelten, da das Oberflächenwasser längs des Aequators sonst eine Temperatur von 26°—28° C. hat. Und wenn die Gewässer, welche die norwegische Küste eisfrei erhalten, auch nur 2°—3° C. im Januar zeigen, so gehören sie im Verhältnis zu einer Temperatur von 0° bis — 1° in den polaren Strömungen doch noch zu den „warmen“ Strömungen.

Temperaturmessungen und Bestimmungen des Salzgehaltes des Wassers dienen auch heute noch zu den wichtigsten Hülfsmitteln für die Festlegung von Stromgrenzen und die Kenntnis ihres Verlaufes. Im übrigen bildet die Hauptgrundlage die Berechnung der sog. Stromversetzung der Schiffe, die allerdings vor Einführung der Chronometer auf denselben und damit der genaueren Längenbestimmung des Schiffsortes unmöglich war.

Täglich um Mittag wird auf den heutigen Schiffen die Schiffsposition, soweit möglich, astronomisch nach Breite und Länge bestimmt. Vergleicht man das Ergebnis dieses sog. astronomischen Bestecks alsdann mit dem gegissten d. h. mit der Bestimmung des Schiffsortes auf Grund des durchsegelten Kurses und der Distanz während des Etmals (S. 53), so berechnet sich die Stromversetzung nach Richtung und Geschwindigkeit auf einfache Weise aus dem Unterschied beider Positionen.

Ist z. B. (Fig. 76) beobachtet (A) 35° 35′ N und 141° 45′ O
gegisst (B) 35° 6′ N „ 141° 15′ O

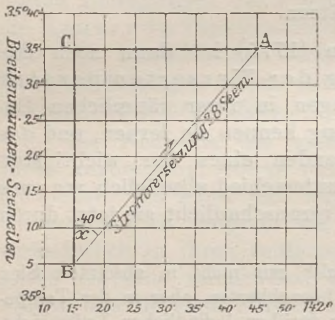
so ist die Stromversetzung 29′ nordwärts u. 30′ ostwärts.

Nun sind 29 Breitenminuten = 29 Seemeilen und 30 Längenminuten in 35° Br. = 24,5 Seem. (da hier 1° L. = 49 Seem.); also ist die Stromversetzung in 24^h $= \sqrt{29^2 + 24{,}5^2} = \sqrt{1440}$ oder 38 Seemeilen gewesen. Zugleich hat die Strömung das Schiff in einer Richtung N 40° O geführt, da tang $x = 24{,}5 : 29 = 0{,}84$ und x also 40° ist. Man pflegt diese Berechnungen mit Hülfe von Strichtafeln zu machen.

[30]) Segelhandbuch des Stillen Ozeans, Hamburg 1897, 24.

Die Seeleute pflegen die Stromgeschwindigkeit nach der Zahl der Seemeilen in Etmal (24 h) anzugeben. Eine solche von 100—120 Seem. gehört schon zu den äussersten Seltenheiten und wird fast nur in den Verengungen gefunden, durch welche sich einige Strömungen hindurchzwängen (Florida-Enge). Es bedeutet dies 4—5 Seemeilen in der Stunde oder (da die Zahl der Seemeilen pro Stunde = der doppelten der Meter pro Sekunde ist), 2 m—2 1/2 m in der Sekunde, also eine Geschwindigkeit, wie sie grossen Flüssen nur zur Hochwasserzeit zukommt (S. 330). 40—60 Seemeilen in Etmal (0,8 m—1,2 m pro Sek.) gehört immer schon zu den starken Strömungen. Die Aequatorialströme haben durchschnittlich vielleicht 15—25 Seemeilen; eine Fortbewegung von weniger als 5 Seemeilen im Etmal überhaupt nicht als Strom. Dann schleichen die Gewässer langsamer rechnet man als Niederungsströme im Sommer vorwärts.

Fig. 76.



Berücksichtigt man nun, dass die Schiffstagebücher erst in unseren Tagen zugänglicher geworden sind, dass andererseits weite Gebiete höherer Breiten ausserhalb des Weltverkehrs zur See liegen und somit Beobachtungen aus diesen über Strömungsverhältnisse und Wassertemperaturen nur spärlich vorhanden sind, so ist verständlich, wie vielfach noch der Vermutung über den Einzelverlauf mancher Meeresströmungen Spielraum gelassen ist. Erst seit wenigen Jahrzehnten vermag man die Gesamtheit derselben in ein übersichtliches System zu ordnen. Nicht wenig hat dazu die Erkenntnis beigetragen, dass der Wind die primäre Ursache der grossen Strömungen ist.

§ 222. Theorie der Meeresströmungen [31]). Während man seit längerem die grossen Aequatorialströmungen mit den in jenen Gegenden herrschenden Passatwinden in nahe ursächliche Verbindung gebracht hat und auch anderweit den Wind als wichtigen Erreger von Oberflächenströmungen — oder sog. Windtriften des Wassers — anerkannte, hat man ihm doch nicht die Kraft zugetraut, tiefgehende Bewegungen zu erzeugen, welche gewaltige Wassermassen über die Ozeane hinwälzen. Man hat daher für diese zweite Gruppe von „Strömungen im engeren Sinne" (stream currents im Englischen im Gegensatz zu drift currents) [32]) verschiedene Ursachen angenommen: Unterschiede des spezifischen Gewichts und der Erwärmung, Niveauunterschiede hervorgerufen durch Windstau, Einfluss der ablenkenden Kraft der Erdrotation etc. etc., wie sie z. B. für die grosse vertikale Zirkulation der Ozeane (S. 530) massgebend sind,

[31]) Vergl. über die Geschichte der Strömungstheorien Krümmel, Ozeanographie II, 1887, 327 ff., 1911, 442 ff. — [32]) Diese Bezeichnung rührt von James Rennell her (1832).

aber die raschere Fortbewegung des Oberflächenwassers nicht erklären.

1. In diesem Punkte haben theoretische Untersuchungen Wandel geschaffen. Man hat nachgewiesen, dass die Arbeit des Windes sich keineswegs nur auf die obersten Wasserschichten beschränkt. Allerdings trifft der Windstoss nur die Oberfläche, und dies bedingt, dass an derselben auch im Gebiet ein und derselben Strömung die Stromversetzungen in stark verschiedener Richtung erfolgen können. Wechselnde Winde haben immer nur Oberflächenströmungen im Gefolge. Die innere Reibung des Wassers aber ist es, welche die Bewegung tieferen Schichten mitteilt. Wo also dauernde Winde in gleicher Richtung lange Zeit auf die Oberfläche wirken, muss sich allmählich ein Teil der Geschwindigkeit in tiefere Schichten fortpflanzen (Zöppritzsche Windtheorie der Strömungen[33]).

Nach dieser Theorie müsste sich bei unendlicher Tiefe ein stationärer Zustand der Bewegung durch die ganze Wassermasse verbreiten, der anhält, selbst wenn die primäre Ursache nachmals aufhören oder sich ändern würde. Nimmt man den mittleren, übrigens mit wachsender Temperatur sich verkleinernden[34]) Reibungskoeffizienten des Seewassers zu $0{,}_{0144}$ an (d. h. es bewirkt die innere Reibung bei diesem leichtflüssigen Element eine gegenseitige Verschiebung sich berührender Flächen, auf die Flächeneinheit (1 Quadratcentimeter) bezogen, von nur $0{,}_{0144}$ cm in 1 Sekunde), so lässt sich nach Zöppritz für die Zeit, welche zur Uebertragung der Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit (V_o) in eine Tiefe von h Centimetern erforderlich ist, die Näherungsformel aufstellen[35]):

$$\sqrt{t} = \sqrt{\frac{1}{0{,}_{0144}} \cdot \frac{1}{0{,}_{48}} \cdot \frac{h}{2} \cdot V_o} = 17{,}_{36} \cdot \frac{h}{2} \cdot V_o, \qquad (1)$$

für $^1/_{10}$ der Geschwindigkeit würde die gleiche Formel lauten:

$$\sqrt{t} = \sqrt{\frac{1}{0{,}_{0144}} \cdot \frac{1}{1{,}_{16}} \cdot \frac{h}{2} \cdot V_o} = 7{,}_{184} \cdot \frac{h}{2} \cdot V_o. \qquad (2)$$

Daraus ergibt sich, dass die Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit 239, dagegen $^1/_{10}$ derselben 41 Jahre gebrauchen würde, um $100^{\text{m}} = 10\,000$ cm tief einzudringen, denn es ist, wenn wir zugleich die Geschwindigkeit $V_o = 1$ setzen, aus (1)

$t = (17{,}_{36} \cdot 5000)^2 = 7534\,000\,000$ Sekunden $= 239$ Jahre, und aus (2)

$t = (7{,}_{184} \cdot 5000)^2 = 1290\,000\,000$ Sekunden $= 41$ Jahre.

---

[33]) K. Zöppritz († 1885), Hydrodynamische Probleme in Bez. zur Theorie der Meeresströmungen (Wiedemanns Ann. d. Physik, 1878, III, 582 ff., 1879, VI, 597, im Auszug in Ann. d. Hydr., 1878, 239). — [34]) Nach neueren Bestimmungen von E. Ruppin berechnet Krümmel (Ueber die innere Reibung des Meerwassers. Wiss. Untersuch. her. v. d. Komm. d. wiss. Untersuch. d. deutschen Meere in Kiel; N. F. Bd. IX, 1906) den Reibungskoeffizienten bei 35 Promille Salzgehalt je nach der Abhängigkeit von der Temperatur, wie folgt:

bei 0^0 C $= 0{,}_{018}$, bei $10^0 = 0{,}_{014}$, bei $20^0 = 0{,}_{011}$, bei $30^0 = 0{,}_{009}$.

[35]) Auf Grund der von P. Hoffmann (Z. Mechanik der Meeresströmungen, Berlin 1885, 5) irrtümlich begangenen Verallgemeinerung der Zöppritzschen Formel für die Hälfte der Geschwindigkeit auf einen beliebigen n^{ten} Teil derselben hatte Verf. in den Ausgaben dieses Lehrbuchs von 1900 und 1903 die Zeit des Eindringens von $^1/_{10}$ Geschwindigkeit in 100^{m} Tiefe auf $9^1/_2$ Jahre berechnet. Es war ihm entgangen, dass F. v. Wrangell schon 1898 (Wiedemanns Ann. d. Physik, Bd. 65) auf den Hofmannschen Irrtum hingewiesen hatte.

Andererseits muss aus dem Umstande, dass dieselbe Geschwindigkeit zu verschiedenen Zeiten in Tiefen eintritt, die sich wie die Quadratwurzeln aus den Zeiten verhalten ($h : \sqrt{t} = h_1 : \sqrt{t_1}$), gefolgert werden, dass $^1/_{10}$ der Oberflächengeschwindigkeit, um in 10 m Tiefe einzudringen, immerhin $0,_{41}$ Jahre oder 5 Monate braucht. Man erkennt daran, dass die mit den Monsunwinden wechselnden sog. Monsunströmungen nur echte Oberflächenströme sein können.

2. Die sich mehrenden Beobachtungen, dass die Richtung der Meeresströmungen — abweichend von den Luftströmen benennt man die ersteren nach den Himmelsrichtungen, nach welchen sie hineilen, nicht woher sie kommen — durchschnittlich nicht unbedeutend von der Richtung der sie erzeugenden Winde abweicht, haben neuerdings dazu geführt, dem Einfluss der Erdrotation auf den Verlauf der Strömungen eine weit grössere Bedeutung beizumessen, als es früher geschah [36]).

Die Theorie ergibt, dass der rein vom Wind erzeugte Triftstrom an der Meeresoberfläche überall auf der nördlichen Halbkugel 45° nach rechts, auf der südlichen 45° nach links abgelenkt wird, ganz unabhängig von der geographischen Breite. Zugleich aber — und dies ist der neuere Gesichtspunkt — nimmt die Drehung nach rechts bezw. nach links mit wachsender Tiefe mehr und mehr zu, und während der Ablenkungswinkel mit der Tiefe gleichmässig wächst, nimmt die Stromgeschwindigkeit gleichzeitig in einer geometrischen Progression ab. Danach müsste sich die Oberflächengeschwindigkeit in derjenigen Tiefe, wo der Strom sich um 180° gedreht hat, also dem oberen entgegengesetzt läuft, im Verhältnis von $1 : e^{-\pi}$ oder $1 : 0,_{043}$ vermindert haben (e = Basis der natürl. Logarithmen oder = $2,_{718}$). — Die wirkliche Ablenkung der Strömungen wird im allgemeinen deshalb viel geringer sein, weil Wind, Uferlinien, im seichten Wasser der Meerboden, ferner Seitenströme sie in andere Bahnen zwingen. Nansen fand die Richtung der Eistrift, welche sein Schiff westwärts trieb, im Mittel um etwa 24° nach rechts von der mittleren Windrichtung abweichend.

Gegenüber der Zöppritzschen Theorie weist die neuere also nach, dass ein lang andauernder Wind nicht die gesamte Wassermasse des Meeres in bestimmter Richtung vorwärts zu bewegen vermag, sondern dass dies nur bis zu einer gewissen Tiefe möglich ist, da unterhalb derselben die durch die Erdrotation bewirkte, spiralförmige Drehung der übereinander gelagerten Schichten die Vorwärtsbewegung mehr oder weniger zum Stillstand bringt. Damit würde die allerdings bisher noch selten genauer festgestellte Tatsache erklärt sein, dass die Oberflächenströmungen meist nicht sehr tief hinabreichen. Bei den Aequatorialströmungen scheinen sie schon in ca. 200 m zu verschwinden [37]).

Wenn nun auch sicher noch andere Ursachen mitwirken, die grossen Stromsysteme der Meeresoberfläche im Gang zu erhalten —

---

[36]) Die gegen die Zöppritzsche Strömungstheorie gerichtete Bewegung ging hauptsächlich von Fritjof Nansen aus (vergl. The Oceanography of the North Polar Basin 1902, 369 ff. und „Die Ursachen der Meeresströmungen" in Peterm. Mitt. 1905). Die grundlegenden neueren analytischen Untersuchungen gab Walfried Ekman in Christiania (On the Influence of the Earth Rotation on Ocean Currents; Arkiv för Matematik etc. Bd. 2. Nro. 11, Stockholm 1905). S. besonders Ekmans äusserst verständlich geschriebenen „Beiträge z. Theorie der Meeresströmungen" in Ann. d. Hydr., Berlin 1906, Heft IX — XII. Die Einwände, welche O. E. Schiötz und H. Mohn gegen die Ekmansche Theorie erheben (Ann. d. Hydr. 1908, 429 — 450), widerlegt Ekman kurz (ebenda 1908, 481 — 84). — [37]) O. Krümmel, Der Ozean, 2. Aufl. 1902, 252.

wie z. B. der andauernde Windstau und die dadurch erzeugten geringen Niveauunterschiede, der verschiedene Salzgehalt oder Temperaturgrad und damit der Unterschied in der Dichtigkeit des Wassers, der sich ständig auszugleichen sucht, — so wird man doch an der Ansicht festhalten müssen, dass für die horizontale Zirkulation des Meereswassers, also für die eigentlichen Meeresströmungen, die Winde in Verbindung mit der Erdrotation die primäre Ursache ihrer Entstehung sind.

Danach müssen die grossen äquatorialen Westströme als solche aufgefasst werden, die längst durch die Passatwinde in stationäre verwandelt sind. In höheren Breiten erzeugen die freilich nicht mit gleicher Ausdauer der Richtung aber stärker wehenden Westwinde ähnliche Strömungen in entgegengesetzter Richtung. Die Erdrotation hilft die grossen Stromkreise in den nördlichen Ozeanbecken schliessen. Im Bereich der Antarktis jedoch ermöglicht das Zurücktreten der Kontinente, dass die Westwindtrift (Atlas, Taf. 8) einen geschlossenen Strömungsring rings um die südliche Kalotte bildet. Die Erdrotation bedingt es z. B. auch, dass in den Nebenmeeren der nördlichen Halbkugel sich Stromkreise entwickeln, welche die einzelnen Becken im entgegengesetzten Sinn des Uhrzeigers umkreisen. So zieht im Mittelmeer eine Strömung längs der afrikanischen Küste nach O und biegt dann längs der syrischen Küste nach N um.

3. Solche durch Wind in bestimmte Bahnen gelenkte oder gezwungene Strömungen haben aber ein ganzes System ausgleichender Wasserbewegungen oder freier Ströme im Gefolge. Zunächst muss im Rücken jeder Strömung Ersatz für die fortgeführten Wassermengen geschaffen werden, das erfordert der unzerreissbare Zusammenhang der Gewässer. Solche Ersatzströme (Kompensationsströme) werden einerseits von den Seitengewässern der Stromwurzel herbeigeführt, die also im Fall der Aequatorialströme von Norden und Süden längs der Westküsten der Kontinente in die Hauptströme einlenken. Wo letztere indessen hart am Festlandsockel beginnen, sodass zur Entwickelung oberflächlicher Kompensationsströme der Raum fehlt, wird der Ersatz aus dem tieferen Wasser aufgesaugt werden müssen. Dies zeigt sich in der so auffallenden Erscheinung kalten Wassers, welches eben längs jener kontinentalen Westküsten beobachtet wird; es ist das sog. Auftriebwasser[38]), das keiner Küste mit ablandigen Winden fehlt und besonders die Leeseite (Windschattenseite) ozeanischer Inseln begleitet (S. 552, Fig. 78). Bei auflandigen Winden kann kälteres Auftriebwasser am ehesten durch die neuere Wirbeltheorie der Strömungen erklärt werden.

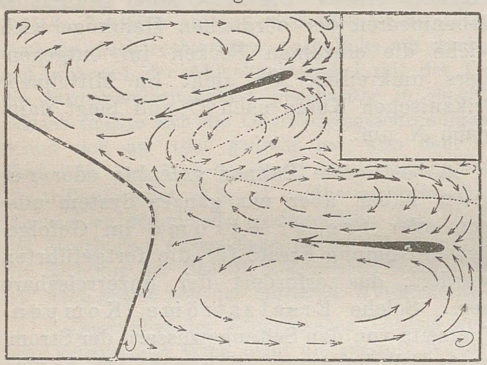
4. Jede Strömung, die auf eine feste Wand trifft, teilt sich, und die Arme setzen ihren Weg, solange nicht besondere Hindernisse

[38]) S. die Zusammenstellungen in Ad. Puff, Das kalte Auftriebwasser an der Ostseite des Nordatlant. und der Westseite des Nordindischen Ozeans. Diss. Marburg 1890; vergl Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 21; Krümmel, Ozeanographie II, 1911, 532 ff., der vertikale Ausgleich des Windstaues.

hinzutreten, mit gleicher Geschwindigkeit längs der Wand fort. Laufen nun zwei parallele Ströme gegen die gleiche senkrecht vorgebaute Wand an, so müssen die beiden inneren Zweige nach der Teilung schliesslich in der Mitte der Wand zusammentreffen, und von der Wand wieder abbiegend nun zwischen den Hauptströmen einen Gegenstrom entwickeln, dessen Kanten mit denen der Hauptströme durch umkurvende Wasserfäden verbunden sind. Ferner bietet jeder das Strombett einengende Landvorsprung Anlass zur Abzweigung eines kleinen, sich alsbald umbiegenden Seitenastes, der dann in einem Kreislauf allmählich zum Hauptstrom zurückkehrt. Das sind die sog. Neerströme, die viele Küsten in einer dem Hauptstrom entgegengesetzten Richtung begleiten (vgl. die Pfeile in den Winkeln der Fig. 77).

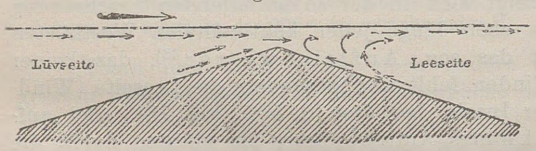
Viele dieser Vorgänge lassen sich experimentell in einfacher Weise veranschaulichen[39]). Setzt man das Oberflächenwasser in einer vierkantigen Wanne durch ein Gebläse — etwa eine Inhaliermaschine — in Bewegung, und macht man letztere durch aufgestreute Sägespäne sichtbar, so zeigen sich Stromkreise, die mit ihrer Stromteilung und Kompensationsströmung sowie den kleinen Neerströmen und der mittlern Gegenströmung viele der Erscheinungen in den grossen Ozeanen wiederspiegeln. Fig. 77 gibt annähernd die äquatorialen Strömungen im Atlantischen Ozean wieder; die grossen Pfeile entsprechen den Windtriften, die Kontinente sind durch eingestellte Zinkblechstücke vergegenwärtigt.

Fig. 77.



Auf die gleiche Weise lassen sich auch die Auftriebwasser auf der Leeseite von Bodenerhebungen veranschaulichen, wenn man wie in Fig. 78 ein Blechstück als Bodenschwelle in die Wanne legt und das Wasser durch das Gebläse in Bewegung setzt. Der Auftrieb des Wassers kann durch Tintentropfen sichtbar gemacht werden.

Fig. 78.



Die Gegend, von der der Wind kommt, die Windseite heisst in der niederdeutschen Seemannssprache die Luvseite, die entgegengesetzte die Leeseite.

---

[39]) Nach Krümmel, Handb. d. Ozeanographie II, 1887, 354 ff., 1911, 470 ff. mit anschaulichen Figuren, deren einige durch obige Fig. 77 und 78 wiedergegeben sind.

Eisschmelzströme[40]) sind in den polaren Gewässern beobachtet. Indem das Meereis in dem über dem Gefrierpunkte befindlichen Seewasser schmilzt, gelangt dieses geschmolzene Eiswasser als das salzärmere und leichtere am Eisrande über das erstere und fliesst daher von diesem Eisrand fort. Als Ersatz wird das umgebende Meerwasser zum Eisrand hingezogen. Der Teil desselben, der unter das Eis gerät, kühlt sich stärker ab, sinkt dadurch in die Tiefe, vom Eisrand weg strebend, sodass je ein kälterer Strom an der Oberfläche und in der Tiefe von der Eiskante fort strömt, ein etwas wärmerer Zwischenstrom zu ihr hinströmt. Ob hierdurch wirklich erhebliche Gebiete des Meeres in Bewegung gesetzt werden können, erscheint doch fraglich.

§ 223. Uebersicht der Meeresströmungen[41]). Betrachten wir nunmehr eine neuere Darstellung der Meeresströmungen (Atlas, Taf. 8), so darf man nicht vergessen, dass ein so bewegliches Element, das nach seitlicher Begrenzung, Längsausdehnung und Hauptrichtung sowie nach der Stärke sich mit den Jahreszeiten nicht unbeträchtlich verschiebt, in einem einzigen Bilde nur schwer dargestellt werden kann. Die mittleren Verhältnisse, die eine allgemeine Strömungskarte gibt, entsprechen der Wirklichkeit nur im grossen Ganzen. Unsere neueren Seeatlanten bieten daher für die Meeresströmungen zum mindesten Sommer- und Winterkarten. Ein richtiges Verständnis setzt zugleich eine Kenntnis der hauptsächlichsten Luftströmungen über den Meeresflächen voraus, weshalb es sich empfiehlt, beim Studium der Meeresströmungen die Windkarten ständig zum Vergleich heranzuziehen.

Im Atlantischen Ozean sind die beiden Hauptkreise deutlich ausgebildet. Die südliche Aequatorialströmung oder Südpassattrift, 8^0—10^0 breit, überschreitet den Aequator stets ein wenig; die Nordpassattrift, sich im Jahr um einige Grad verschiebend, ist im O nur schwach ausgebildet, setzt aber im W mit etwas grösserer Stärke ein. An der inneren Seite aller Stromkreise schwächt sich die Stromstärke bedeutend ab, sodass die Begrenzung Schwierigkeit bietet. Als mittlere Stromstärke kann man 15—16 Seemeilen im Etmal von 24^h für den nördlichen, 20—24 für den südlichen annehmen. Zwischen beiden bewegt sich als äquatoriale Gegenströmung der Guineastrom ostwärts; seine Wurzel im W schwankt beträchtlich mit den Jahreszeiten. Am afrikanischen Kontinent teilt er sich und sendet den Hauptzweig in den Busen, der ihm den Namen gegeben. Von der Aequatorialströmung auf schmalen Raum gedrängt, verstärkt er seine Geschwindigkeit und ist mit seinem tiefblauen warmen Wasser bis in die Nähe des Kongo beobachtet. Gespeist werden die Aequatorialströmungen durch den Benguelastrom im S und den Kanarienstrom im N, die teils als Kompensationsströme zu gelten haben, teils selbst bereits den Südost- bezw. Nordostpassatwinden ihre Entstehung verdanken. Beide sind gegenüber den Aequatorialtriften

[40]) O. Pettersson, Pet. Mitt. 1900, 81 ff., Ann. d. Hydr. 1905, 151 ff., vergl. Krümmel, Handbuch II, 1911, 572. — [41]) Krümmel, Handb. II, 1911, 548—728.

kühle Ströme, schon weil sie aus höheren Breiten in niedere gelangen. Aber hauptsächlich muss ihre geringere Temperatur an der Ostseite der Beimischung kalten Auftriebwassers zugeschrieben werden, das in den subtropischen Breiten infolge der ablandigen Passatwinde hart an den Küsten emporquillt und die Meerestemperatur um 6^0—8^0 C. und mehr erniedrigt gegenüber der Wasserwärme auf dem hohen Meer in 100 km—200 km Abstand von der Küste.

Der nördliche und südliche Aequatorialstrom vereinigen sich auf der Höhe von Guayana und senden vom Winde getrieben einen grossen Teil ihrer Gewässer zwischen den Antillen in die Karibensee, aus der ein starker, warmer Strom durch die Yucatanstrasse nordwärts zieht. Nach neueren Forschungen[42]) teilt sich dieser Strom alsbald dreifach. Der Hauptzweig zieht westwärts und umkreist den Golf längs dem Abfall des Schelfs (Campeche Bank und Florida Bank), um in die Florida Strasse einzubiegen; ein schwächerer zieht nordwärts und vereinigt sich mit dem Hauptstrom an der Mississippimündung; der östliche Zweig zieht unmittelbar in die Florida Strasse. Der Floridastrom, der erst von Franklin mit dem Namen Golfstrom belegt ward[43]), geht somit aus jenen Strömungen als schwacher (36 Seem.), nicht besonders warmer (25—28^0) Strom im W der Strasse hervor und wird alsbald durch das am Westrand der Bahámabank hindurchströmende Ozeanwasser verstärkt. Dennoch würde das durch die Engen von Bimini (Taf. 43; 37 km) wenn auch mit 800 m Mächtigkeit austretende Wasser[44]) nicht entfernt ausreichen, eine so breite, wenn auch allmählich sich verflachende Schicht vorwärts zu wälzen, wie sie sich etwa um Kap Hatteres zeigt (600 km), würde sie nicht von der Seite durch die als Antillenstrom umbiegende Nordpassattrift, welche an der äusseren Seite der Baháma Inseln entlang zieht, verstärkt. Der Passatwind selbst treibt ihm diese Wassermassen zu. Der blaue, warme, nicht besonders salzreiche[45]) Floridastrom läuft nunmehr mit 70—80 Seemeilen Geschwindigkeit ziemlich hart am Abfall der Kontinentalbank Amerikas nordwärts, im scharfen Gegensatz zu den grünlich trüben kalten Gewässern, welche auf dieser südwärts ziehen. Die innere östliche Flanke des Floridastromes ist verschwommen. Mehr und mehr biegt er nach rechts um und zeigt neben geringer Mächtigkeit und Stromstärke eine Auflösung in Bänder, die durch Streifen etwas weniger warmen Wassers getrennt sind. Die Aussenseite wird noch immer vom „kalten Wall" begleitet. Der Floridastrom dringt östlich nicht über den 45^0 W hinaus. Erst die Temperaturbeobachtungen der sechziger Jahre haben dargetan[46]), dass er in einer Westwindtrift seine Fortsetzung findet. Man hat für diese

[42]) Nach John C. Soley, Der Golfstrom im Golf von Mexiko. Annal. d. Hydrogr. 1907, 84 ff. mit Karte 1 : 7500000. — [43]) Krümmel, Handb. II, 1911, 574. — [44]) S. die Karte des Seebodens an der Spitze Floridas von Pourtalès, Pet. Geogr. Mitt. 1870, Taf. 20, 1 : 3000000, mit Profilen. — [45]) G. Schott, Salzgehalt und Dichte der Meeresoberfläche in den westind. Gewässern, Pet. Mitt. 1908, 16—19. Dort wird die Unrichtigkeit der Lindenkohlschen Berechnungen (Pet. Mitt. 1896), die auf amerikanische Messungen sich gründeten, nachgewiesen. — [46]) A. Petermann, Der Golfstrom, in Pet. Geogr. Mitt. 1870, 201 mit Karten.

den Namen Golfstromtrift beibehalten, wiewohl wir jetzt wissen, dass zum geringsten Teil Wasser des Golfes von Mexiko in ihm enthalten ist; die Schweden nennen ihn die „Atlantische Strömung". Wesentlich von den vorherrschenden Westwinden nordostwärts getrieben, breitet er sich fächerförmig aus und beherrscht den nördlichen Teil des Atlantischen Ozeans mit seinen Verzweigungen. Die südlichste biegt im Norden der Azoren nach OSO und SO um und vereinigt sich schliesslich mit der grossen Ersatzströmung, die als Kanarienstrom der Nordostpassattrift zueilt. Damit ist der grosse nordatlantische Stromkreis geschlossen; im Innern desselben wird der von den Felsküsten losgerissene Beerentang zum sog. Sargassomeer zusammengetrieben[47]), wenn es dort auch nicht zu den früher vermuteten Krautbänken kommt.

Der nordöstliche Zweig der Golfstromtrift sendet schwache Aeste an die Küsten Spaniens und in den Golf von Viscaya. Der Hauptarm zieht von den vorherrschenden Südwestwinden getrieben an den Britischen Inseln vorüber bis in das Europäische Nordmeer, ja in die Barents See. Selbstverständlich sich mit dem Vorrücken in höhere Breiten abkühlend, hat er doch für das Klima Europas eine hohe Bedeutung. Er bedingt nicht nur die Zurückdrängung der Treibeisgrenze (Taf. 8) nach Westen, sondern bewahrt im Winter die skandinavischen Küsten bis weit über das Nordkap hinaus vor der Eisbedeckung. Man kann ihn bis nach Nowaja Semlja verfolgen. Nach Nordosten drängt diese Golfstromtrift gegen das arktische Becken vor. Nachdem Nansen[48]) längs seiner Eistrift quer über letzteres (Taf. 33) in der Tiefe von 200—800 m noch ca. + 0°,5 C. warme Wasserschichten getroffen hat, die einen scharfen Gegensatz zu dem — 1° bis — 2° kalten Polarwasser über und unter dieser Schicht bilden, ist anzunehmen, dass sich der Einfluss dieses Unterstromes der Golfstromtrift bis weit ins Eismeer erstreckt.

Solche Unterströme[49]) scheinen aber auch direkt gegen Grönlands Ostküste gerichtet zu sein und bringen hier die gewaltigen Eismassen mehr und mehr zum Schmelzen, die aus der Grönlandsee hervorbrechend als kalter, salzärmerer Polarstrom südwärts ziehen. Dieser Grönlandstrom teilt sich in der Höhe von Jan Mayen und sendet im S dieser Insel einen Zweig nach SO bis zu den Färöer hin und darüber hinaus[50]). Er markiert sich durch die starke Ausbiegung der Treibeisgrenze in der Nähe dieser Inselgruppe und lässt sich als Unterstrom nicht nur bis in die Nordsee, insbesondere die Norwegische Rinne (Taf. 30), sondern auch quer über die Schwellen verfolgen, die sich von Island nach Schottland hinüberziehen. Die neuern Forschungen haben in dem Kampf dieses ostisländischen kalten Stromes mit der Golfstromtrift und dem wechselnden Vorstoss des ersteren gegen Europa zu, wodurch er gelegentlich das wärmere Wasser überlagert, einen Hauptgrund für den Wechsel des Winterklimas in Skandinavien in manchen Jahren

---

[47]) Krümmel, Die nordatlantische Sargassosee, Pet. Mitt. 1891, 129, mit Karte 1:31300000; Atlas d. Atlant. Ozeans, 1902, Taf. 3. — [48]) Fr. Nansen, The Ozeanography of the North Polar Basin, Christiania 1902. Vgl. Ref. v. Krümmel in Pet. Mitt. 1902, 240 ff. — [49]) O. Pettersson, Die hydrograph. Untersuchungen im Nordatlant. Ozean, Pet. Mitt. 1900, 61 ff. mit Karten. — [50]) S. die Auffassung Petterssons auf dem Kärtchen a. a. O., 88.

nachgewiesen. Im allgemeinen beginnt solche Ueberlagerung, wenn die Temperatur des atlantischen, salzreicheren Wassers unter 5° C. sinkt, da es dann dichter wird als das salzärmere Polarwasser.

Kehren wir zur Golfstromtrift zurück, so gilt es noch den westlichsten Zweig zu verfolgen, der teils auf Island zueilt, um diese Insel, jedenfalls von W her, zu umkreisen und dort unter den Grönlandstrom unterzutauchen, teils das weite nordwestliche Becken des Atlantischen Ozeans [51]) vom Treibeis befreit und einen allmählich tiefer sinkenden Ast zwischen dem kalten Grönland- und dem Labradorstrom bis in die Baffin Bai sendet, wo er ein schmales Fahrwasser eisfrei erhält. Der Grönlandstrom dagegen biegt an der Südspitze Grönlands scharf um und begleitet dessen Westküste weit hinauf. Auf der Gegenseite zieht ein Strom polaren Wassers, mit mächtigen Eisbergen beladen, südwärts, als Labradorstrom die letztern bis zur Neufundlandbank tragend, was wiederum am eigenartigen Verlauf der Treibeisgrenze verfolgt werden kann. Er taucht dann unter den Golfstrom unter und es treten hier die gleichen Erscheinungen gegenseitigen Ringens zwischen beiden auf wie nördlich der Färöer. Die schwache bis Kap Hatteras zu verfolgende Südbewegung kälteren Wassers über den flachen Bänken der amerikanischen Ostküste darf man nach neueren Untersuchungen nicht, wie bisher geschehen, als Fortsetzung des tiefen und kräftigen Labradorstroms ansehen [52]).

Kürzer müssen wir bei den übrigen Meeresbecken verweilen. Im Südatlantischen Ozean zweigt sich der Brasilienstrom vom Aequatorialstrom ab, kurvt im N der Falkland Inseln nach links um und vereinigt sich mit der Westwindtrift wieder. Die Südspitze Südamerikas jedoch scheinen polare Gewässer nordwärts zu begleiten.

Im Stillen Ozean wiederholt sich annähernd das Bild der grossen doppelten Stromkreise [53]). Es sind die beiden Aequatorialströmungen deutlich ausgeprägt, im Nordsommer werden beide nordwärts verschoben. Zwischen ihnen bewegt sich ein mächtiger Gegenstrom ostwärts, jedoch setzt er nur im Nordsommer weit westlich, im Winter erst östlich der Marshall Inseln ein. Wie im Atlantischen Ozean ist der Nordaequatorialstrom als Nordpassattrift im Westen stärker und geschlossener. Im O der Philippinen sich nordwärts biegend läuft er zwischen Formosa und den Riukiu Inseln nach NO; es herrschen dann SW-Monsune vor. Als warmer Japanischer Strom — Kuro-shiwo [54]) — tritt er aus der Van Diemen-Strasse (Taf. 39) und läuft längs der Japanischen Südküste hin, durch Süd- und Ostwinde häufig in einer für die Schiffahrt gefährlichen Weise auf die Küste zugetrieben. Im

---

[51]) Man hat für das Becken den Namen Irminger Meer im Anschluss an den Irminger Strom, jenen nach Island ziehenden Ast der Golfstromtrift vorgeschlagen. Pettersson a. a. O., 63. — [52]) G. Schott, Die Gewässer der Bank von Neufundland etc., mit Karte; Pet. Mitt. 1897, 201 ff. — [53]) Segelhandbuch des Stillen Ozeans, 1897, 14—31. Die Karte im Atlas, Taf. 8 (von 7. Aufl. 1896 an) stellt annähernd die Verhältnisse im Nordsommer dar. — [54]) Auch Kuro-Schio geschrieben = Schwarzer Strom.

Nordsommer sendet der warme Strom noch einen Zweig ins Gelbe und Japanische Meer, die beide im Winter ganz von kälteren, südwärts gehenden Strömungen eingenommen werden [55]). Aehnlich dem Antillenstrom begleiten wärmere Gewässer ihn an der Aussenseite. Eine schwache Strömung — Nord-Pazifikstrom — führt wärmeres Wasser ost- und nordostwärts und scheint oberflächlich im Sommer auch ins Bering Meer zu dringen. Das milde Klima der Britisch-Kolumbischen Küste wird einer Abzweigung dieser Ostströmung zugeschrieben; der südostwärts gewendete Ast, Kalifornischer Strom, in seiner Richtung stark wechselnd, ist dagegen aus höheren Breiten kommend wieder relativ kühl.

Im südlichen Pazifik tritt ein schärferer Gegensatz zwischen dem östlichen und westlichen Becken auf. Der starke Südaequatorialstrom erfordert kräftigen Ersatz aus den östlichen Gewässern, die ihm als Perustrom [56]) zufliessen. Dieser beginnt im Süden als nordöstliche Abzweigung der Westwindtrift mit schwacher nördlicher Stromversetzung, tritt aber kaum unmittelbar an die Küste; erst weiter nördlich wird er von den Passaten erfasst und nach NW getrieben. Er ist zwar relativ kühl, aber immer wärmer als das ungewöhnlich kalte Küstenwasser von Chile und Peru, das durch den ablandigen Passat emporgesaugt wird. Daher die grosse nördliche Ausbiegung der Isothermen des Meerwassers. Callao hat dieselbe Wassertemperatur von 14°—17° C. wie Valparaiso trotz des Breitenunterschiedes von 21 Graden. Gelangten polare Wasser, wie man früher meinte, bis in diese niederen Breiten, so müssten sie sich auf dem langen Wege innerhalb 4 Monaten erwärmt haben. Zungenförmig setzen sich diese kalten Auftriebgewässer auch noch längs des Aequators westlich fort, besonders im Westen der Galápagos Inseln [57]) und lassen sich namentlich in etwas grösseren Tiefen (100 m — 200 m) deutlich verfolgen [58]). — Die schwachen Strömungen an der Innenseite des Stromkreises wenden sich allmählich ein wenig nach S. Dort wo die Inselarchipele beginnen, setzt der Passat von neuem kräftiger ein und erzeugt nun den sommerlichen Weststrom im Gebiet Melanesiens (Taf. 8). Aber nach den neueren Untersuchungen beherrschen schon Monsunströmungen diese Gewässer. Im Nordwinter tritt im Bismarck Archipel ein Oststrom an die Stelle des ersteren [59]). — Einem eigenen Kreislauf gehören die Strömungen im Ostaustralischen Meere an (s. Taf. 8).

In Indischen Ozean [60]) endlich ist die aequatoriale Westströmung viel weiter nach S gerückt als in den anderen Ozeanen. Wir finden sie zwischen 7° — 20° S. Br. Madagaskar teilt dieselbe im W. Der Hauptzweig zieht als stark strömender Moçambiquè-

---

[55]) Schott in Erg.-Heft 109 zu Pet. Mitt. 1893. — [56]) P. Hoffmann (Anm. 35), 73—77. — [57]) Puls, C., Oberflächentemperaturen und Strömungen des Aequatorialgürtels des Stillen Ozeans, Diss. Marburg 1895, mit Karten. — [58]) Atlas des Stillen Ozeans 1896, Tafel 3 u. 4. — [59]) G. Schott und F. Schu, Die Wärmeverteilung in den Tiefen des Stillen Ozeans. Ann. d. Hydrogr. XXXIII, 1910, 1—25 mit 13 Taf. S. besonders Taf. 2 u. 3: Tiefen von 100 m — 200 m. — [60]) Atlas des Indischen Ozeans, 1891, Taf. 3 u. 4; Debes' Handatlas, Taf. 6.

Strom, durch auflandige Winde der Küste Afrikas nahe gebracht, nach S und setzt sich im reissenden Agulhasstrom fort; im Mittel 50 Seemeilen betragend erreicht die Geschwindigkeit oft 80—100 in 24^h. Im Süden Afrikas trifft dann dieser Strom warmen tropischen Wassers auf einen Zweig der antarktischen Westwindtrift, der ihn zur Umkehr zwingt, jedoch streifenweis Teile seiner warmen Gewässer in sich aufnimmt. Daher begegnet man hier Sprüngen von 8^0—10^0 C. auf kurzen Entfernungen. — Der nördliche Teil des Indischen Ozeans wird von den regelmässig mit den Jahreswinden wechselnden Monsunströmungen beherrscht. Im Nordsommer umkreisen ostwärtsströmende Gewässer die nördlichen Golfe und lenken bei den Sunda-Inseln in die Aequatorialströmung wieder zurück; im Nordwinter dagegen vollzieht sich die Strömung im entgegengesetzten Sinne. Die Folge ist, dass sich dann ein deutlicher von der Sansibar Bucht bis Sumatra reichender Gegenstrom (Oststrom) bildet, der im Sommer fehlt.

Kapitel IV. Die Lufthülle.

§ 224. Literarischer Wegweiser. Die Wissenschaft, welche sich mit der Physik des Luftkreises beschäftigt, die Meteorologie, hat sich, obwohl dem Namen nach alten Ursprungs, doch erst im Laufe des 19. Jahrhunderts zu einem selbständigen Zweig der Physik entwickelt. Es bedurfte dazu der Ausbildung des geographischen Moments in ihr, der ausdauernden exakten Beobachtung vor allem mit Thermometer und Barometer an zahlreichen räumlich getrennten Punkten der Erdoberfläche. Alex. v. Humboldt hat (seit 1817) hierzu wichtige Anregungen gegeben, indem er für die beweglichen Elemente der Luft mittlere Zustände festzusetzen suchte, während Heinrich Dove († 1879) mehr die Abweichungen von den Mittelwerten ergründete. Die Literatur unserer geographischen Hand- und Lehrbücher ist aber vor etwa dem Jahre 1860 kaum durch die Errungenschaften der Meteorologen befruchtet worden, trotzdem besonders H. Berghaus in Wort und Kartenbild (Phys. Atlas) die Humboldtschen Anregungen schon zu verbreiten und auszugestalten wusste, und Maury (s. S. 498) die Grundlagen der maritimen Meteorologie gelegt hatte. In den letzten Jahrzehnten erfolgte dann der ungemeine Aufschwung der Meteorologie durch weitere Errichtung eigener Zentralinstitute und Ausbreitung von Beobachtungsnetzen, Gründung von Zeitschriften und meteorologischen Gesellschaften, Abhaltung von Kongressen zwecks Vereinbarung gleichmässiger Beobachtungen etc.

Meteorologie. Noch immer hat das an der Schwelle der neuen Periode erschienene „Lehrbuch der Meteorologie“ von E. E. Schmid (Leipzig 1860, zugl. Bd. XXI der Enzyklopädie der Physik, mit Atlas) wegen der gründlichen, streng wissenschaftlichen Behandlung aller Fragen und sorgfältigsten Ausnutzung der Literatur mehr als bloss historischen Wert. Den gleichen Stoff auf Grund aller neuen Errungenschaften in ähnlichem Umfang, mit eingehender Begründung der Lehren und erschöpfenden literarischen Nachweisen zusammenzufassen, setzte sich Julius Hann in seinem neuesten „Lehrbuch der Meteorologie“, Leipzig 1901, 805 S., zweite leider — namentlich in den literarischen Hinweisen — abgekürzte Auflage 1906, 642 S. zum Ziel. Knapper gefasst, aber ungemein klar alle wichtigeren Lehren berührend ist A. Angots Traité élémentaire de Météorologie, Paris 1889, 417 S. S. Günther widmet im 2. Bde. seiner Geophysik (1899) der Meteorologie und Klimatologie nicht weniger als 374 S. Die rein theoretischen Teile der Meteorologie behandelt A. Sprungs vortreffliches „Lehrbuch der Meteorologie“, Hamburg 1885, das sich äusserst exakt und klar auf Darlegung der mechanisch-physikalischen Gesetze der meteorologischen Erscheinungen beschränkt. Ein mit vielen Tafeln versehenes, grossangelegtes Werk von H. H. Hildebrandson und L. Teisserenc de Bort: Les bases de la Météorologie dynamique; Historique; État de nos connaissances (bis jetzt 2 Bde., Paris 1898—1907), gibt eine eingehende geschichtliche Behandlung aller Einzelzweige der Meteorologie. — Erst durch die Uebersetzung der trefflichen „Grundzüge der Meteorologie“ des Norwegers H. Mohn (Berlin 1875, 5. Aufl. 1898) gelangte die deutsche Literatur

in den Besitz eines auf dem neueren Standpunkt stehenden, gemeinverständlichen Lehrbuchs. Dem Anfänger kann dieses noch immer empfohlen werden. Dazu tritt J. Hanns Abschnitt „Die Atmosphäre“ in der oft zitierten Allgemeinen Erdkunde (1896). Gleich diesem gehört auch der Abschnitt „Die Lufthülle“ in der neuen Ausgabe von Supans Grundzügen der phys. Erdkunde (5. Aufl. 1911, S. 53—257) zu den besten zusammenfassenden Darstellungen der neueren Zeit; van Bebbers reich mit literarischen Hinweisen ausgestattetes „Handbuch der ausübenden Witterungskunde“, 2 Bde., Stuttgart 1885/86, steht bereits auf der Grenze der für die Geographen wichtigen Seiten der Meteorologie. Der erste Band enthält eine treffliche Geschichte dieser Wissenschaft.

Anleitung zu meteorologischen Beobachtungen gibt u. a. Hann in Neumayers Anleitung zu wissenschaftl. Beob. auf Reisen, 3. Aufl. 1906, 595—640; derselbe in Jelineks Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen, nebst Tafeln, 4. Aufl., I. 1893, II. 1895; ferner R. Assmann in Kirchhoffs Anleitung zur deutschen Landes- und Volksforschung, Stuttgart 1889, 129—196. Dazu treten die zahlreichen „Instruktionen für die Beobachtung an meteorologischen Stationen“. Auch sei hingewiesen auf Hugo Meyers Anleitung zur Bearbeitung meteorologischer Beobachtungen, Berlin 1891.

Klimatologie. Die Versuche A. Mühry s (Klimatograph. Uebersicht der Erde, Leipzig 1862), das Zusammenwirken der meteorologischen Einzelfaktoren im Klima der verschiedenen Länder der Erde zu schildern, welche das Lehrbuch der Klimatologie von J. R. Lorenz und C. Rothe (Wien 1874) in mancher Hinsicht vertiefte, wurden in umfassenderer Weise durch J. Hanns ausgezeichnetes Handbuch der Klimatologie (Stuttgart 1883, 2. Aufl., 3 Bde., 1897, 3. Aufl. 1908—11) und A. Woeikoffs Klimate der Erde (Jena, 2 Bde., 1887) erneuert. Namentlich ersteres kann den Lesern dieses Lehrbuchs als Ergänzung nicht genug empfohlen werden. Beide Werke gipfeln im Aufbau klimatischer Provinzen der Erde; Hanns Werk bietet in der neuen Auflage reichste Quellenliteratur. In origineller Form gibt W. Köppens Klimalehre, Leipzig 1899, 122 S., eine knappe Darstellung der wichtigsten klimatischen Lehren. Wer mit den Grundlehren der Klimatologie bereits bekannt ist, findet in A. Hettners Aufsätzen über „Die Klimate der Erde“ (Geogr. Zeitschr. XVII, 1911) mannigfache Anregung. A. Supan stellte 1891—1907 schätzenswerte lokalklimatologische Beiträge in Pet. Mitt. zusammen.

Kartographisch sind die wichtigsten klimatischen Faktoren von J. Hann niedergelegt in Berghaus, Phys. Atlas, II. Abteilung, s. Atlas der Meteorologie, Gotha 1887, 12 Karten; ganz besonders wird auf den zugehörigen Text aufmerksam gemacht. Vergl. auch die Klimakarten von Köppen und van Bebber in Debes' Handatlas 1911. Auf Grundlage von Hanns Atlas ist 1897 ein Atlas of Meteorology, prepared by J. G. Bartholomew and A. J. Herbertson, edited by Al. Buchan, Edinburgh, in 34 Karten erschienen, der sich freilich z. T. auf das veraltete Material des Challengerwerkes stützt, selbstverständlich unter Anwendung englischer Masse, mit Beischrift der metrischen Werte.

Ueber die Fortschritte der Meteorologie berichteten vorzüglich im Geograph. Jahrbuch 1872/89 J. Hann, dann E. Brückner, W. Meinardus, W. Gerbing. Dazu tritt die reichhaltige „Meteorologische Zeitschrift“ (seit 1884), in Fortsetzung der Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie (seit 1866) mit früher ausgedehntem, später stark beschnittenem Literaturbericht.

§ 225. Die Atmosphäre. Die physische Erdoberfläche ist wie die mancher anderer Weltkörper mit einer Lufthülle umgeben. Die unserige ermöglicht durch ihre stoffliche Zusammensetzung erst das organische Leben auf der Erde. Der Mond muss solches bei der Abwesenheit

jeglicher wahrnehmbaren Atmosphäre (d. h. Dunstkreis) entbehren. Die trockne Luft besteht an der Erdoberfläche bis zu beträchtlichen Höhen, jedenfalls bis zu 6—7000 m, in gleicher Weise aus etwa 78 Raumteilen Stickstoff, fast 1 Raumteil des dem letztern beigemengten Argon und 21 Raumteilen Sauerstoff nebst geringen Beimischungen [1]). Es ist zwar neuerdings gelungen, im Laboratorium auch atmosphärische Luft in flüssigen Zustand zu bringen, in der Natur hat sie aber durchaus — im Gegensatz zum Wasserdampf — die Eigenschaft eines permanenten Gases, das sich niemals zur tropfbaren Flüssigkeit verdichtet.

Menge und Gewicht der Luft. Als eine elastische Flüssigkeit, die einerseits jeden ihr zur Verfügung gestellten Raum auszufüllen sucht, andererseits jedem Druck gegenüber sich nachgiebig erweist, muss das Luftmeer in den unteren Schichten infolge ihrer Belastung eine weit grössere Dichte und ein entsprechend grösseres Gewicht als in den oberen besitzen. Am Meeresspiegel ist letzteres in der Tat nicht unbedeutend; jedes Kubikmeter Luft wiegt dort annähernd $1^1/_3$ kg, oder was dasselbe ist, das spezifische Gewicht der trockenen Luft unter normalen Verhältnissen (s. u.) beträgt $^{13}/_{10\,000}$ des reinen Wassers. Denkt man sich die Luft als unelastische Flüssigkeit zu völlig gleicher Dichte gemischt, wie sie solche am Meeresspiegel bei 0° C. konstanter Temperatur und unter Normaldruck besitzt, so nennt man diesen Zustand homogene Atmosphäre. Eine leichte Berechnung ergibt die Höhe eines solchen (rein gedachten) homogenen Luftozeans zu rund 8000 m (s. u.). Da jedoch die Grundlage des Luftmeeres nicht der Meeresspiegel, sondern die physische Erdoberfläche bildet, deren mittleres Niveau wir früher zu + 240 m fanden (S. 279), so wird die wirkliche Gesamtatmosphäre an Masse und Gewicht nur einem homogenen Luftmeere von ca. 7750 m Höhe entsprechen. Das Gesamtgewicht der Atmosphäre beträgt danach etwa $5^1/_9$ Trill. kg. Das ist ca. $^1/_{272}$ vom Gewicht aller ozeanischen Gewässer, aber noch nicht ein Millionstel der gesamten Erdmasse.

In dem im Jahre 1643 erfundenen Barometer oder Schweremesser der Luft besitzen wir ein Mittel, ihr Gewicht zu bestimmen. Es zeigt uns, dass eine Luftsäule, gleichsam aus der Atmosphäre senkrecht herausgeschnitten, (bei völliger Trockenheit und 0° C. konstanter Temperatur), einer 76 Centimeter hohen Quecksilbersäule von gleichem Querschnitt die Wage hält. Eine solche z. B. von 1 qcm Querschnitt wiegt also, da das spezifische Gewicht des Quecksilbers $13{,}_{596}$ ist, im ganzen $76 \times 13{,}_{596} = 1033{,}_3$ gr oder $1\,\text{kg}{,}_{0333}$. Den Druck, welchen dies Gewicht in 45° Br. auf 1 qcm ausübt, nennt man den Atmosphärendruck [2]). —

[1]) Die genauere Zusammensetzung nimmt man jetzt meist zu $78{,}_{03}$ % Stickstoff, $20{,}_{99}$ % Sauerstoff, $0{,}_{94}$ % Argon, $0{,}_{03}$ % Kohlensäure, $0{,}_{01}$ % Wasserstoff und Spuren von Helium, Neon und anderen Edelgasen an. J. Hann, Lehrb. d. Meteorologie 1906, 5. — [2]) Der Zusatz „in 45° Br." für den mittleren Atmosphärendruck ist erforderlich, weil bekanntlich der Druck eines Grammstücks gemäss der Beschleunigung der Schwere im Verhältnis von 978 zu $983{,}_2$ vom Aequator bis zum Pol zunimmt (S. 112). Neuerdings wird in der Technik mehrfach das Gewicht von 1 kg auf 1 qcm als „Atmosphärendruck" angenommen. Ein Atmosphärendruck = 760 mm Quecksilber ist also auch in reinem Wasser ausgedrückt = $10{,}_{33}$ m auf 1 qcm, oder ungefähr = 10 m Seewasser.

Wenn nun in der homogenen Atmosphäre das spezifische Gewicht der Luft gleichmässig $^{13}/_{10000}$ (genauer $0,_{0012931}$) des reinen Wassers bei 4° C. sein soll, so wird es, auf Quecksilber bezogen, nur einem Wert von $0,_{00009511}$ ($= 0,_{0012931} : 13,_{596}$) entsprechen. Es halten sich also Einheitssäulen je von $0^{mm},_{9511}$ Quecksilber und von 10^{m} homogener Luft die Wage, oder, da $0^{mm},_{9511} : 10^{m} = 1^{mm} : 10^{m},_{514}$, so entspricht der Druck von

1^{mm} Quecksilber = dem von $10^{m},_{514}$ homogener Luft.

Folglich entspricht einem Druck von 760^{mm} Quecksilber derjenige einer homogenen Atmosphäre von $760 \times 10^{m},_{514} = 7991^{m}$ oder rund 8000^{m} Höhe[3]).

Bei einer Grundfläche des Luftozeans von 510 Mill. qkm ($= 510.10^{12}$ qm) und einer mutmasslichen Höhe von 7750^{m} — sobald wir auf homogene Luft kondensieren — wird sich das Gewicht der wirklichen Atmosphäre, da 1^{kbm} $1,_{2931}^{kg}$ wiegt, also aus $510 \times 10^{12} \times 1,_{2931} \times 7750$ zu $5,_{11}$ Trill. kg ($= 5,_{11} \cdot 10^{15}$) berechnen. Das ist $^{1}/_{1170000}$ vom Gesamtgewicht der Erdmasse, wenn wir letzterer $5,_{977}$ Quadrillionen kg zuschreiben (S. 133). Da man die Masse des Meereswassers zu 1389 Trill. kg berechnen kann (S. 518), so macht die Luft (mit $5^{1}/_{9}$ Trill. kg) nur $^{1}/_{272}$ der Meeresmasse aus.

Höhe der Atmosphäre. Lässt sich somit die Gesamtmasse der Luft mit geringer Mühe aus wenigen Angaben schätzen, so fehlt es uns durchaus an Mitteln, Gestalt und Grenze der unseren Erdball umgebenden Hülle genauer zu bestimmen. Von vornherein kann man annehmen, dass sie die Gestalt eines stärker abgeplatteten Sphäroides besitzt, als es die Erde darstellt. Denn da mit zunehmendem Abstand vom Erdmittelpunkt die Zentrifugalkraft wächst (S. 111), die Schwerkraft in stärkerem, nämlich quadratischem Masse abnimmt, muss die Luftkugel am Aequator sich stärker als die feste Erdrinde wölben, die Drehungsachse sich stärker verkürzen. Zum Glück nimmt die Atmosphäre an der Drehung der Erde von Westen nach Osten teil, denn sonst müssten wir den Widerstand der ruhenden Luft bei unserem täglichen Umschwung von 300^{m} in der Sekunde in unseren Breiten als einen nicht zu ertragenden Sturmwind empfinden.

Rein theoretisch liesse sich eine äusserste Grenze der Atmosphäre dort annehmen, wo die Zentrifugalkraft der Schwerkraft nach oben das Gleichgewicht hält. Diese findet sich für den Aequator in einem Abstand von $6,_{6}$ Erdradien vom Erdmittelpunkt oder von $36\,000^{km}$ ($= 5,_{6}$ Erdradien) von der Erdoberfläche.

Nennt man die gesuchte Entfernung vom Erdmittelpunkt, wo Schwerkraft *(g)* und Fliehkraft *(f)* am Aequator sich ausgleichen, x und die entsprechenden Kräfte g_x und f_x, diejenigen auf der Erdoberfläche aber g_o und f_o, und erwägt

[3]) Streng genommen ist diese auf obige Weise zu 7991^{m} berechnete Höhe nicht ganz gleich der homogenen; man bezeichnet sie deshalb in der Meteorologie wohl als die reduzierte Höhe der Atmosphäre. Bei Berechnung der Masse der homogenen Atmosphäre wäre nämlich zu berücksichtigen, dass die äussere Grundfläche etwas grösser sein muss als 510 Mill. qkm, da sie ja einer Kugelfläche entspricht, welche in 8000^{m} Abstand sich um die Erde legt, also einen mittleren Radius von $6378,_{3}^{km}$ hat. Vergl. hierzu N. Ekholm, Ueber die Höhe der homogenen Atmosphäre und die Masse der Atmosphäre, (Meteor. Zeitschr. 1902, 249—260). Er nimmt daher 7827^{m} für die Höhe der reduzierten Atmosphäre an, wonach das Gesamtgewicht unter obigen Voraussetzungen sich auf $5,_{16}$ Trill. kg berechnen würde. Es handelt sich für uns nur darum, eine Vorstellung von der Grössenordnung der betreffenden Werte zu gewinnen.

man, dass sich jene Fliehkräfte direkt wie die Entfernungen vom Erdmittelpunkt (S. 111), die Schwerkräfte umgekehrt wie die Quadrate derselben verhalten, so ist

$$\text{aus } f_o : f_x = R : x \text{ die Fliehkraft } f_x = \frac{x}{R} \cdot f_o$$

$$\text{aus } g_o : g_x = x^2 : R^2 \text{ die Schwerkraft } g_x = \frac{R^2}{x^2} \cdot g_o$$

Da nun die Schwerkraft g_o am Aequator rund 289 mal so gross als die Fliehkraft ist (S. 111), so findet Gleichgewicht statt, wenn

$$\frac{x}{R} \cdot f_o = \frac{R^2}{x^2} \cdot f_o \cdot 289,$$

$$\text{also } x^3 = R^3 \cdot 289$$

$$\text{oder } x = R \cdot \sqrt[3]{289}$$

ist; die dritte Wurzel aus 289 ist aber $6{,}6$ [4]).

Alle sinnlichen Wahrnehmungen, welche uns Kunde von den höchsten Schichten der Atmosphäre geben, deuten jedoch darauf hin, dass die Hülle eine weit geringere Mächtigkeit besitzt und vielleicht 200^{km}—300^{km} kaum übersteigt, wenigstens dort nicht mehr eine Dichte besitzt, die zu Erscheinungen, welche auf der Erdoberfläche noch wahrnehmbar sind, Veranlassung bietet. Andererseits sprechen manche Erfahrungen dafür, dass in diesen obersten Schichten ein unmerklicher Uebergang zu den ungemein feinen Stoffen stattfindet, mit welchen der Weltenraum erfüllt ist und durch die sich die Erde bei ihrer Fortbewegung und Drehung, nicht ohne Widerstand zu finden, hindurch arbeiten muss.

Die Höhe leuchtender Wolken, auf die man erst seit dem Krakatoa-Ausbruch 1883 aufmerksam geworden ist, hat man mit ziemlicher Sicherheit bis zu etwa 80^{km} bestimmt [5]). Diese leuchtenden Wolken haben, scheint es, nicht an der Erdrotation von W nach O teilgenommen, sondern sind dem Gegenzuge gefolgt [6]), aus dem man auf das Vorhandensein eines Weltäthers schliesst. Es ist auch möglich, dass in diesen Höhen weit leichtere Gase vorherrschen, als sie die Luft in den uns zugänglichen Schichten zusammensetzen. Dafür spricht, dass nach den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie unsere Stickstoff-Sauerstoff-Atmosphäre trotz der Verzögerung der Abkühlung nach oben, welche sie dem Vorhandensein des Wasserdampfes verdankt (§ 233), viel früher — vielleicht schon in der Höhe von 50^{km} — den sog. absoluten Nullpunkt der Temperatur d. h. — 273^0 C. Kälte, erreicht, der den Bewegungen ihrer Moleküle eine Grenze setzt und den daher manche überhaupt als Grenze der Atmosphäre annehmen [7]).

---

[4]) Nach der Berechnung von M. v. Smoluchowski wäre der Aequatorialradius = 42000^{km} (= $6{,}6$ R), der Polarradius = 28000^{km} (= $4{,}4$ R), die Abplattung des Luftellipsoides also $^1/_3$ gegen $^1/_{300}$ beim Erdkörper; (Physikal. Zeitschr. II, 1901, 307). — [5]) W. Förster, Die Erforschung der obersten Schichten der Atmosphäre. Verh. d. Berl. Ges. f. Erdk., 1891, 308 ff. Alfr. Wegener, Die Erforschung der obersten Atmosphäreschichten (Beitr. z. Geophysik XI, 1912, 105—124). — [6]) W. Förster, Von der Erdatmosphäre zum Himmelsraum, Berlin 1906, 32. — [7]) M. Möller, Zur Dynamik der Atmosphäre, (Meteorol. Zeitschr. X, 1893, 299). Der Begriff des „absoluten Nullpunktes" hängt bekanntlich mit dem

Man hat ferner die Höhen, in denen kosmische Stoffe die Luft durchschneiden und als Sternschnuppen aufblitzen, zu rund 150 km für das Aufleuchten und zu 80 km für das Erlöschen gefunden [8]) und glaubt, dass in diesen Höhen die Atmosphäre bereits von ganz anderer Zusammensetzung ist, nämlich bei völliger Abwesenheit von Sauerstoff wesentlich aus Wasserstoff besteht.

Noch höher sind sicher die Regionen, aus denen die Polarlichter von mehr strahliger Form auf uns herableuchten — vielleicht 400 km bis 500 km, — sodass man die Frage aufgeworfen hat, ob ihr Sitz überhaupt noch in die Erdatmosphäre zu verlegen ist.

In diesen bedeutenden Höhen ist die Luft bereits so ausserordentlich verdünnt, wie wir es durch keine Luftpumpe künstlich herzustellen vermöchten. Denn der rasch nach oben abnehmende Druck der Luft würde in 100 km Höhe nur $^1/_{100}$, in 900 km $^1/_{1000}$ mm Quecksilber das Gleichgewicht halten.

Der unmittelbaren Erforschung wird immer nur eine mässige untere Region des Lufthülle zugänglich sein. In neuerer Zeit hat man in der Tat durch Ballonfahrten diese unmittelbare Kenntnis der höheren Luftschichten wieder zu fördern gewusst. Dabei ist man bis über 10 500 m mit bemannten [9]) und bis über 29 000 m [10]) mit unbemannten Ballons gekommen, die sämtlich mit selbstaufzeichnenden Instrumenten versehen waren. Es hat sich durchweg eine ausserordentliche Gleichförmigkeit der Luft in diesen höheren Regionen gezeigt nach Zusammensetzung, eisiger Kälte und Trockenheit. Es ward die Ansicht bestätigt, dass alle Störungen des Gleichgewichts, wie sie durch verschiedene Erwärmung der Einzelschichten, Aufnahme und Ausscheidung von Wasserdampf, ungleiche Dichte hervorgerufen sind, kurz die eigentlich meteorologischen Erscheinungen bedingen, sich ausschliesslich in den unteren, bis etwa 10—12 000 m hinaufreichenden Luftschichten abspielen; man hat dieser unteren Schicht den Namen der Troposphäre beigelegt (vergl. S. 580).

Nicht der niedrige Luftdruck ist es übrigens, welcher dem menschlichen Organismus das Atmen in bedeutender Höhe erschwert oder ihn beim Erklimmen hoher Berge der sog. Bergkrankheit verfallen lässt, vielmehr die Verminderung des Sauerstoffgehaltes, die daselbst eintritt. Das haben die neueren Luftfahrten wahrscheinlich gemacht, wo ganz die gleichen Beschwerden durch Einatmen von mitgeführtem Sauerstoff so ziemlich vermieden werden konnten. Als die höchste von Bergsteigern erreichte Höhe darf z. Z. wohl 7500 m angenommen werden [11]).

Ausdehnungskoeffizienten der Gase eng zusammen, welcher (nach Regnault) $0{,}00367 = {}^1/_{273}$ für 1° C. beträgt. — [8]) A. Wegener, a. a. O., 121. — [9]) R. Assmann u. A. Berson, Wissenschaftl. Luftfahrten in Berlin, 3 Bde., Braunschweig 1900. Die höchste bis jetzt von Menschen erreichte Höhe beträgt 10 500 m (10 800 m?) (Berson und Süring, 31. Juli 1901) von Berlin aus. Der Engländer Glaisher, der 1862 die Höhe von 11 000 m erreicht haben sollte, scheint in Wahrheit nicht bis 9000 m gekommen zu sein. — [10]) Metereol. Zeitschr. 1909, 90. Aufstieg von Brüssel aus am 5. Nov. 1908. Der Luftdruck von nur 10 mm in solcher Höhe bedingt, dass der die Instrumente tragende Gummiballon, bevor er platzte, eine mehr als vierache Ausdehnung gewinnen musste. — [11]) Der Herzog der Abruzzen kam 1909 im Westhimálaja (Karakorum-Gebirge) bis 7493 m (Boll. Soc. Geogr. Ital. XLIV, 1, 1910, 461).

Die Beimischungen. Der Luft sind stets fremde Stoffe beigemengt, unter denen jedoch nur zwei grössere klimatische Bedeutung haben. Das ist einerseits Wasserdampf, andererseits unendlich fein zerteilter Staub. Dazu treten geringe Spuren von Kohlensäure als Ausatmungsprodukt von Vulkanen und tierischen Organismen — durchschnittlich etwa $0,_{03}$—$0,_{04}$ Raumprozent (oder $0,_{046}$—$0,_{06}$ Gewichtsprozent). Von sichtbaren örtlichen Beimengungen wie Rauch, gröbern Staubmassen, organischen Keimen, die als Miasmen unmittelbar dem Boden entstammen, hier ganz zu schweigen. Da auch für den Wasserdampf und den mikroskopischen Staub innerhalb der Atmosphäre die physische Erdoberfläche die Ursprungsstätte ist, so ist selbstverständlich, dass je höher wir in der Atmosphäre steigen, die Luft um so trockener und reiner sein wird. Das Schwarze oder das tiefe Blau des Himmels, die grosse Durchsichtigkeit der Luft auf höheren Bergen entspricht der Abwesenheit jener Beimengungen. Wie die Verdichtung des unsichtbaren Wasserdampfes mit bedingt erscheint durch winzige Staubkörnchen, deren jedes der Kernpunkt eines Wasserbläschens wird, so befreit der Regen die Luft auch von diesen Beimischungen in hohem Grade, indem er sie niederschlägt. Alle die verschiedenen Färbungen, die wir am Himmel wahrnehmen, von der lichten, weissen Helle bis zum fahlen Grau der Hitzeluft und dem Purpur der Wüstenfärbung verdanken ihre Wirkung dem Lichtreflex dieser bald nur mikroskopisch, bald in sichtbarer Menge beigemengten Staubteile.

§ 226. Das Klima. In ungleich grösserem Grade als bei festen Stoffen und dem Wasser übt die Erwärmung auf die Raumverhältnisse der Luftmassen Einfluss aus. Zufuhr von Wärme lockert sie auf, Entziehung lässt sie auf kleineren Raum zusammenschwinden. Dazu kommt in den unteren Luftschichten die ausserordentlich wechselnde Beimischung des Wasserdampfes und seine Neigung, bei Abkühlung sich in tropfbarer Form auszuscheiden. So hängen die in der Luft stattfindenden Druckunterschiede, welche das Gleichgewicht in ihr stören, und die dadurch hervorgerufenen Bewegungen der Luft, die als Winde eine rasch die Zustände von einem Gebiet zum anderen übertragende Wirkung ausüben und im hohen Grade umgestaltend auf die feste wie flüssige Erdoberfläche wirken, in letzter Linie immer von der verschiedenen Erwärmung ab. Als deren Quelle kommt nur die Sonne in Betracht.

Die Temperatur der unteren Luftschichten nach Mittelbetrag und jährlichem Gang, der Grad ihrer Feuchtigkeit, Form und Menge der Niederschläge und deren jahreszeitliche Verteilung bedingen für jeden Ort der Erdoberfläche einen ihm eigentümlichen mittleren Zustand der umgebenden Atmosphäre, der sich wiederum nur durch diese Elemente schildern und in Zahlenwerten festlegen lässt. Das örtliche Zusammenwirken dieser meteorologischen Elemente nennen wir mit einem antiken Namen Klima, wörtlich die „Neigung". Er deutet an, dass schliesslich alle Vorgänge im Luftkreis sehr eng mit der „Neigung des Himmelsaequators gegen den Horizont", das heisst, wie wir heute sagen, mit der Schiefe der Ekliptik im Zusammenhang stehen. Vor allem wird

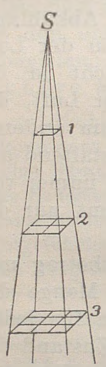
dadurch der Wechsel der Sonnenbestrahlung im Laufe des Jahres bedingt. Im Altertum kannte man kaum noch ein anderes Klima als das mit der Breite wechselnde, welches verschiedene Tageslänge und Wärmegrade bedingt. Wir fassen diesen engeren Begriff jetzt mit dem Namen des solaren oder mathematischen Klimas zusammen und stellen ihm das physische Klima gegenüber, das durch die Verteilung von Land und Wasser abgeändert erscheint und durch die Höhenlage eines Landstrichs, sowie seine Exposition gegen die herrschenden Winde bedingt ist.

I. Temperatur der Luft.

§ 227. Die Sonnenbestrahlung oder die Insolation[12]). Als Quelle der Luftwärme kommt für alle klimatischen Erscheinungen einzig die Sonnenbestrahlung in Betracht. Der Weltenraum scheint eine ausserordentlich niedrige Temperatur zu besitzen, wie man schon aus den sehr geringen Wärmegraden höherer Luftschichten entnehmen kann, mit denen uns die neuere Luftschiffahrt bekannt gemacht hat. In Höhen von 8—9000 m fand man 40° bis 50° C. unter Null, in solchen von 17—18000 m sogar — 60° bis — 70°. Die Wärmeausstrahlung von Sternen und Mond kann höchstens dazu dienen, den Wärmeverlust der Erde in einem ganz geringen Grade zu mildern. Unbedeutend ist jedenfalls auch die Zufuhr an Wärme, welche die Atmosphäre von unten, durch die an die Oberfläche tretende innere Erdwärme empfängt. Man hat ihre Wirkung auf $0,_1{}^0$ geschätzt[13]).

Die Insolation. Nehmen wir an, dass die Wärme, welche der Sonnenkörper in den Weltenraum hinausstrahlt, ohne merklichen Verlust an die Grenze unserer Atmosphäre gelangt, so sind wir doch nicht im stande, sie mit Sicherheit zu messen, weil wir nicht an eben dieser Grenze, sondern stets innerhalb der Atmosphäre, wo bereits ein Teil der Sonnenstrahlen aufgezehrt oder absorbiert ist, Beobachtungen anstellen können. Daher die Verschiedenheit in der Berechnung der sog. Sonnenkonstante, die bereits früher besprochen ist (S. 180).

Fig. 79.



Die Wärme pflanzt sich, wie aus Fig. 79 ersichtlich ist, im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat der Entfernung fort. Denn wenn ein Strahlenbündel in der Entfernung 1 die Einheit der Fläche bestrahlt, so wird die erwähnte Fläche in der Entfernung 2, 3 ... n viermal, neunmal ... n^2-mal so gross als die Flächeneinheit sein. Daher erhält letztere in der Entfernung 2, 3 ... n nur $^1/_4$, $^1/_9$, ... $^1/_{n^2}$ der auf die vergrösserte Fläche entfallenden Wärme.

Wenden wir dies auf die Sonnenbestrahlung an, so kann die Wärmezufuhr im Laufe des Jahres nicht stets die

---

[12]) W. Zenker, Die Verteilung der Wärme auf der Erdoberfläche, Berlin 1888, behandelt die wichtigsten Grundbedingungen solaren Klimas (Abhängigkeit der Temperaturverhältnisse von Strahlung, Ausstrahlung, Verteilung von Land und Wasser). — [13]) Trabert in Meteorol. Zeitschr. XIV, 1897, 152.

gleiche sein, da die Erde sich nicht in einem Kreise um die Sonne bewegt. Bei der geringen Exzentrizität der Erdachse ist jedoch der Unterschied zur Zeit der Sonnennähe und der Sonnenferne nicht bedeutend; im Perihel gelangt etwa $^1/_{15}$ mehr an Wärme zur Erde als im Aphel.

Da sich die Entfernungen in jenen Zeitpunkten wie $0{,}_{983} : 1{,}_{017}$ verhalten (mittlere Entfernung = 1, S. 166), so ergibt sich die zugeführte Wärmemenge zur Zeit des Aphels (A) und des Perihels (P) aus

$$A : P = (0{,}_{983})^2 : (1{,}_{017})^2 = 0{,}_{967} : 1{,}_{034}.$$

Also $A = 0{,}_{935}\ P$, das heisst rund $= {}^{14}/_{15}\ P$ (bei Einstellung der genaueren Werte S. 166).

Nach weiteren Gesetzen der Wärmelehre ändert sich die Stärke der Bestrahlung mit dem Kosinus des Einfallswinkels, worunter man stets den Winkel zwischen der Senkrechten und dem einfallenden Strahl (α) versteht. Denn wenn zwei Strahlenbüschel von gleichem Querschnitt einmal senkrecht,

Fig. 80.

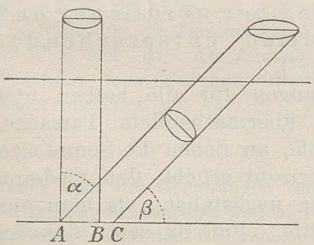
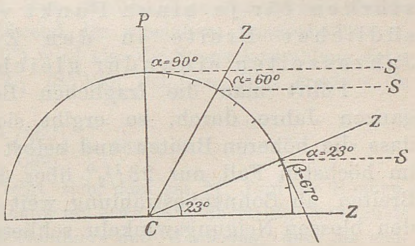


Fig. 81.



dann schräg auffallen, so wird die von letzterem erwärmte Fläche um so grösser, die Erwärmung also um so geringer sein, je grösser der Einfallswinkel ist, der von 0° bei senkrechter Bestrahlung bis 90° zunehmen kann. Es ist nur ein anderer Ausdruck des gleichen Gesetzes, wenn man sagt, dass die Wärmeintensität mit dem Sinus der Sonnenhöhe wächst, da letztere (β) den Einfallswinkel zu einem Rechten ergänzt (Fig. 80).

Die Morgensonne kann aus diesem Grunde noch kaum erwärmen, während die Mittagssonne die grösste Bestrahlung hervorbringen wird. Es ist aber auch klar, dass gleichzeitig alle Punkte der Erdoberfläche nur dann die gleiche Wärmemenge erhielten, wenn sie eine Scheibe wäre. Bei der Kugelform und der senkrecht auf der Ekliptik stehenden Erdachse (Fig. 81) würde die Bestrahlung ausschliesslich von der geographischen Breite abhängen und polwärts mit dem Kosinus derselben abnehmen, da der Einfallswinkel (α) dem der geographischen Breite entsprechen würde. Dieser Fall tritt infolge der Ekliptikschiefe nur zweimal im Jahre, nämlich zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche, ein (Atlas Taf. II). Sie bringt aber das günstige Verhältnis hervor, dass im Laufe des Jahres jeder Punkt zwischen den Wendekreisen zweimal in die senkrechte Mittagsbestrahlung rückt und während eines halben Jahres der nördlichen, während des anderen der südlichen Halbkugel im Sommer beträchtlich mehr Wärme zugeführt wird, als sie bei dauerndem Verbleib der Sonne in der Aequatorebene erhalten würde. Freilich erreicht im Winterhalbjahr die Sonnenhöhe über dem

Horizont in den höheren Breiten einen weit niederen Betrag, als es bei der sog. Sphaera recta (S. 65) der Fall sein würde.

Ein sehr bedeutungsvoller Faktor für die Wärmezufuhr ist die Dauer der Bestrahlung. Durch grössere Tageslänge und das Verweilen der Sonne während Wochen und Monden über dem Horizont für die Gegenden jenseits der Polarkreise wird die geringere Wärmezufuhr infolge niedriger Sonnenhöhe mehr wie aufgewogen. Man sollte in dieser Hinsicht eine Bevorzugung der nördlichen Halbkugel erwarten, weil das Halbjahr des Nordsommers bei der jetzigen Lage der Apsidenlinie 7—8 Tage länger ist, als das Winterhalbjahr (S. 168). Indessen tritt die Erde in die Sonnenferne mitten im Sommer (2. Juli, S. 165), in die Sonnennähe mitten im Winter (2. Januar). Zieht man dies rechnerisch in Betracht, so zeigt sich, dass der Mehrbetrag der Bestrahlung während des Nordsommers in Zeit ausgeglichen wird durch die grössere Entfernung im Raum. Die Berechnungen haben daher den Satz ergeben, dass die Bestrahlungsstärken für je einen Punkt von gleicher nördlicher und südlicher Breite in den Zeiträumen entsprechender Jahreszeiten einander gleich sind[14]).

Führt man die fraglichen Berechnungen für die halben und ganzen Jahre durch, so ergibt sich als überraschendste Tatsache, dass die höheren Breiten und selbst die Pole, an denen die Sonne sich im höchsten Fall nur $23\,^1/_2{}^0$ über dem Horizont erhebt, den niederen Breiten an Sonnenbestrahlung weit weniger nachstehen, als man aus den blossen Neigungswinkeln schliessen sollte. Fig. 82 zeigt, dass im

Fig. 82.

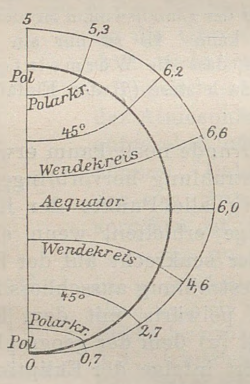
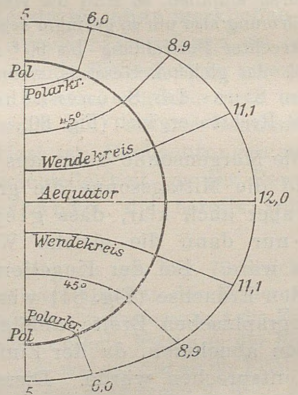


Fig. 83.



Sommerhalbjahr die Sonnenbestrahlung dem Nordpol nur $^1/_5$ Wärme weniger zuführt (Verhältnis 5 : 6) wie dem Aequator, und noch mehr als dem südlichen Wendekreise[15]). Für das Winterhalbjahr müsste

[14]) Joh. Heinr. Lambert, Pyrometrie, oder vom Mass des Feuers und der Wärme, Augsburg 1779, 310. — [15]) E. E. Schmidt, Lehrb. d. Meteorologie 1860, 121 nach Lambert. Die Zahlen beziehen sich auf keine bestimmte Einheit, sondern deuten nur die Verhältnisse an. Figuren nach Lorenz und Rothe, Klimatologie, 1874, 29.

man die Figur einfach umkehren. Ebenso entnehmen wir der graphischen Darstellung in Fig. 83, dass für das gesamte Jahr die Wärmestrahlung am Pol nur $2\,^2/_5$ mal geringer ist (5 : 12) als am Aequator. Berechnet man die Bestrahlungsmenge nach Aequatorialtagen [16]) von 12^h, von denen also am Aequator $365\,^1/_4$ zu verzeichnen wären, so empfängt der Pol während des Jahres so viel Wärme wie ein Punkt des Aequators während $151,_6$ Tagen.

Die tägliche Bestrahlung (W), abhängend von der geographischen Breite des Beobachtungsortes (φ), von der Deklination der Sonne (δ), der Länge des halben Tagebogens (t), endlich der jeweiligen Entfernung der Erde von der Sonne, ausgedrückt durch den scheinbaren Sonnenhalbmesser d, berechnet sich aus der Formel [17]):

$$W = \frac{W_1}{\pi}\left(\frac{\delta''}{960''}\right)^2 (\sin\delta \,.\, \sin\varphi \,.\, t + \cos\delta \,.\, \cos\varphi \,.\, \sin t)$$

Es ist W_1 hierin die Strahlenmenge während 24^h ($t = \pi$) in der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, wo also der scheinbare Sonnenhalbmesser $16' = 960''$ (S. 179) ist. Zur Zeit des Frühlings-Aequinoktiums (21. März) ist die Deklination $\delta = o$, während der scheinbare Sonnenhalbmesser $16'\ 3'' = 963''$ ist. Am Aequator ($\varphi = 0^0$) wird also die Sonnenbestrahlung unter Annahme einer Sonnenkonstante von $2,_1$ (S. 180) sich wie folgt ergeben (in Wärmeeinheiten pro qcm in 1 Min.)

$$= \frac{2,_1 \,.\, 60 \,.\, 24}{\pi}\left(\frac{963}{960}\right)^2 = 969.$$

Führt man die Rechnungen durch, so zeigt sich, dass am 21. Juni die Sonnenbestrahlung am Nordpol diejenige am Aequator um etwa $36\,^0/_0$ übertrifft. Ausserdem ergibt sich aus den Differenzen zwischen Sommer- und Wintertag, dass die südliche Halbkugel ein extremeres solares Klima besitzt als das nördliche.

Die Absorption und diffuse Reflexion [18]). Alle diese berechneten Werte nehmen indessen keine Rücksicht auf die Verzehrung der Wärmestrahlen durch die irdische Atmosphäre. Man wird dabei zwei Vorgänge auseinanderhalten müssen, die man früher in ihrer verschiedenen Wirkung auf die Luft- und Wärmestrahlung der Sonne noch nicht zu trennen vermochte. Einerseits erfahren die Sonnenstrahlen beim Durchgang durch die Atmosphäre einen beträchtlichen Verlust an Lichtstärke. Dies ist hauptsächlich auf die sogenannte diffuse Reflexion zurückzuführen, welche die gesamte Strahlung nach allen Richtungen durch innere Reflexionen zerstreut, um dadurch die Atmosphäre zu einem von diffusem Licht erfüllten Stoff zu machen, wie sich dies bei allen Flüssigkeiten oder Gasen zeigt, in denen un-

[16]) S. Meech, On the relative Intensity of the Heat etc., Wash., Smithson. Institution, Nov. 1856, 30. — [17]) S. die Entwickelung der Formel, die sich nicht ganz auf elementarem Wege geben lässt, bei Meech oder Chr. Wiener, Die Stärke der Bestrahlung durch die Sonne, (Zeitschr. d. Oesterr. Ges. f. Meteorol. 1879, 113—129). Für die Berechnung kann man sie vereinfachen, wenn man für den halben Tagesbogen ($h = o$) aus dem Kosinussatz (S. 71) entwickelt: $\cos\delta \,.\, \cos\varphi = (-\sin\delta \,.\, \sin\varphi) : \cos t$ und in obige Gleichung einsetzt. Dann wird

$$W = \frac{W_1}{\pi}\left(\frac{\delta''}{960''}\right)^2 \sin\delta \,.\, \sin\varphi\,(t - \text{tang } t).$$

[18]) Hann, Lehrb. d. Meteorologie, 1901, 11 ff.

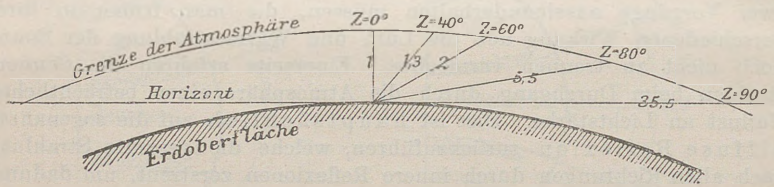
endlich feine schwebende Partikelchen eine gewisse Trübung hervorrufen.

Die diffuse Reflexion schwächt nun im Sonnenspektrum besonders die violetten und blauen sog. chemischen Strahlen, lässt dagegen die leuchtenden gelben bis roten um so mehr durch, je grösser ihre Wellenlänge ist oder je weiter sie im andern Ende des Spektrums gelegen sind. Daher werden beim Sonnenuntergang fast nur noch rote Strahlen durchgelassen, die Helligkeit ist in 7° Höhe über dem Horizont nur $^1/_4$ der ganzen im Zenit, im Horizont nur $^1/_{400}$, sodass man ohne Blendung in die Sonnenscheibe sehen kann. Das Himmelsblau wird also erzeugt durch die das blaue Licht am meisten zerstreuenden feinsten in der Atmosphäre schwebenden Teilchen.

Die sogenannte Absorption, die gänzliche Verzehrung oder Auslöschung der Sonnenstrahlung, bedingt dagegen wesentlich den Verlust an Wärmestrahlung. Denn sie ist am wirksamsten im Gebiete der ultraroten und dunklen Strahlen des Spektrums, also denen von grosser Wellenlänge. Und zwar sind es hierbei der der Atmosphäre beigemengte Wasserdampf und die Kohlensäure, welche hauptsächlich die Absorption bedingen. Ihr Vorhandensein schützt also andererseits auch die Erdoberfläche davor, dass die von ihr ausgehende dunkle Strahlung nicht einfach in den Weltenraum zurückgeht, sondern zur Erwärmung der Atmosphäre in den unteren Schichten erhalten bleibt.

Im Gegensatz zur senkrechten Bestrahlung, die ja überhaupt nur einen geringen Teil der Erdoberfläche trifft, muss bei schief auf den Horizont fallenden Strahlen gleichzeitig eine weit dickere Luftschicht durchsetzt werden, was die Absorption noch bedeutend vergrössert. Daher üben Morgen- und Abendsonne so viel geringere Wirkung als die Mittagssonne aus. Die Erwärmung steht, kurz gesagt, im umgekehrten Verhältnis zu dieser Dicke.

Fig. 84.



Bedeutet z die Zenitdistanz der Sonne, so kann man, solange die Sonne nicht niedriger als 10° steht (z nicht grösser als 80° ist), die Dicke der Atmosphärenschicht unbedenklich = sec z setzen[19]). Nimmt man den sog. Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre d. h. den bei senkrechtem Einfall der Strahlen und ganz heiterem Himmel durchgelassenen Anteil zu $0{,}_{75}$ an, so lässt sich etwa folgende durch Fig. 84 erläuterte Tabelle aufstellen[20]):

Sonnenhöhe	90°	50°	30°	10°	0°
Dicke der Atmosphärenschicht . .	1	$1{,}_{31}$	$1{,}_{99}$	$5{,}_{56}$	$35{,}_{5}$
Durchgelassene Wärmemenge in %.	75%	69%	56%	20%	—

Die Morgen- und Abendstrahlen werden fast ganz absorbiert.

[19]) Sprung, Lehrbuch der Meteorol., 1885, 303. — [20]) Nach Radau, s. Zenker S. 30, (s. Anm. 12).

Einen durchschnittlichen Transmissionskoeffizienten für die ganze Erde kennt man nicht. Berechnen wir aber den durchgelassenen Anteil für verschiedene, in der Natur gewiss vorkommende Werte desselben [21]) — wir wollen ihn 1 nennen, wenn überhaupt keine Wärmestrahlen absorbiert werden; also $0,_5$, wenn die Hälfte verzehrt wird, immer unter Voraussetzung dauernd heiteren Himmels —, und nehmen wir als Einheit den Thermaltag d. h. die Wärmemenge, welche dem Aequator bei senkrechter Beleuchtung am 12-stündigen Tage des Frühlingsaequinoktiums bei mittlerer Entfernung der Sonne zukommen würde, so erhalten wir ein wesentlich anderes Bild als das frühere

Breite	Tr. = 1	Tr. = $0,_7$	Tr. = $0,_6$
Der Aequator . .	350	209	170 Thermaltage
50^0	240	110	91 „
90^0	145	45	28 „

Halten wir uns an den Koeffizienten $0,_6$, der gewiss selten überschritten wird, so empfängt der Aequator infolge der schützenden Decke der Atmosphäre nur die Hälfte (= 170 : 350), der 50^0 Br. nur $^3/_8$, der Pol kaum $^1/_5$ (= 28 : 145) derjenigen Wärme, welche die Sonne den jeweiligen Breiten ohne Absorption zuführen würde. Diese rechnerischen Ergebnisse schliessen sich, wie man leicht erkennt, der tatsächlich beobachteten Wärme an der Erdoberfläche schon ungleich besser an als die obigen, welche lediglich die Bestrahlung ohne Absorption berücksichtigen. Hierbei sind immer die Strahlungsmengen an ganz heitern Tagen angenommen; infolge der Bewölkung gelangen jedoch erheblich weniger Wärmemengen zur Erdoberfläche als aus den theoretischen Berechnungen folgen würde.

§ 228. Die Ausstrahlung. Jeder Körper, der sich in einem Raume von niederer Temperatur befindet, als sie seiner Oberfläche innewohnt, strahlt gegen diese Wärme aus. Die Temperatur des Weltenraums ist nicht bekannt, ohne Zweifel aber sehr niedrig. Die Erde strahlt daher in jedem Momente und von jedem Punkte aus die von der Sonne empfangene Wärme wieder aus.

Dabei ist der Schutz, den die Eigenstrahlung der Atmosphäre (infolge der diffusen Reflexion auch der Wärmestrahlen) der Erdoberfläche gegen eine zu starke Ausstrahlung in den Weltenraum gewährt, nicht ganz gering anzuschlagen. Man hat berechnet, dass diese diffuse Wärmestrahlung auf der nicht erleuchteten nächtlichen Erdhälfte immer noch $^1/_{10}$ der theoretischen Sonnenstrahlung beträgt, demnach mit dem Schutz einer den Himmel zum kleineren Teile bedeckenden Wolkenschicht (s. u.) verglichen werden kann [22]).

Nun nimmt zwar der Erdboden den grössten Teil der ihm zugeführten Wärme auf, gibt auch einen Teil derselben an tiefere Schichten ab, der Hauptsache nach strahlt er jedoch die Wärme gegen die Luft wieder aus, und diese vom Erdboden kommenden, langsam wirkenden Ausstrahlungen sind es, welche die Erwärmung der unteren Luftschichten hervorbringen, durch die sie in

[21]) A. Angot, Theoretische Untersuchungen über die Verbreitung der Wärme auf der Erdoberfläche (1883). (Meteorol. Zeitschr. 1886, 540 ff.). — [22]) Hann, Lehrb. d. Meteorologie 1901, 44.

so grossem Gegensatz gegen die kälteren höheren Schichten stehen. Man darf diese langsame Ausstrahlung nicht mit einem Zurückwerfen (Reflektieren) der Wärmestrahlen verwechseln. Das letztere geht von jenen Strahlen aus, die nur bis zur Oberfläche eines Körpers gelangen, ohne von ihm absorbiert zu werden. Eine Schneefläche wirft einen grossen Teil der empfangenen Wärme direkt zurück. Daher erhalten sich auf Bergen im Sommer die Schneeflächen so lange, trotzdem die Luft bereits eine bedeutende Wärme zeigt.

Die Luft ist ein schlechter Wärmeleiter, sie dämpft und verlangsamt daher die Ausstrahlung dadurch, dass sie sich selbst langsam erwärmt. Im übrigen hängt die Wirkung auf die umgebende Luft zunächst von der Grösse der ausstrahlenden Fläche ab. Daher ist die Lufttemperatur in tieferen und ebeneren Regionen höher als auf Bergspitzen, wo die Flächen in entgegengesetzten Richtungen abfallen, und somit die ausgestrahlte Wärme sich nicht im gleichen Masse konzentriert der Luft mitteilen kann. Sodann kommt die Dichte und der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Betracht. Wir sprechen von trockner und feuchter Luft, verstehen jenen Ausdruck aber nicht im absoluten Sinn. Absolut trocken sind nur die höchsten Luftschichten; eben ihrer grösseren Trockenheit wegen ist die Luft auch auf hohen Bergen sehr kalt. Bilden sich nun aber aus dem Wasserdampf der Atmosphäre noch Wolkenschichten, so wirken diese wie ein Schirm gegen die Ausstrahlung in den Weltenraum. Sie lassen zurückgestrahlte Wärme nicht durch, sondern werfen sie zur Erde zurück. Daher das Gefühl grosser Schwüle bei bedecktem Himmel im Sommer, besonders vor dem Gewitter. In klaren Winternächten sinkt die Temperatur rasch infolge der ungehinderten Ausstrahlung.

Hierin hat man also einen ersten Grund für die Temperaturunterschiede zweier Orte zu sehen, die dasselbe solare oder mathematische Klima besitzen. Da die Luft auf dem Meere und an den Küsten feuchter zu sein pflegt, auch der Himmel öfter bedeckt ist als im Binnenlande, tritt im allgemeinen in Küstengegenden keine so starke Ausstrahlung ein; die Gegensätze zwischen Wärmezufuhr und Wärmeabgabe erscheinen hier gemildert.

§ 229. Einfluss der Natur des Bodens auf die Lufttemperatur. Feste und flüssige Körper besitzen eine verschiedene Wärmekapazität oder (auf die Masseneinheit berechnet) spezifische Wärme. Der Begriff derselben ist früher erläutert (§ 209). Das Wasser bedarf einer 2 — 5 mal grösseren Wärmezufuhr, um sich in gleichem Grade zu erwärmen als die festen, erdigen oder steinigen Materialien, welche grössere Teile der Landfläche bedecken. Letztere erwärmen sich leichter und schneller, mithin gilt das Gleiche von den gesamten Landmassen der Erde im Gegensatz zu den Meeresflächen. Und da die Fähigkeit eines Körpers, Wärme auszustrahlen, in gradem Verhältnis zu derjenigen sie aufzunehmen steht, so kühlen sich durch Ausstrahlung in der Nacht und im Winter die Landflächen weit stärker und rascher ab, als die Meere. Dazu kommt der sehr wichtige Unterschied, dass die Wärme in weit tiefere Schichten des Meeres eindringt als im festen Erdboden.

Es sinken ferner die abgekühlten Schichten im Wasser abwärts, um wärmeren Platz zu machen. Auf dem Lande kann eine ähnliche Verschiebung nicht vor sich gehen. Es werden daher in der Bodentemperatur sich weit grössere Extreme zeigen müssen dem Grade nach wie nach der Schnelligkeit ihres Wechsels als im Oberflächenwasser.

Wir sahen, dass + 35° und — 3° C. etwa die äussersten Grenzen sind, zwischen denen die Oberflächentemperatur des Meeres schwankt (S. 524). Dagegen hat man bereits in unseren Breiten feststellen können, dass sich der Boden durch Bestrahlung gelegentlich um 35° bis 40° C. mehr erwärmt, als die umgebende Luft (letztere im Schatten gemessen). Ueberhaupt steht fest, dass sich der Erdboden am Tage wie im Sommer beträchtlich mehr, als die Lufttemperatur darüber anzeigt, erwärmt. Umgekehrt erkaltet der Boden bei Nacht und im Winter mehr durch die Ausstrahlung als die Luft, wenn auch nicht bedeutend. Es können uns also tropische Erfahrungen nicht verwundern, bei denen man den Boden bis auf 60°, ja 80° C. erhitzt gefunden hat. Tau und Reif und selbst Eisbildung in subtropischen Wüsten, in denen die Lufttemperatur oft noch beträchtlich über 0° liegt, zeigen genugsam die Stärke der nächtlichen Ausstrahlung an. Daher auch die Gefährlichkeit sich verlockt durch die milde Lufttemperatur abends auf den Boden niederzulegen, was man meist auf seine Feuchtigkeit zurückführt. Die starke Erniedrigung der Bodentemperatur ist vielmehr das Schädliche.

Feuchte Bodenarten haben den bisherigen Betrachtungen entsprechend eine grössere Wärmekapazität als die trockenen; der jeweilige Wassergehalt übt natürlich einen bedeutenden Einfluss aus. Ist diejenige des Wassers gleich 1, so kann man sie im Mittel bei getrocknetem Zustand annehmen für:

Flugsand	0,19	Kalk und Kalksand	0,21	Torf	0,51
Basalt	0,19	Gyps	0,27		

Dies sind freilich Gewichtskapazitäten. Geht man, was für klimatische Werte richtiger ist, von Volumkapazitäten aus, so zeigt sich der Unterschied von Wasser und festem Erdreich nicht unwesentlich geringer. Auf 1 kbm berechnet ist sie für letzteres etwa 0,17—0,34, wenn zur Erwärmung von 1 kbm Wasser um 1° eine Wärmeeinheit erfordert wird[23]).

Steiniger und durchlässiger Boden, der rasch trocknet, ist daher für Weinbau günstiger als fetter Humusboden, da er mehr Wärme an die Luft abgibt als letzterer. Entwässerungsanlagen grossen Stils können klimatisch bedeutungsvoll werden. Vor allem erwärmt sich der trocken gelegte Boden schneller.

Da endlich Körper mit dunkler und rauher Oberfläche sich leichter erwärmen als solche mit glatter und glänzender, weil eben letztere einen grösseren Teil der Strahlen unmittelbar zurückwerfen, so erklärt dies auf tellurische Verhältnisse angewandt gleichfalls viele klimatische Unterschiede. Der Meeresspiegel vergegenwärtigt uns schon einen Körper mit glatter Oberfläche in grossem Massstabe. Auf dem Fest-

[23]) Vergl. W. v. Bezold, Der Wärmeaustausch an d. Erdoberfläche u. in der Atmosphäre (1892). (Gesamte Abhandl. 1906, 219 ff.).

lande wechseln trockene Wüstenstriche mit Wald und Feld, Sumpf, Steinfeldern, Schneeflächen fast regellos in gleichen Breiten, alle besitzen eine beträchtlich verschiedene Wärmekapazität.

Im Sommer überwiegt die Wärmezufuhr den Verlust durch die unausgesetzte, nicht etwa auf die Nacht beschränkte Ausstrahlung, im Winter ist es umgekehrt. Trockenheit der Luft, Helligkeit befördert die Ausstrahlung bis zu dem Grade, dass rings um den Nordpol sich weitgedehnte Gegenden finden, in denen der Boden bis zu Dutzenden von Metern gefroren ist. Die Sommerwärme kann hierbei den Boden nur in seinen oberflächlichen Schichten auftauen (S. 583).

Wenn somit die Temperatur der unteren Luftschichten, um die es sich in unseren bisherigen Betrachtungen allein handelt, fast ausschliesslich von der Rückstrahlung von Wärme aus dem Boden abhängt, so muss in der verschiedenen Verteilung von Land und Wasser der weitaus wichtigste Faktor für die Umgestaltung des solaren oder mathematischen in das tellurische oder physische Klima erkannt werden. Er wirkt zunächst im vertikalen Sinne für die Gesamtzirkulation der Luft (§ 244). Dazu treten dann die seitlichen Verschiebungen, hervorgerufen durch die Luftströmungen, die Winde. Diese können aus fernen Gegenden Luftmassen herbeiführen, deren Wärme- oder Kältegrad mit der örtlich vom Boden der Luft mitgeteilten Temperatur in Widerspruch steht.

§ 230. Die beobachteten Lufttemperaturen. Wir schicken uns nach diesen theoretischen Betrachtungen an, die Ergebnisse der wirklichen Beobachtungen der Temperatur der dem Boden nahen Luftschichten zu erörtern. Bevor wir das wechselnde Spiel der Temperaturverhältnisse in zusammenfassenden Uebersichten verfolgen, erläutern wir die Vorgänge an örtlichen Erscheinungen. Halten wir ein für alle mal fest, dass alle unsere Temperaturangaben Schattentemperaturen sind.

Die Messung der Lufttemperatur geschieht im Einzelfall (z. B. für Barometerbeobachtungen) mit Hülfe eines Schleuderthermometers, ein in einer Hülse eingeschlossenes und daher leicht an einer Schnur herumzuschwingendes Thermometer, das bald die wahre Lufttemperatur angibt. Noch bessere Dienste leistet das Aspirationspsychrometer, welches das Thermometer mit aufgesaugter Luft in Berührung bringt. Zur ständigen Beobachtung muss man die Thermometer etwa $1^1/_2{}^m$ über dem Boden an schattigen Orten anbringen, wo sie vor den reflektierten Strahlen benachbarter Wände geschützt sind und der Luftzug steten Zutritt hat.

Der tägliche Gang der Lufttemperatur. Verfolgt man durch stündliche Ablesung des Thermometers die Hebung und Senkung der Temperaturkurve der Luft, so interessiert uns neben der Grösse des Ausschlages oder der Amplitude d. h. des Unterschieds zwischen höchstem und niederstem Betrag der Wärme die Zeit des Eintritts dieser Phasen.

Wählt man Orte aus niedriger und hoher Breite und aus Gegenden jenseits der Polarkreise, wo die Sonne im Sommer nicht unter dem

Horizont verschwindet, so ergibt sich im Juli hinsichtlich der Eintrittszeit das Folgende[24]):

	Breite	Minimum	Maximum	Zwischenzeit
Vardö (Norwegen) .	$70^1/_2{}^0$ N	$1^h 9^m$ *a. m.*	$2^h 49^m$ *p. m.*	$13^h 40^m$
Kristiania	60^0 N	$3^h 30^m$ „	3^h „	$11^h 30^m$
Madrás	13^0 N	6^h „	2^h „	8^h

(Mit *a. m.* = ante meridiem oder kurz *a.* = ante wird die Zeit von 12^h nachts bis 12^h mittags, mit *p. m.* = post meridiem oder *p.* = post die Zeit von 12^h mittags bis Mitternacht bezeichnet.)

Allerorts sinkt also die Temperatur der Luft nachts infolge des Ueberwiegens der Ausstrahlung. Die niedrigste Temperatur muss daher um die Zeit des Sonnenaufgangs eintreten, in höheren Breiten folgt sie ihm um ein Geringes in der Zeit. Das Maximum dagegen stellt sich erst beträchtlich nach Mittag ein, weil, obwohl die Sonne von 12^h an zu sinken anfängt, die zugeführte Wärmemenge noch während einiger Stunden grösser ist als die ausgestrahlte; dann erst überwiegt letztere. Im Winter herrschen die gleichen Zeitgesetze, nur wird die nachmittägige Insolation wesentlich rascher von der alsdann weit stärkeren Ausstrahlung überwunden. Die Eintrittszeit ist im Januar in betreff des

	Minimums	Maximums	der Zwischenzeit
Vardö . . .	nur Ausstrahlung	—	—
Kristiania . .	$8^h 1/4$ *a.*	$1^h 1/4$ *p.*	5^h
Madrás . . .	7^h *a.*	1^h *p.*	6^h

Die Grösse der Tagesschwankung ist im Sommer im allgemeinen beträchtlicher. Denn im Winter verhindert die geringe Sonnenhöhe der kurzen Tage zu wenig die Fortwirkung der Ausstrahlung. Eine strengere Abhängigkeit von der geographischen Breite findet in diesem Punkte nicht statt. In Küstenorten niederer Breiten 4^0—6^0 C. betragend, steigt die Tagesamplitude auf 10^0—15^0 in mittleren, um in höheren wieder zu sinken. Der Einfluss des die rasche Abkühlung wie Erwärmung verhindernden Meeres oder eines Seeklimas macht sich geltend. Nach dem Innern des Landes zu steigt die Amplitude durchweg. Wir wählen Orte in annähernd gleicher Breite

	Breite	Juli	Januar
Bergen	$60^0 1/2$	$5^0,_2$ C.	1^0 C.
Kristiania . . .	60^0	$8^0,_1$ „	$1^0,_6$ „
Barnaul	$53^0 1/3$	$11^0,_2$ „	$4^0,_5$ „

Wo freilich der Sommer die Wolkenbildung stark begünstigt wie in zahlreichen Orten der Monsungebiete wird die Tagesamplitude im Sommer geringer sein als im Winter. Am stärksten finden wir sie in trockenen Wüstengegenden. Man hat sie in der Sahara in 20^0 bis 22^0 Br. zu 14^0—16^0 C. im März und Mai, zu 20^0—26^0 C. im Juni bis Juli gefunden. Alle hier genannten Zahlen sind mittlere Extreme oder mittlere Abstände der Höhen- und Tiefenpunkte der Temperaturkurve; an einzelnen besonderen Tagen treten weit bedeutendere Sprünge der Temperatur hervor (absolute Extreme).

[24]) Mohn, Grundzüge der Meteorologie, 22 ff.

§ 231. Temperaturmittel[25]. Man hat gefunden, dass das Tagesmittel der Temperatur mit hinreichender Genauigkeit durch drei tägliche Ablesungen festgestellt werden kann und annähernd selbst durch zwei. Gibt man der Ablesung 9^h abends das doppelte Gewicht, so ist

$$\frac{7^h\,a. + 2^h\,p. + 2 \times 9^h\,p.}{4}$$

zur Mittelberechnung wohl geeignet; andere Mittel sind

$$\frac{6^h + 2^h + 10^h}{3} \quad \text{oder} \quad \frac{8^h + 8^h}{2}$$

Die Summe der Tagesmittel eines Monats geteilt durch ihre Anzahl liefert das Monatsmittel; der Durchschnitt der Monatsmittel entspricht dem rohen Jahresmittel. Das Jahr wird in meteorologischer Hinsicht etwas anders in vier Jahreszeiten eingeteilt als das astronomische. Man weist jeder der letzteren drei volle bürgerliche Monate zu, den Winter mit Dezember beginnend u. s. f.

Für Bremen ergibt sich hiernach die folgende rohe Mittelberechnung, wenn z. B. das Jahr 1895/96 zu grunde gelegt wird:

Dezember	$+1°,98$	Winter:	Juni	$17°,47$	Sommer:
Januar	$1°,33$	$\frac{5°,00}{3} = 1°,67$	Juli	$17°,73$	$\frac{50°,22}{3} = 16°,74$
Februar	$1°,69$		August	$15°,02$	
März	$5°,87$	Frühling:	September	$13°,77$	Herbst:
April	$6°,81$	$\frac{23°,43}{3} = 7°,81$	Oktober	$9°,37$	$\frac{24°,90}{3} = 8°,30$
Mai	$10°,75$		November	$1°,76$	

Rohes Jahresmittel Bremens (1895/96) $= \frac{1°,67 + 7°,81 + 16°,74 + 8°,30}{4} = 8°,63$.

Die Normaltemperatur. Der Temperaturgang der einzelnen aufeinander folgenden Jahre zeigt indessen beträchtliche Verschiedenheiten. Gleichen sich diese im Jahresmittel auch meist schon auf einige Grade aus, so erheben sie sich in den einzelnen Monaten — und zwar bei uns noch mehr im Winter — auf viel grössere Beträge. Diese sog. mittlere Veränderlichkeit der Temperatur ist an den Küsten gering (in Bremen $1°$—$2°$ für das Jahr, $6°$—$8°$ für Januar und Dezember); ähnliches gilt für die Tropen, am grössten ist sie in kontinentalen Gebieten. Ziffermässig grösser sind ferner die Beträge der absoluten Veränderlichkeit, worunter man den Abstand des höchsten Mittels vom niedrigsten innerhalb einer langen Periode versteht. Für mittlere und nördliche Breiten erreicht sie im Jahresmittel wohl $4°$ C., für Dezember und Januar dagegen bis $18°$, sodass zuweilen bei uns einem oberitalienischen Winter ein solcher gegenübersteht, der uns nach Spitzbergen oder Moskau versetzt. Die Kenntnis des Temperaturgangs eines einzelnen Jahres hat daher nur für Orte mit sehr konstantem Klima Bedeutung. Wo dieses veränderlich ist, muss die beobachtete Temperatur auf Normaltemperatur zurückgeführt werden. Unter letzterer verstand man früher das Mittel von mindestens 20 aufeinander folgenden Jahren; nachdem indessen Klimaschwankungen von einer etwa 35jährigen Periode wahrscheinlich gemacht sind (§ 256), wird man jene Zahl verdoppeln müssen.

In Wien[26]) betrug der Unterschied der Temperatur des gleichen Tages in einzelnen Jahren während einer 100jährigen Periode $30°$ C, für das Monatsmittel des Januar noch $11°$, sodass man 40jährige Beobachtungen haben muss,

---

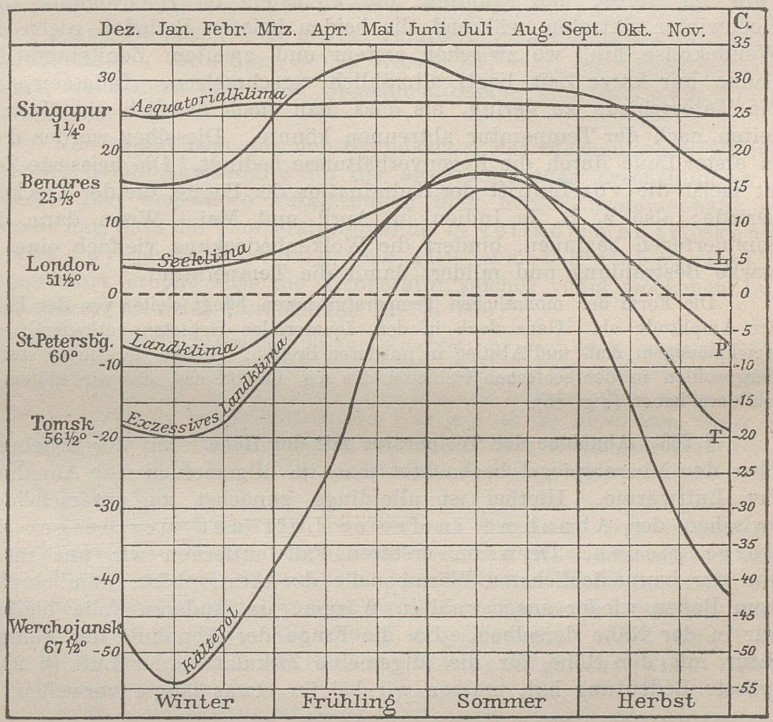
[25]) Vergl. hierzu Hugo Meyers Anleitung (s. o. S. 560) und Hanns grundlegende Arbeit, Die Temperaturverhältnisse der Oesterr. Alpenländer I. (Sitzungsber. d. k. Akad. Wien, Math.-Naturw. Kl. XC u. XCI, 1884 u. 1885, auch separat); Hann, Lehrb. d. Meteorol. 1901, 73 ff. — [26]) J. Hann, Lehrb. d. Meteorologie 1906, 92.

um die mittlere Jahrestemperatur bis auf $\pm {}^1/_{10}{}^0$ zu verbürgen; für den Sommer Wiens würden 100jährige, für den Winter gar 400jährige Reihen erforderlich sein [27]).

Gesetzt wir kennten von einzelnen Stationen die Normaltemperatur, und das Einzeljahr wäre im Orte A im Mittel um $1^0{,}_5$ gegen die letztere zu warm, so reduziert man in den benachbarten Orten B, C die Temperatur des in Rechnung gezogenen Jahres (x) auf Normaltemperatur durch Abzug des gleichen Betrages von $1^0{,}_5$, indem vorausgesetzt wird, dass die gleichen Ursachen, welche in A wirkten, auch B und C in jenem Jahre in gleichem Sinne beeinflussten. Noch kennen wir die Normaltemperatur zahlreicher Orte der Oberfläche nicht. Daher haben Messungsergebnisse eigentlich nur Wert, wenn wir gleichzeitig erfahren, aus welchen Jahren sie gewonnen sind.

§ 232. Der jährliche Gang der Temperatur [28]). Im allgemeinen ist in der nördlichen gemässigten Zone auf dem Lande der Januar der kälteste, der Juli der wärmste Monat. Auf der südlichen Halbkugel ist es umgekehrt.

Fig. 85.



In polaren Gegenden und auf dem Meere tritt eine nicht unbeträchtliche Verspätung dieser Minimal- und Maximal-

[27]) J. Hann, Lehrb. d. Meteorologie 1906, 92. — [28]) Ebenda 1901, 90 ff., 1906, 80 ff.

temperaturen ein. Es folgt also der jährliche Gang der Lufttemperatur im allgemeinen dem Stande der Sonne über dem Horizont. Weil aber nach der Sommersonnenwende (21. Juni) die Wärmezufuhr die Ausstrahlung noch übertrifft, so findet noch eine Zeitlang eine Erhöhung der Temperatur statt, die in unseren Gegenden in der zweiten Hälfte des Juli ihr Maximum erreicht. Im Winter überwiegt auch nach dem Tiefstand der Sonne am 21. Dezember die Ausstrahlung noch so sehr, dass ein weiteres Sinken der Temperatur bis in den Januar hinein, stellenweise bis in den Februar erfolgt. Dies erklärt es auch, weshalb Maximum und Minimum im allgemeinen in den kalten Zonen später als in gemässigten Breiten eintreten. Man kann hier fast überall neben dem ständig warmen Sommer und ständig kalten Winter einen deutlich ausgeprägten Frühling mit rasch steigender und einen Herbst mit schnell fallender Temperatur unterscheiden (Fig. 85).

In äquatorialen Landstrichen, innerhalb welcher die Sonne zweimal im Zenit steht, müssten die grössten Wärmen zweimal und zwar im Herbst und Frühling, die kleinsten im Hochsommer und Hochwinter eintreten, während die beiden heissen Perioden gegen die Wendekreise hin, wo zwischen erstem und zweitem Zenitstand der Sonne nur kurze Zeit liegt, allmählich verschmelzen. Indessen sind die Unterschiede zu gering, als dass man noch deutlich vier Jahreszeiten nach der Temperatur abtrennen könnte. Dieselben werden dort in erster Linie durch die Regenverhältnisse bedingt. Die heisseste Zeit ist meist die vor Eintritt der Kulmination der Sonne, die der Trockenperiode; also z. B. in Indien im April und Mai. Wenn dann die Sommerregen beginnen, hindert die Wolkenbedeckung vielfach eine zu starke Bestrahlung und mildert damit die Temperatur.

Die Form der monatlichen Temperaturkurven hängt weiter von der Höhe der Amplitude ab. Ganz flach in den äquatorialen Gebieten verlaufend, mit gleichmässigem Auf- und Abstieg in mittleren Breiten, erheben sie sich zu steilen Bergprofilen in den seefernen Gebieten des sog. Landklimas, das wir später zu schildern haben (Fig. 85).

§ 233. Abnahme der Temperatur mit der Höhe. Mit der Erhebung über den Meeresspiegel beobachtet man im allgemeinen eine Abnahme der Luftwärme. Hierbei ist allerdings zunächst zu unterscheiden zwischen der Abnahme in freier Luft und derjenigen in Bergregionen. Denn im ersteren Fall entfernen wir uns rasch von der hauptsächlichsten Wärmequelle der Atmosphäre, nämlich der vom Boden wieder ausgestrahlten Wärme, im anderen Falle bleiben wir in der Nähe derselben. Da die Frage der Abnahme der Temperatur mit der Höhe für die allgemeine Zirkulation der Luft (§ 245) grösste Bedeutung hat, müssen wir bei ihr etwas länger verweilen.

Abnahme der Temperatur in freier Luft[29]). In geschlossenen Räumen sind die oberen Luftschichten stets wärmer als

[29]) R. Assmann u. A. Berson, Wissenschaftl. Luftfahrten, 3 Bde., Berlin 1899—1900, I. Geschichte, II. Einzelfahrten, III. Hauptergebnisse; R. Assmann, Ergebnisse der Arbeiten des k. preuss. aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg (jährlich seit 1900).

die unteren, weil die Wärme die Luft auflockert und diese leichtere wärmere Luft daher aufwärts steigt, ohne wesentlich anderen Druckverhältnissen zu begegnen. Auch in der freien Atmosphäre müssen die unteren Luftschichten sich infolge der Erwärmung mehr ausdehnen und, da sie seitwärts grösseren Widerstand finden, nach oben ausweichen. Leicht könnte man denken, dass durch solche aufsteigenden Luftströme an sich beträchtliche Wärmemengen auch in höhere Schichten der Atmosphäre getragen würden. Dem ist indessen nicht so. Indem die Luft sich ausdehnt, wird eine mechanische Arbeit geleistet, die nur unter Verlust von innerer Wärme vor sich gehen kann. Es tritt also alsbald eine Abkühlung der Luft ein. Die Ausdehnung ist die eigentliche Ursache derselben. Die Arbeit der Hebung besorgt dagegen die Schwerkraft und zwar dadurch, dass sie die überlagernde schwerere Luft zum Sinken unter die erwärmte und darum leichter gewordene bringt[30]). Aufsteigende Luftströme kommen daher bald zur Ruhe, nämlich dort, wo eine Temperatur herrscht, die ihrer Abkühlung infolge der Ausdehnung entspricht. Umgekehrt erwärmen sich herabsinkende Luftströmungen rasch, weil sie bei vergrössertem, auf ihnen lastendem Luftdruck sich verdichten, wobei Wärme frei wird, die zur Erwärmung dient; sie können daher bei langsamem Sinken nicht als kalte Ströme herabfallen.

Nun ergibt sich aus den Grundsätzen der mechanischen Wärmetheorie, deren Anwendung auf die atmosphärischen Erscheinungen in neuerer Zeit ungeahnte Aufklärungen über deren Zusammenhang gebracht hat, dass die Temperaturabnahme in vollkommen trockener Luft für jede Hebung von 100^m fast 1^0 C. beträgt[31]). Umgekehrt erhöht sich die Temperatur solcher völlig trockenen Luft um fast 1^0 C. beim Herabsinken für je 100^m.

Beides findet allerdings genau betrachtet nur dann statt, wenn der Luft nicht gleichzeitig Wärme von aussen zugeführt oder ihr entzogen wird d. h. wenn sich die Luft in dem sog. adiabatischen Zustande befindet. Eine solche mit der Höhe proportionale Temperaturänderung (von je 1^0 C. für 100^m) kann ferner nur bei einem indifferenten Gleichgewicht der Luft vor sich gehen, in welchem jedes Teilchen, wenn auch beliebig verschoben, in Ruhe bleibt und zu Störungen keinen Anlass gibt.

Die Luft ist aber in den tieferen Schichten fast immer mit Feuchtigkeit durchsetzt. Sättigt sie sich mit Wasserdampf, so wird eine Abkühlung viel langsamer als bei trockener Luft eintreten, weil jede Kondensation des Dampfes zu Wasser Wärme frei werden lässt, die nun der weiteren Abkühlung entgegenwirkt. Erst das Vorhandensein des Wasserdampfes ermöglicht also über-

[30]) W. v. Bezold, Zur Thermodynamik der Atmosphäre. (Meteorol. Zeitschr. VI, 1889, bes. S. 220 ff.). — [31]) Der konstante Faktor der Ab- und Zunahme der Temperatur für jedes Meter entspricht nach der Grundformel der mechanischen Wärmetheorie dem Verhältnis zwischen dem Wärmeäquivalent für die Arbeitseinheit (d. h. 1/428, wenn das Arbeitsäquivalent zu 428 Kilogrammmeter angenommen wird) und spezifischer Wärme der Luft ($= 0{,}_{237}$) also $= 1/428 : 0{,}_{237} = 0^0{,}_{00983}$ für 1^m, also $0^0{,}_{983}$ für 100^m; s. Sprung, Lehrb. d. Meteorol., 1885, 170.

haupt, dass verhältnismässig warme Luftschichten in grössere Höhen gelangen. Wenngleich nun zu gewissen Nachtstunden, wo der Boden sich rasch durch Ausstrahlung abkühlt, die Luft in einigen hundert Metern über der Erdoberfläche wärmer als unten zu sein pflegt, so nimmt die mittlere Tages- und Jahrestemperatur nach oben doch ständig ab, bis in höheren Höhen eine erst in jüngster Zeit durch die Ballonaufstiege entdeckte fast isotherme Schicht erreicht wird[32]), in der die Abnahme ganz langsam ist, ja z. T. eine schwache Temperaturzunahme eintritt.

Dies hat zur Scheidung des Teils der Atmosphäre, der uns durch unmittelbare Druck-, Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen zugänglich ist, in eine Troposphäre und eine Stratosphäre geführt[33]).

Die Troposphäre reicht von der Erde bis zur oberen Temperaturumkehr d. h. in polaren Gegenden bis etwa 7 km, in mittleren Breiten bis etwa 11 km, in den Tropen jedenfalls höher, am Aequator vielleicht bis 16 000 m. In ihr nimmt die Temperatur nach oben zuerst rascher ab; in Höhen zwischen 2000 m — 4000 m tritt eine Verzögerung ein, eben weil hier in der Wolkenschicht der Schauplatz häufiger Kondensationen des Wasserdampfes ist, sodass Wärme frei wird. Alsdann sinkt mit der Zunahme der Trockenheit der Luft die Temperatur wieder, und zwar in rascherem Tempo als in der Tiefe, am raschesten bei uns, in ca. 8000 m — 9000 m. Im Ganzen herrschen in der Troposphäre auf- und absteigende Luftbewegungen vor.

Ein Bild des mittleren Zustandes der Troposphäre über Europa kann uns das Ergebnis einer Berechnung aus 380 Ballonaufstiegen der Jahre 1902—7 gewähren[34]).

Höhe km	Mittlere Temperatur	Abnahme für 100 m	Höhe km	Mittlere Temperatur	Abnahme für 100 m
1	+ 4°,6	0°,46	7	— 30°,8	0°,73
2	+ 0°,1	0°,50	8	— 38°,0	0°,64
3	— 5°,0	0°,57	9	— 44°,4	0°,52
4	— 10°,7	0°,62	10	— 49°,6	0°,32
5	— 16°,9	0°,68	11	— 52°,8	0°,14
6	— 23°,7	0°,70			

Die Jahreszeiten machen sich dabei bis in die höchsten Teile der Troposphäre geltend und die gleich erwärmten Schichten neigen sich im allgemeinen von Süd- nach Nord-Europa und von West- nach Ost-Europa, weit mehr jedoch vom Aequator zum Pol. In den Tropen treten auch Unterscheidungen zwischen Trocken- und Regenzeiten hervor[35]), doch sind sie weit geringer als bei uns zwischen den Gegenzeiten des Jahres.

In der Region oberhalb der obern Inversion[36]) d. h. in der Stratosphäre ist die Temperatur, wie schon angedeutet, fast konstant, ja nimmt mit der Höhe vielleicht noch etwas zu.

---

[32]) Als die Entdecker (1902) gelten L. Teisserenc de Bort (Paris) und R. Assmann (Berlin). — [33]) Teisserenc de Bort in Compt. rend. CXXXIV, 1902, 987 ff. — [34]) Vergl. Arthur Wagner, Die Temperaturverhältnisse in der freien Atmosphäre (Meteorol. Zeitschr. XXVII, 1910, 97 ff.). Graphisch sind die Resultate Wagners bei Supan (Phys. Erdk. 1911, 75) zusammengefasst. — [35]) W. van Bemmelen, Die Temperatur des trop. Luftmeeres nach Beobachtungen mittelst Registrierballons in Batavia (Meteorol. Zeitschr. XXIX, 1912, 305—8). — [36]) A. Schmauss, Die obere Inversion (Met. Zeitschr. XXVI, 1909, 241—58).

Das Ergebnis obiger 380 Aufstiege über Europa ergibt für die Stratosphäre das folgende:

Höhe km	Mittlere Temperatur	Aenderung für 100 m	Höhe km	Mittlere Temperatur	Aenderung für 100 m
11	— 52°,8	— 0°,14	14	— 54°,4	+ 0°,003
12	— 54°,2	— 0°,03	15	— 54°,3	+ 0°,014
13	— 54°,5	+ 0°,003	16	— 54°,1	+ 0°,023

Die Monatsmittel zeigen noch fast dieselben Unterschiede wie in den oberen Schichten der Troposphäre.

Störungen durch vertikale Luftbewegungen scheinen in dieser Region kaum mehr zu bestehen, die Luft bewegt sich vorzugsweise in horizontaler Richtung. Man hat die Stratosphäre sowohl über dem Meere[37]) als in den Tropen festgestellt. Sie beginnt hier aber in weit bedeutenderen Höhen als bei uns, vielleicht erst bei 15000 m oder 16000 m und, wie es scheint, in einer sehr viel niedrigeren Temperatur (— 75° bis — 80°?)[38]) als in Europa (ca. — 55° C).

Man gibt entweder, wie in obigen Beispielen geschehen, die Temperaturabnahme in Graden (den Gradienten) für je 100 m Erhebung an oder berechnet die thermische Höhenstufe d. h. die Anzahl von Metern, die man aufsteigen muss, um das Thermometer um 1° C. sinken zu sehen. In 3000 m Höhe trifft man bei uns, wie aus obiger Tabelle hervorgeht, meist schon weniger als 0° C., in 7000 m — 8000 m bereits — 30° bis — 40°, regional machen sich noch bedeutende Temperaturunterschiede in den Höhen bis 10000 m geltend. Als niedrigste Temperatur ist bis jetzt in 14800 m Höhe — 85°,6 von einem der unbemannten Ballons verzeichnet worden (Jan. 1905)[39]), und zwar über St. Louis in Amerika, doch ergab ein Aufstieg am Victoriasee, also unter dem Aequator, in 19300 m auch — 84° C.[40]).

Die Abnahme der Lufttemperatur im Gebirgslande[41]) bestimmt man durch den Vergleich der Mitteltemperaturen, welche in Gebirgsorten und solchen der umgebenden Tiefebenen oder längs des Gebirgssaumes gewonnen sind. Es hat sich hierbei überall die Annahme bewährt, dass die Temperaturabnahme proportional mit der Höhe erfolgt. Aber die Grösse des Faktors ist verschieden, denn es spielen hierbei örtliche Verhältnisse eine nicht unbedeutende Rolle. Zunächst übt der Bergschatten, der manchen Orten einen nicht unbeträchtlichen Teil der Sonnenbestrahlung entzieht, einen Einfluss aus[42]). Manche an Bergabhängen gelegene Stationen zeigen ferner — namentlich im Winter — eine grössere Wärme, weil die kalte Luft an den Abhängen herabgleiten kann, um durch andere ersetzt zu werden, wogegen die kalten Wintertemperaturen vieler Talstationen sicher damit zusammenhängen, dass die schwere kalte Luft keinen Ausweg aus den Tälern findet und über ihnen ruht. Es macht ferner einen Unterschied, ob die tiefer gelegenen Stationen hart am Gebirgssaum oder in weiterem Umkreis des Gebirges stehen. Auf die ungleich-

[37]) H. Hergesell (Met. Zeitschr. XXII, 1905, 487). — [38]) W. van Bemmelen a. a. O. 307. — [39]) Geogr. Jahrb. XXIX, 1906, 254. — [40]) A. Berson, Bericht über die aerol. Expedition d. k. aeronaut. Observ. nach Ostafrika 1908, Braunschweig 1910, 19. — [41]) Woeikof, Klimate der Erde, I, 1887, 208 ff.; Hann, Lehrb. d. Meteorol. 1901, 125 ff. — [42]) K. Peucker, in Verhandl. d. XII. D. Geogr.-Tages zu Jena 1897, 225—52.

mässige Auswahl der in die Berechnung gezogenen Stationen ist daher ein grosser Teil der Differenzen zurückzuführen, die sich in den Angaben über die Temperaturabnahmen in einzelnen Gebirgen finden.

Im allgemeinen ist die Abnahme im Gebirge gleichmässiger als in der freien Luft und erfolgt rascher. Man kann $0^{0},_{6}$ für je 100^{m} als eine Mittelzahl annehmen, die sowohl in den Tropen wie in höheren Breiten gefunden wird. Danach wäre 170^{m} ($= 100^{m} : 0.^{0},_{6}$) die mittlere thermische Höhenstufe im Gebirge[43]). Auf Hochflächen — und ähnlich in besonders massigen Gebirgen — ist die Abnahme geringer und bleibt wohl unter $^{1}/_{2}{}^{0}$ (d. h. die Höhenstufe übersteigt wohl 200^{m}). Ferner sinkt die Mitteltemperatur mit der Höhe im Winter langsamer als im Sommer, weil die unteren Schichten in den Tälern dann ungewöhnlich kalt, die Unterschiede zwischen oben und unten also geringer zu sein pflegen. Mittelzahlen für Harz, Erzgebirge und Alpen liefern folgende Werte[44]):

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Temperaturabnahme für je 100^{m} .	$0^{0},_{45}$	$0^{0},_{67}$	$0^{0},_{70}$	$0^{0},_{53}$	$0^{0},_{59}$
Thermische Höhenstufe für je 1^{0} C.	222^{m}	149^{m}	143^{m}	188^{m}	170^{m}

§ 234. Verteilung der Lufttemperatur auf der Erdoberfläche. Die eben bezeichneten Erfahrungen bieten uns ein Mittel, um die örtlichen Temperaturen miteinander zu vergleichen; wir müssen uns zu diesem Zweck von dem verwickelten Faktor der Höhenlage möglichst unabhängig machen. Dies geschieht durch Reduktion der beobachteten Mitteltemperaturen auf den Meeresspiegel[45]). Man berechnet also mittelst der thermischen Höhenstufe, wie gross die Temperatur des Jahres oder der Jahreszeiten, der Monate u. s. f. für die fraglichen Orte sein würde, wenn sie im Meeresniveau lägen. — Verbindet man alsdann die Orte gleicher, auf den Meeresspiegel reduzierter Mitteltemperatur nach dem Vorgange Humboldts (1817) durch Linien — sog. Isothermen — so gewinnt man ein übersichtliches, aber selbstverständlich rein ideales Bild der Wärmeverteilung.

Das Verfahren setzt also einerseits die Kenntnis der Höhenlage jeder Station voraus. Genau genommen müsste man für die einzelnen Orte demnach die wahrscheinlichste Wärmeabnahme festzustellen suchen. Da dies nicht ohne Willkür möglich sein wird, so pflegt man bei der Entwerfung der Isothermenkarten einen gleichen mittleren Reduktionsfaktor — z. B. $0^{0},_{5}$ für je 100^{m} — anzuwenden. Dies hat den Vorteil, dass man aus einer Karte mit Isothermen die wahren Mitteltemperaturen der einzelnen Orte herauslesen kann, sobald man auch ihre Höhenlage kennt. Göttingens Jahresmittel beträgt $8^{0},_{5}$. Bei einer Seehöhe von 150^{m} muss man $(150 : 100) \times 0^{0},_{5} = 1,_{5} \times 0^{0},_{5} = 0^{0},_{75}$ hinzufügen und erhält $9^{0},_{25}$ als reduzierte mittlere Jahrestemperatur, sodass Göttingen zwischen den Jahresisothermen von 9^{0} und 10^{0} gelegen ist. Da andererseits die 10^{0}-Isotherme nahe bei München vorbeizieht, dessen Seehöhe 520^{m} beträgt, so wird $10^{0} - 0^{0},_{5} \times 5,_{2} = 10^{0} - 2^{0},_{6} = 7^{0},_{4}$ Münchens unreduziertes Jahresmittel darstellen. Jede andere

---

[43]) Andere nehmen $0^{0},_{56}$ C. Temperaturabnahme für je 100^{m} an. In diesem Fall ist die thermische Höhenstufe 180^{m} ($= 100 : 0,_{56}$); s. Hann, Handb. I, 128. — [44]) Hann, Allg. Erdk., 1896, 196. — [45]) Hann, Atlas d. Meteorol., Text zu Taf. I—V.

Wahl des Reduktionsfaktors bringt für hoch gelegene Stationen leicht Unterschiede in der reduzierten Temperatur um mehrere Grade zuwege.

Die Temperaturgegensätze. Vorerst wollen wir jedoch ganz allgemein die auf der Erde überhaupt auftretenden Gegensätze der Lufttemperatur quantitativ vergleichen, um einen Massstab für die folgenden Betrachtungen zu gewinnen. Hierbei können uns die Isothermenkarten zwar mit zum Wegweiser dienen, doch vergesse man nicht, dass diese die Temperaturen aller Orte mit Ausnahme der im Meeresniveau gelegenen selbstverständlich zu hoch angeben.

Als absolute Extreme der Lufttemperatur, wie sie an einzelnen Tagen der heissesten wie der kältesten Gegenden an der Erdoberfläche beobachtet sind, können bis jetzt die runden Zahlen + 50° und — 70° gelten. Man hat die erstere annähernd im nordwestlichen Vorderindien und Südalgerien[46]), die letztere im Zentrum des ostsibirischen Kältepoles, in Werchojansk, (1885) beobachtet[47]).

Auch die mittleren Extreme bewegen sich noch zwischen + 48° und — 60° C.[48]), wogegen im Seewasser keine grösseren Unterschiede als + 35° und — 3° gefunden sind (S. 524). Ein Blick auf die Isothermenkarten des wärmsten und kältesten Monats (Atlas, Taf. 7) überzeugt uns, dass einem Julimittel von + 36° in den heissesten Gegenden noch ein sibirischer Januar von — 50° gegenübersteht[49]).

Erst im Jahresmittel erhöht sich das Minimum beträchtlich. Auf den Höhen Grönlands schätzt man dasselbe zu — 25°[50]); ähnlich glaubt man — 25° für den hochgelegenen Südpol annehmen zu dürfen[51]). Auf der andern Seite scheint das Jahresmittel heisser Orte + 30° C. wenig zu übersteigen (Massaua am Roten Meer + 31°)[52]). Es ergibt sich demnach in betreff dieser örtlich so weit getrennten Gegensätze die folgende Steigerung:

	Maximum	Minimum	Differenz
Jahresmittel	+ 30°	— 25°	55°
Monatsmittel	+ 36°	— 50°	86°
Mittlere Extreme . .	+ 48°	— 60°	108°
Absolute Extreme . .	+ 50°	— 70°	120°

Die jahreszeitlichen Verschiebungen der Luftwärme an ein und demselben Orte können uns erst später beschäftigen (§ 235).

Temperaturzonen. Ueberblicken wir nun die neueren Isothermenkarten des Jahres oder für die beiden Gegenmonate Juli und

---

[46]) Hann, Handb. der Klimatologie II$_1$, Stuttgart 1910, 205: Jakobabad 28° 17′ N: 52°,$_2$ C.; II$_2$, 67: In Salah, algier. Sahara 27° 17′ N: 52° C. — [47]) Wild in Meteorol. Zeitschr. III, 1886, 178. Dort wird die Beobachtung am Weingeistthermometer (— 68°) auf — 76° des Quecksilberthermometers reduziert. Hann a. a. O. II$_2$, 289 nimmt — 67°,$_8$ C. an. — [48]) S. die Karten W. van Bebbers über die Verteilung der Wärmeextreme über der Erdoberfläche, Pet. Mitt. 1893, 1 : 100 000 000 im Aeq. — [49]) Jakobabad und In Salah im Juli 36°,$_5$, Werchojansk im Januar — 50°,$_5$ C. (Hann a. a. O.). — [50]) Nach Mohn (Erg.-Heft 105 zu Pet. Mitt. 1892, 43). — [51]) W. Meinardus (Met. Zeitschr. 1904, 348). — [52]) „Die Jahresmittel von Massaua können 31° übersteigen“: Hann, Klimatologie II$_2$, 1910, 183.

Januar[53]) (Atlas, Taf. 7), so fällt der Parallelismus der Mehrzahl aller Isothermen trotz einzelner Abweichungen auf. Die gewaltige Ausbiegung derselben über dem nördlichen Atlantischen Ozean und die kleineren Kurven längs der Westküste der drei südlichen Kontinente hat uns bei der Frage der Meeresströmungen bereits beschäftigt (§ 223). In den heissesten und kältesten Gegenden allein bilden die Isothermen der höchsten und niedrigsten Wärmeklassen in sich geschlossene auf das Festland beschränkte Kurven.

1. Man kann die Isothermen benutzen, um die Erdoberfläche in Temperaturzonen einzuteilen, welche den physischen Verhältnissen der Wasser- und Landverteilung mehr Rechnung tragen und die Gürtel des mathematischen oder solaren Klimas ersetzen. Schliesst man die warme Zone zwischen die Jahresisothermen von 20° C. und mehr ein, so fällt sie annähernd mit dem Verbreitungsgebiet der echt tropischen Pflanzenfamilie der Palmen zusammen (Atlas, Taf. 8). Im Mittel kann dann der 30° N als Nordgrenze, der 26° S als Südgrenze dieser wärmeren Zone gelten, wodurch das gewaltige Uebergewicht, welches dieselbe über die anderen Zonen hat, hervortritt. Denn sie nimmt fast die Hälfte der Erde ein (48% s. unten).

Für die gemässigten Zonen nahm man als Polargrenze früher die Jahresisothermen von 0° C. an[54]), welche auf der südlichen Halbkugel schon die Enden der Kontinente nicht mehr erreichen, im Norden jedoch sehr beträchtliche Teile Nordamerikas und Asiens der kalten Zonen zuweisen. Mitbestimmend war hierfür, dass auf diese Weise eine echt arktische Erscheinung, der sog. Eisboden, welchen auch die Sommerwärme niemals ganz aufzutauen vermag, fast ganz der kalten Zone zugewiesen wurden.

Eisboden. Die Südgrenze des ewig gefrorenen Bodens (Atlas, Taf. 33) läuft zwar annähernd mit der Jahresisotherme von — 2° parallel, hängt aber doch auch in beträchtlichem Masse mit der Schneebedeckung des Landes im Winter zusammen. Wo sie reichlich vorhanden ist, tritt der Eisboden erst bei — 5° Jahrestemperatur auf, am trockenen, schneearmen Nordrand der Mongolei reicht er in Gebiete mit mehr als + 0° bis + 2° Jahrestemperatur der Luft[55]).

Man setzt daher besser[56]) an Stelle jener Jahresisothermen von 0° die Isothermen des wärmsten Monats von + 10°, also die Juliisotherme im Norden, die Januarisotherme im Süden, als polare Grenzlinien für die gemässigten Zonen. Auf der Südhalbkugel wird im Grunde durch diese Wahl nichts Wesentliches

[53]) Die Hannschen Karten im Phys. Atlas (1887) enthalten Isothermen von 2° zu 2°, sind aber natürlich schon mannigfach veraltet; sie sind von Köppen berichtigt, von 4° zu 4°, in Hanns Lehrb. d. Meteorologie wiedergegeben; die neueren Karten (vergl. Atlas, 6. Aufl. u. folg., sowie die Klimakarten in Debes' Handatlas) unterscheiden sich besonders in der Darstellung Grönlands (nach Mohn) von den früheren. Hann nimmt diese Mohnsche Darstellung nicht an, s. Lehrb. d. Meteorol. 1901, Taf. S. 141; 1906, Taf. S. 110. Für die Polargegenden vergl. Hann's Referat über Mohn's Bearbeitung der Nansenschen Beobachtungen (Met. Zeitschr. 1906, 111). — [54]) Supan, Pet. Mitt. 1879, Taf. 18. — [55]) A. Woeikof, Der Einfluss der Schneedecke auf Boden, Klima und Wasser, Wien (Pencks Geogr. Abh. III, 3 1889, 3). — [56]) Supan, Phys. Erdk., 1896, 75.

geändert; nur wird die antarktische Zone damit noch ein wenig erweitert. Im Norden dagegen kommt die Vergrösserung der gemässigten Zone sehr in Betracht. Ihre Polargrenze rückt damit annähernd an die Wald- und Baumgrenze heran (Taf. 8), russische Kolonisten und Völker Sibiriens bis auf einen äussersten Saum der gemässigten Zone zuweisend. Island wird dagegen nun in die kalte Zone versetzt, und in Amerika würde jene Linie nur das Wohngebiet der Eskimos ausscheiden.

Schätzt man[57]) den Flächenraum dieser klimatischen Zonen nach der Lage der Grenzisothermen ab, um sie mit den durch Wende- und Polarkreise geschiedenen Gürteln des mathematischen Klimas zu vergleichen, so enthalten in Prozenten — man erinnere sich, dass 1 % der Erdoberfläche $5{,}_1$ Mill. qkm, und 1 % der Halbkugel $2{,}_6$ Mill. qkm ausmacht — auf die

	Mathematisches Klima		Physisches Klima	
	Erde	bezw. Halbkugel	Nordhalbk.	Südhalbk.
Warme Zone . . .	$39{,}_9$ %	$47{,}_9$ %	$50{,}_6$ %	$45{,}_2$ %
Gemässigte Zonen .	$51{,}_7$ %	$35{,}_5$ %	$42{,}_1$ %	$28{,}_9$ %
Kalte Zonen . . .	$8{,}_3$ %	$16{,}_6$ %	$7{,}_2$ %	$25{,}_9$ %
Summa	100 %	100 %	100 %	100 %

Es treten also hieraus sehr bedeutende Flächenverschiebungen hervor. Die Grösse der gemässigten Zonen schrumpft im Rahmen des sog. physischen Klimas auf fast $^1/_3$ der Erdoberfläche zusammen, aber nicht allein die heisse Zone erscheint beträchtlich vergrössert, sondern weit mehr noch die südliche kalte Zone, die einen dreifach grösseren Raum einnimmt, wenn wir sie durch die 10°-Isothermen des wärmsten Monats begrenzen. Und starke Gegensätze zeigen sich auch beim Vergleich bei den Halbkugeln. Die weit geringere Ausdehnung der gemässigten Zone und die wesentlich grössere der antarktischen Kalotte lassen bereits eine geringere mittlere Temperatur der gesamten Südhalbkugel im Gegensatz zur nördlichen vermuten (S. 590).

Man bemerkt ferner, dass die wärmsten Gegenden der Erde nicht unter dem Aequator, sondern nördlich desselben liegen müssen. Auf der anderen Seite scheint festzustehen, dass die mathematischen Pole nicht zugleich die kältesten Gegenden der Erde darstellen. Vielmehr beherbergt nach unseren jetzigen Kenntnissen die nördliche Halbkugel zwei, ja vielleicht drei getrennte Kältepole, einen in Ostsibirien, einen zweiten in Grönland[58]) und einen dritten vermutet man unweit des Nordpols[59]). Mag in ersterem die Mitteltemperatur des Winters etwas höher sein, als wir sie aus den jetzigen Messungen entnehmen, die meist in Talpunkten gewonnen sind, so steht doch fest, dass die mittlere Januartemperatur dort weit unter — 50° sinkt. Mittlerweile haben uns die neuern Südpolarexpeditionen darüber belehrt, dass die Antarktis in hohen Breiten auch grosse Kältegrade zu verzeichnen hat. Man wird also wohl auch auf den Höhen des ant-

[57]) Nach Supans Flächenberechnungen in Zehntausendern der Q.-Kilometer (Phys. Erdk., 1896, 75; 1911, 100). — [58]) Mohn (vergl. Anm. 50, S. 44). — [59]) Mohn in The Norwegian North Polar Expedition 1893—96, Scientific Results ed. by Fr. Nansen, Vol. VI, Meteorology, London 1905. Vergl. Meteorol. Zeitschr. 1906, 95 ff.

arktischen Festlands einen Kältepol ähnlich wie in Grönland annehmen müssen.

2. Eine andere Zoneneinteilung geht von der Dauer der Jahreszeiten aus[60]); sie berücksichtigt die Tagesmittel von 0°, 10°, 20° als Schwellenwerte. Charakteristische Zeitabschnitte sind 1, 4 und 12 Monate.

Im tropischen Gürtel haben alle Monate eine Mitteltemperatur von mehr als 20°. Er reicht etwa von 20° N bis 16° S und besitzt starke Einschnürungen im Bereich kalter Strömungen. — Der subtropische Gürtel umfasst die Gegenden von 1—8 Monaten gemässigter Temperatur (d. h. zwischen 10°—20°). In der heissen Jahreszeit treten hier übrigens noch stärkere Hitzegrade als am Aequator auf. Ein äusserer subtropischer Gürtel hebt sich in dieser Zone noch dadurch ab, dass hier der kälteste Monat noch unter 10° sinkt, sodass zuerst von einem eigentlichen Winter die Rede ist. China, Persien, der Südrand der aralokaspischen Steppe, Griechenland und Süditalien, sowie die Südstaaten im Bereich der Vereinigten Staaten von Nordamerika gehören hierher.

Im gemässigten Gürtel dauert die heisse Zeit nicht über 4 Monate, sodass während 4—12 Monaten eine gemässigte Wärme (10°—20°) herrscht. Leicht erkennt man gewisse Gegensätze. Ein konstant gemässigtes Klima, in dem die Mitteltemperaturen sich zwischen 10°—20° halten, findet man ausschliesslich im Bereich der Ozeane. Der gemässigt sommerheisse Gürtel hat viel Aehnlichkeit mit dem subtropischen winterkalten. Er umfasst die Gebiete beträchtlicher Sommerdürre, in denen künstliche Bewässerung zur Erhaltung der Vegetation nötig wird. Die Wärme ist hier meist mit Wasserarmut, seltener mit grösserer Feuchtigkeit verknüpft. Letzteres findet nur in den Monsundistrikten (§ 250), soweit sie in diesen Gürtel reichen, statt. Der gemässigt sommerkühle Gürtel ist der Hauptsitz menschlicher Kultur. 4—11 Monate lang verzeichnet man noch Mitteltemperaturen von 10°—20°, aber während 1—8 Monate sinkt dieselbe schon unter 10°.

Der kalte Gürtel besitzt bereits eine stark verkürzte Vegetationszeit für den Pflanzenwuchs, die Temperatur erhebt sich zu einem kurzen Sommer nur während 1—4 Monate über 10°. Ihm gehört der grösste Teil der Eisbodenregion an, und er reicht im Norden bis an die Baumgrenze. — Der polare Gürtel entbehrt des Baumwuchses deshalb, weil dieser verschwindet, wo das Tagesmittel nicht wenigstens für die Dauer eines Monats sich auf 10° und mehr erhebt. Es stimmt dieser Gürtel im N also annähernd mit der arktischen Zone der obigen Einteilung nach Jahresisothermen überein.

§ 235. Jährliche Wärmeschwankung; Land- und Seeklima. Eine dritte, besonders wichtige Einteilung der Erdoberfläche in Klimagebiete geht von der Grösse der Temperaturschwankung während des Jahres aus. Nicht ohne Bedeutung sind hierbei sicher die mittleren Extreme, die an einzelnen Orten auftreten. Viele Pflanzen können einen ziemlich harten Winter überdauern, werden aber durch regelmässiger eintretende besonders kalte Tage vernichtet. Ebenso ist es nicht gleichgültig, ob innerhalb der wärmeren Monate noch eine verhältnismässig gleichförmige Temperatur herrscht oder Extreme sprungweise eintreten. Aus diesem Grunde zieht man in neuerer Zeit auch diese Extreme mit

[60]) W. Köppen, Die Wärmezonen der Erde nach der Wirkung auf die organische Welt. (Meteorol. Zeitschr. I, 1884, mit Karte, 1 : 80 000 000 im Aeq.).

zur Kennzeichnung des Klimas eines Ortes heran, ja man hat auch diese schon kartographisch für die ganze Erde dargestellt[61]).

Massgebender für eine klimatische Einteilung der Erde sind indes die mittleren Monatstemperaturen und deren Gegensätze. In den Mitteltemperaturen der dreimonatlichen Jahreszeiten verwischen sich dieselben bereits stärker, weshalb es üblich geworden ist[62]), diejenigen des kältesten und wärmsten Monats einander gegenüberzustellen, indem man die Orte gleicher Wärmeschwankung durch sog. Isoamplituden verbindet (Atlas, Taf. 7).

Als aequatoriales Klima[63]) bezeichnen wir ein solches, in dem die Jahresschwankung 5° C. nicht übersteigt. Ihm gehört noch ein rings um den Erdball verlaufender Gürtel an, der annähernd zwischen den Wendekreisen gelegen sich im aequatorialen Afrika und Amerika beträchtlich verschmälert. Es gibt hier Gegenden, in denen bei einer Mitteltemperatur von 25° — 26° die Jahresschwankung wenig von 1° verschieden ist[64]).

	Breite	Höhe	Jahr	kältester Mon.	wärmster Mon.	Unterschied
Quito .	0° 14′ S	2850 m	12°,6	12°,4 (Nov.)	12°,8 (Febr.)	0°,4
Batavia .	6° 11′ S	7 m	26°,0	25°,4 (Febr.)	26°,5 (Mai)	1°,1
Manila .	10° 35′ N	14 m	26°,8	25°,0 (Jan.)	28°,6 (Mai)	3°,6

Rasch steigt dann polwärts die Jahresschwankung in den übrigen tropischen Gebieten der Erde von 5° auf 10° und gelegentlich bis zu 15°. Aber dies ist im Verhältnis zu der Steigerung in den eigentlichen Kontinentalgebieten immer noch eine geringe Amplitude. Wo wir uns nämlich von der Küste aus ins Innere der Landflächen begeben, begegnen wir einem Anwachsen derselben. Das Meer übt, zumal wenn der Gebirgsbau der Küstenstriche den Seewinden leichteren Eingang ins Land gestattet, bis weit ins Innere der Kontinente einen die jahreszeitlichen Gegensätze abstumpfenden Einfluss aus.

Man spricht daher von einem Seeklima und einem Landklima und charakterisiert beide in erster Linie durch die Grösse der Jahresamplitude der Wärme. Die letztere überschreitet beim Seeklima nicht den in den Tropen gefundenen Betrag von etwa 5°—15°; ihm gehören nun nicht nur die Ozeane bis in ziemlich hohe Breiten an — und mit ihnen die eingeschlossenen Inseln —, sondern auch die vorwiegend von Westwinden bestrichenen Küstenländer mittlerer Breiten.

Man vergleiche in dieser Hinsicht den Verlauf der Isoamplitude von 15°, die Island berührt und in Europa an der norwegischen Küste entlang streichend den atlantischen Saum Frankreichs und Portugals dem Seeklima zuweist, während vom nordamerikanischen Gegengestade nur Florida abgeschnitten wird. Ebenso gehört nach diesen Grundsätzen die Westküste Nordamerikas bis in polare Breiten dem Seeklima an, wogegen alle asiatischen Inseln nördlich von Formosa beträchtlich grössere Jahresschwankungen der Temperatur erfahren.

---

[61]) W. v. Bebber, Die Verteilung der Wärmeextreme über d. Erdoberfläche. (Pet. Mitt. 1893, 273, mit drei Karten 1 : 100 000 000 im Aeq.). — [62]) Man spricht daher jetzt selten von Isotheren und Isochimenen oder Linien gleicher Sommer- und Wintertemperatur. — [63]) Supan, Zeitschr. f. wiss. Geogr. I, 1880, 196. — [64]) Die Daten nach Hann, Handbuch d. Klimatologie II 1, 3. Aufl. 1910.

Bezeichnet man als Uebergangsklima dasjenige mit einer Wärmeschwankung von 15^0—20^0, so gehören diesem im allgemeinen nur schmale Gürtel längs der Aussenseite der bisher betrachteten Gebiete an, von Mitteleuropa die westliche Hälfte. Ein eigentliches Landklima (Amplitude: 20^0—40^0 C.) bildet sich über weite Strecken ausgedehnt nur im Innern der nördlichen Erdteile und in Australien aus, während ihm in den schmal südwärts auslaufenden Kontinenten von Südamerika und Afrika nur kleinere trockene Zentralgebiete angehören. Rasch steigt im Landklima Nordamerikas in der Richtung nach NW, in dem Eurasiens nach O und NO die jährliche Wärmeschwankung auf 25^0, 30^0, ja 40^0, um im Flussgebiet des Mackenzie und mehr noch in Ostsibirien einen exzessiven Grad anzunehmen (Exzessives Landklima). Sie erreicht im Gebiet des sibirischen Kältepols an der Lena 60^0, ja schliesslich selbst mehr als 65^0. Diese Extreme werden wesentlich durch die ausnehmend geringe Wintertemperatur hervorgebracht. Die Karte der jährlichen Wärmeschwankung ähnelt in ihrem Linienverlauf stark derjenigen der Januar-Isothermen (Atlas, Taf. 7). Das folgende Beispiel ist aus höherer Breite gewählt[65]).

Orte	Breite	Länge	Jahr	Januar	Juli	Untersch.
Kristiania (25 m)[66]) .	$59^0{,}_9$ N	$10^0{,}_7$ O	$5^0{,}_5$	— $4^0{,}_5$	$17^0{,}_0$	$21^0{,}_5$
St. Petersburg (10 m)	$59^0{,}_9$	$30^0{,}_3$	$3^0{,}_7$	— $9^0{,}_3$	$17^0{,}_7$	$27^0{,}_0$
Moskau (145 m) . .	$55^0{,}_8$	$37^0{,}_7$	$3^0{,}_9$	— $11^0{,}_0$	$18^0{,}_9$	$29^0{,}_9$
Tobolsk (105 m) . .	$58^0{,}_2$	$68^0{,}_2$	— $0^0{,}_2$	— $19^0{,}_0$	$19^0{,}_1$	$38^0{,}_1$
Jenisseisk (85 m) . .	$58^0{,}_4$	$92^0{,}_1$	— $2^0{,}_2$	— $23^0{,}_4$	$19^0{,}_4$	$42^0{,}_8$
Jakutsk (100 m) . .	$62^0{,}_0$	$129^0{,}_7$	— $11^0{,}_0$	— $43^0{,}_3$	$19^0{,}_0$	$62^0{,}_3$
Werchojansk (100 m)	$67^0{,}_6$	$133^0{,}_4$	— $16^0{,}_3$	— $50^0{,}_5$	$15^0{,}_4$	$65^0{,}_9$

§ 236. Durchschnitts- und Normaltemperaturen. Aus den Karten der Jahresisothermen lässt sich die mittlere Temperatur einer grösseren Anzahl von gleichabständigen Punkten auf den einzelnen Breitenparallelen oder den Meridianen mit leidlicher Sicherheit berechnen, z. B. für die 36 Schnittpunkte jedes 10., 20., 30. . . . Meridians mit diesen Parallelen. Nimmt man aus diesen Werten das Mittel, so erhält man — im Gegensatz zu den früher aus Bestrahlung und Absorption etc. abgeleiteten theoretischen Ziffern — die jenen Linien tatsächlich zukommende durchschnittliche mittlere Wärme[67]). Es hat nun seit Bekanntwerden etwas grösserer Beobachtungsreihen nicht an Versuchen gefehlt, mathematische Formeln aufzustellen, welche die gesetzmässige Abhängigkeit der Temperatur von den massgebenden Faktoren wie vor allem von der geographischen Breite, dem jeweiligen Verhältnis von Land und Wasser in der betreffenden Breite u. a. m.

---

[65]) Die Daten nach Hann, Handb. d. Klimatologie, 3. Aufl., II_2, 1911. — [66]) Die Angabe — $4^0{,}_5$ bezieht sich bei Kristiania auf den Februar. — [67]) Mit Recht betont Precht (Neue Normaltemperaturen, Meteorol. Zeitschr. XI, 1894, 81), dass jenen Werten, die durch Mittelberechnung der Temperatur gleichabständiger Punkte gewonnen und zuerst von Heinr. Dove (1852, Die Verteilung der Wärme an der Erdoberfläche) als „Normaltemperaturen der Breitenkreise" eingeführt sind, besser der Name von Durchschnittstemperaturen zukomme. Man bezeichnet sie daher jetzt auch als „Mittlere Temperaturen der Breitenkreise".

zu berechnen gestatteten [68]). Den Prüfstein ihrer Brauchbarkeit gibt der Vergleich mit den Beobachtungen aus einzelnen Orten oder auch mit den oben geschilderten Durchschnittstemperaturen ab. Im Gegensatz zu letzteren kann man diese nach einer Formel berechneten Werte als Normaltemperaturen bezeichnen. Für unsere Zwecke möge der Hinweis genügen, dass dieser übrigens mühevolle Weg vor allem dazu dient, Mitteltemperaturen einzelner Erdgürtel und ganzer Halbkugeln zu berechnen.

Bleiben wir jedoch zunächst bei den Durchschnittstemperaturen [69]) der einzelnen Parallelkreise für das Jahr stehen unter Vergleich mit der Land- und Wasserverteilung (S. 277)

Breite	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Nord-H.	26°,3	26°,8	25°,3	20°,3	14°,0	5°,8	−1°,1	−10°,7	−18°,1	−22°,7
Süd-H.	26°,3	25°,4	23°,0	18°,4	12°,0	5°,6	−2°,0	−12°,8	−20°,6	−25°(?)
N−S=	—	+1°,4	+2°,3	+1°,9	+2°,0	+0,2	+0,9	+2°,1	+2°,5	+2°,3

so ergibt sich, dass nicht der Aequator, sondern der 10° N die wärmste Breitenparallele ist. Längere Zeit glaubte man, dass die um 1° bis 2° grössere Wärme der Nordhalbkugel nur etwa bis zum 50° Br. reiche, dass von da an die südliche Halbkugel wärmer sei, was man auf die temperaturerhöhende Wirkung der ausgedehnten Meeresfläche im S die sich im Winter nicht so stark abkühle als die grossen Kontinentalmassen im N zurückführte. Die Ansicht ist aber durch die neuern antarktischen Forschungen, wie es scheint, widerlegt. Es tritt nur südlich des 40° S eine Ermässigung des Unterschiedes beider

---

[68]) Ueber die älteren Versuche s. E. E. Schmid, Lehrb. d. Meteorol., 1860, 201 ff. Anschaulich findet der Anfänger das Verfahren bei Ed. Schmidt, Lehrb. d. math. u. physik. Geogr., Göttingen 1830, II, 356 ff., dargestellt und an einfachen Beispielen (auch hinsichtlich der Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate) erläutert. Die Forbessche Formel (Trans. Edinb. R. Soc. XXII, 1861), die zuerst das Verhältnis von Wasser und Land mit hineinzieht (s. Hann, Klimatologie 1883, 134) ist von Spitaler zweckmässig abgeändert, dessen Abhandlung (Die Wärmeverteilung auf der Erdoberfläche. Denkschr. der k. Akad. Wien, Math.-naturw. Kl. LI, 1886) klare Entwickelungen gibt. Spitaler legte die Entwürfe der Hannschen Isothermenkarten, die 1891 erschienen, zu grunde. Die neueren Buchanschen Karten im Challenger Report haben Batchelder (American Meteorol. Journal 1894, s. Auszug in Met. Zeitschr. XI, 1894, [60]), C. L. Madsen (Thermo-geographical Studies, Copenhagen 1897) und F. Hopfner (Die thermischen Anomalien a. d. Erdoberfl., Pet. Mitt. 1906) zu gleichen Berechnungen benutzt. Normaltemperaturen im engeren Sinne des Wortes, aus der Sonnenbestrahlung abgeleitet, berechnete ausser Angot (Anm. 21) und A. Precht (s. vor. Anm., allerdings unter der imaginären Voraussetzung, dass Land und Wasser in allen Zonen gleich verteilt sei) auch Zenker (Der thermische Aufbau der Klimate aus den Wärmewirkungen der Sonnenstrahlung und des Erdinnern, Halle 1895; vgl. Ref. in Meteorol. Zeitschr. XIII, 1896, [25]). — [69]) Die obigen Zahlen entsprechen zwischen 60° N u. 50° S dem Mittel aus Spitalers und Batchelders Berechnungen (von letztern unterscheiden sich die Hopfnerschen nur unbedeutend). Unerklärlich sind bei sonst leidlicher Uebereinstimmung die ganz abweichenden Resultate beider für Januar 40° N (3,9 Spitaler, 6,1 Batchelder) und Juli 30° S (15,3 Spit., 13,9 Bat.). Die Zahlen für 60—90° N nach Mohns Berechnung (s. Anm. 50 u. Met. Zeitschr. 1906, 47), die Zahlen für die 60 u. 70° S nach Hann, (Lehrb. d. Meteorol. 1906, 114), für 80° u. 90° S nach W. Meinardus (Pet. Mitt. 1909, 308).

Halbkugeln ein, vom 70° an dürfte die Antarktis aber erheblich kälter als die Arktis sein.

Etwas anders verhält es sich, wenn man jeweils die wärmsten und kältesten Monate gegenüberstellt (Durchschnittstemperaturen)[70]:

Breite . . .	0°	10°	20°	30°	40°	50°,	60°	70°	80°	90°
Nord-H. (Juli)	[25°,6]	26°,9	28°,3	27°,3	24°,0	18°,1	14°,1	7°,3	2°,0	−1°,0
Süd-H. (Jan.)	[26°,4]	26°,3	25°,4	21°,8	15°,5	8°,3	3°,2	−0°,8	−4°,3	−6°,0
N − S =	−0°,8	+0°,6	+2°,9	+5°,5	+8°,5	+9°,8	+11°,9	+8°,1	+6°,3	+5°,0

Im wärmsten Monat ist also die nördliche Halbkugel in allen Breiten wärmer als die südliche, und in mittlern und höhern Breiten, wo sich im N die Landflächen breit ausdehnen, während sie sich im S zuspitzen, sehr erheblich sogar. Aber wie aus der folgenden Zusammenstellung[70] hervorgeht,

Breite . . .	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Nord (Jan.)	[26°,4]	25°,8	21°,9	14°,6	4°,9	−7°,0	−16°,1	−26°,3	−32°,2	−41°,0
Süd (Juli) .	[25°,6]	23°,9	20°,9	14°,6	9°,0	2°,9	−7°,6	−22°,2	−28°,7	−33°,3
N − S =	+0°,8	+1°,9	+1°,0	—	−4°,1	−9°,9	−8°,5	−4°,1	−3°,5	−7°,7

reicht in der kalten Jahreszeit die höhere Lufttemperatur der nördlichen Halbkugel nur bis an den 30° Br. heran. Von hier an ist die südliche Halbkugel im Winter erheblich wärmer als die nördliche.

Fasst man die Zahlen in einem Gesamtbild zusammen, so haben die neuesten Beobachtungsergebnisse in den antarktischen Regionen die Vermutung derjenigen bestätigt, welche für eine niedrigere Mitteltemperatur der Südhalbkugel eintraten. Man findet[71] 15°,1 C. für die Nord- und 13°,5 für die Südhalbkugel, die hiernach um $1^1/_2{}^0$ kälter als die erstere wäre. Und an diesem Verhältnis ist nicht allein die Wirkung der grössern Landbedeckung in N schuld, sondern, wie früher gezeigt (S. 527), sind hier auch die Meere durchschnittlich wärmer. Dieselben Gesetze, wie sie sich aus obigen Uebersichten für die einzelnen Breitenkreise hinsichtlich der Jahreszeiten ergeben, sprechen sich auch in den Mittelzahlen für die Halbkugeln aus. Die Nordhalbkugel[71] ist im Juli (22°,5) um etwa 5° wärmer als die südliche im Januar (17°,4), aber für Januar hat man bei ersterer nur + 7°,8, bei der Südhemisphäre dagegen für Juli + 10°,4 gefunden. Auch die ganze Erde hat ihren Sommer und ihren Winter, welche mit den entsprechenden Jahreszeiten der Nordhalbkugel deshalb zusammenfallen, weil sich zu dem warmen Sommer der nördlichen Kontinentalmassen

---

[70]) Siehe Anmerkung 69, S. 589. — [71]) Vergl. Hann, Lehrb. d. Meteorol. 1906, 115 u. 625. Die obigen Zahlen sind nach den voranstehenden Angaben für die einzelnen Breitenkreise berechnet, indem das Mittel aus den Mitteltemperaturen je zweier Breitenkreise mit der Differenz der Sinus der zugehörigen Breiten multipliziert und das Produkt als mittlere Temperatur der entsprechenden Breitenzone angesehen ward; z. B. halbes Jahresmittel für 10° und 20° N. (s. o.) = (26°,8 + 25°,4) : 2 = 26,1 und sin 20° − sin 10° = 0,1684, also 26,1 × 0,1684 = 4,395; sin φ − sin φ' gibt stets die Fläche der Zone zwischen den Breiten φ und φ' für den Radius der Erde = 1.

der verhältnismässig milde Winter der Südhalbkugel gesellt. Die Erde hat im Juli etwa + $16^0{,}_4$, im Januar + $12^0{,}_6$ C. Mitteltemperatur, während sich ihre mittlere Jahrestemperatur auf $14^0{,}_4$ stellt [72]).

§ 237. Thermische Anomalie. Vergleicht man die mittleren Temperaturen eines Ortes mit der ihm nach seiner Breitenlage zukommenden Durchschnittstemperatur, so lässt sich in knappen Ziffern aussprechen, ob er gegen diese zu warm oder zu kalt ist. Die grössten Abweichungen (Anomalien) erreichen im Januar nicht weniger als ± 25° C. Ueber dem Europäischen Nordmeer (westlich der Lofoten) zeigt die Luft im Januar 0°, während dem 70° Br. eine Januartemperatur von — $26^0{,}_3$ (s. o.) zukommt. Und in Jakutsk sinkt sie auf — $40^0{,}_9$, während man für 62° Br. etwa — $17^0{,}_9$ rechnen kann. Verbindet man die Orte gleichgradiger Abweichung durch Linien — Isanomalen [73]) —, so lassen solche Karten auf einen Blick erkennen, dass ausgedehnte, zusammenhängende Gebiete der Erde durch verhältnismässig grosse Wärme bevorzugt, andere wesentlich zu kalt sind. Den ersteren schreibt man eine positive, den anderen eine negative Anomalie zu.

Zu den Gebieten mit kalten Wintern und heissen Sommern (negative Anomalie im Winter, positive im Sommer) gehören die Landflächen mit starker Temperaturschwankung, nämlich das Innere von Asien, Nordamerika und Nordafrika. — Kleiner sind die Gebiete mit kalten Wintern und kühlen Sommern (Anomalie im Winter und Sommer negativ): Westküsten Afrikas und Südamerikas, die Nordostspitze Asiens, sowie Nordostamerika nebst dem arktischen Archipel. — Zu den bevorzugten Gebieten mit positiver Anomalie, nämlich mit milden Wintern und warmen Sommern rechnen wir in erster Linie Europa, weiter Vorder- und Hinterindien, Zentralamerika und den Nordosten der Vereinigten Staaten. — So bleiben als Gebiete mit zwar milden Wintern aber kühlen Sommern einige Gegenden im Seeklima wie England und die pazifische Küste Nordamerikas übrig.

§ 238. Das Höhenklima. Es ist bereits von der Abnahme der Temperatur mit der Erhebung über den Meeresspiegel gesprochen (§ 233). Was die jährliche Schwankung betrifft, so zeigt sich kein geringer Unterschied zwischen dem Bergklima im engeren Sinne und demjenigen von breiteren Hochflächen. Dort treten die Bergwände und freieren Bergspitzen den tiefer gelegenen Hohlformen der Täler gegenüber, welche letzteren die oben abgekühlten und damit schwer

---

[72]) Im J. 1902 hat W. v. Bezold vorgeschlagen, derartige Mittelwerte anstatt für die gleichabständigen (wie oben), also ganz verschieden grosse Zonen einschliessenden Breitenkreise lieber für solche Breitenkreise zu berechnen, welche Zonen von gleichem Flächeninhalt begrenzen. J. Hann hat hieraus dann die Mitteltemperaturen (und andere klimatische Werte) für die so begrenzten (20) gleich grossen Kugelzonen berechnet. S. Näheres in Met. Zeitschr. 1902, 260–269. — [73]) Die Isanomalen hat Dove eingeführt (1851). Neue Karten entwarf Spitaler (Pet. Mitt. 1887 Taf. 20 für das Jahr, 1889 für Januar und Juli in 1 : 100 000 000); in Hanns Lehrb. d. Meteorologie sind aus dem Mittel der Spitaler-Batchelderschen Werte neue, von Köppen konstruierte Kärtchen (Massst. im Aeq. 1 : 220 000 000) enthalten. F. Hopfner hat seit Dove zum ersten Male wieder Isanomalenkarten für die einzelnen Monate berechnet und auf Karten (1 : 200 000 000 im Aeq.) verzeichnet, Pet. Mitt. 1906.

gewordenen Luftmassen aufnehmen, ohne dass diese alsbald einen Ausweg finden (S. 579). Daher die Kühle der Talböden bei Nacht und ihre beträchtliche Winterkälte, besonders wenn sie gegen die herrschenden Windrichtungen abgeschlossen sind.

Das Bergklima charakterisiert sich durch geringe Jahresschwankung, hervorgerufen durch kühle Sommer und milde Winter. Für einzelstehende Gipfel sind die aufsteigenden Luftströme die wesentlichste Wärmequelle; in grösseren Gebirgen wirkt die gesamte Massenausstrahlung temperaturerhöhend mit. Das tritt auch innerhalb der Hochgebirge durch das Heraufrücken der Wald- und Schneegrenze in den Regionen der Massenerhebungen zutage, wo die klimatische Begünstigung in der nicht unwesentlich höheren Mittagstemperatur während des grössten Teils des Jahres begründet zu sein scheint[74]). Im Winter lässt die grössere Reinheit und Trockenheit der Höhenluft im Gebirge (im Gegensatz zur winterlichen Luft des Flachlandes) eine weit intensivere Bestrahlung der Bergstationen zu. Darauf beruht der Vorzug der Winterkurorte mancher Hochgebirge. Die Luft nimmt dort am Tage bei direkter Sonnenbestrahlung oft mitten im Winter sommerliche Wärme an. Die langandauernde Schneedecke, einerseits die Ausstrahlung des Bodens mildernd, wird selbst zur Wärmequelle, indem sie einen höheren Temperaturgrad zu besitzen pflegt als die umgebende Luft.

In mittleren Breiten wird also auf Bergen die jährliche Wärmeschwankung im allgemeinen mit der Höhe geringer. Die folgenden Punkte liegen fast unter gleicher Breite (meist aus 1864—1900[75]).

	Höhe	Jan.	Juli	Diff.
Theodulpass (13 Mon.)	3300m	— 13°,0 (Febr.)	+ 1°,0 (Aug.)	14°,0
Gr. St. Bernhard	2480	— 8°,5	6°,7	15°,2
Simplon (11 J.)	2016	— 6°,7	10°,0	16°,7
Brieg (zum Vergleich)	678	— 2°,5	19°,0	21°,5

Wie viel mehr aber die Luftwärme freier Bergspitzen dem Seeklima mit seinen geringeren Gegensätzen gleicht als die abgeschlossener Täler, zeigt die folgende Gegenüberstellung (aus 1881—1900):

	Höhe	Jan.	Juli	Diff.
Rigi-Kulm	1785m	— 4°,5	9°,9	14°,4
Sils-Maria (im Engadin) . . .	1810m	— 8°,1	11°,2	19°,3

Die oben geschilderte Eigenschaft der Gebirgstäler bedingt nicht selten eine völlige Temperaturumkehr nach oben, sodass die an den Berglehnen gelegenen Orte ein milderes Klima besitzen als die auf der Talsohle. Dieser Umstand erklärt uns die sonst auffallende Tatsache, warum auf zahlreichen breiten und feuchteren Talböden die Ansiedelungen spärlicher auftreten als an den schwerer zugänglichen Talwänden.

---

[74]) A. de Quervain, Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in den Schweizer Alpen u. ihre Beziehung zu Höhengrenzen. Beitr. z. Geophysik VI, 1904, 481—533 mit Kärtchen. — [75]) J. Mauer, R. Billwiller u. Cl. Hess, Das Klima der Schweiz, 2 Bde., Frauenfeld, 1909.

Auf Plateauflächen treten andere Verhältnisse hervor; hier findet die aus der Tiefe aufsteigende Luft keinen Zugang, um allgemein temperaturerhöhend zu wirken. Die Dünne und Trockenheit der über den Hochflächen ausgebreiteten Atmosphäre bedingt starke und rasche Bestrahlung des Bodens, aber ebenso schnelle Wiederausstrahlung. Wolken und Schneedecken mildern in weit geringerem Masse. Der hohe Betrag der täglichen Temperatursprünge auf allen Plateauflächen beleuchtet diese Verhältnisse. Die jährliche Temperaturschwankung nimmt daher hier weit langsamer mit der Höhe ab als im Bergklima, ja sie ist zuweilen grösser als im benachbarten Tieflande oder auf noch höheren Berggipfeln.

	Breite	Höhe	Jahr	Kältester M.	Wärmster M.	Diff.
Veracruz (5 J.)[76]	19°,2	15 m	25,2	21°,6 (Dez.)	27°,6 (Juli)	6°,0
Mexiko (19 J.)[76]	19°,4	2280 m	15,5	11°,9 (Dez.)	18°,3 (Mai)	6°,4

Es empfiehlt sich, aus Tafeln möglichst langjähriger Temperaturmittel für alle oben betrachteten Verhältnisse weitere Einzelbeispiele unter Berücksichtigung der Ortslage zu suchen.

II. Luftdruck und Winde.

§ 239. Einleitung. Die örtlich und zeitlich sehr verschiedene Erwärmung des leicht beweglichen Elements der atmosphärischen Luft ist die Grundursache aller Luftströmungen. Auch hier können wir wie bei den Bewegungen des Meerwassers jene fast unmerklich vor sich gehenden, langsamen Verschiebungen von Luftmassen, die wesentlich nur in vertikaler Richtung sich geltend machen, von den raschen horizontalen Fortbewegungen oder „Winden" unterscheiden, deren Druck wir unmittelbar empfinden oder deren Vorhandensein wir an anderweitigen, durch sie in Bewegung gesetzten Gegenständen durch Auge und Ohr erkennen.

Seit den ältesten Zeiten hat sich die Schiffahrt die Kraft des Windes zu Nutze gemacht und den Wechsel der Richtungen beobachtet. Es scheint bei allen Völkern üblich gewesen zu sein, den Wind nach der Richtung, aus welcher er bläst, zu benennen. Bei den Mittelmeervölkern haben die Windrichtungen zur schärfern Einteilung des Horizonts geführt (§ 27). Ueber gewisse, regelmässig wechselnde Winde wie Land- und Seewinde oder die im Jahre einmal wechselnden Monsune im indischen Ozean war man sich schon im Mittelalter klar. Andere wichtige Windgebiete mit ständig oder vorwiegend aus gleichen Richtungen wehenden Luftströmungen wie besonders den Passaten sind seit dem Zeitalter der Entdeckungen erreicht und in ihrem Herrschaftsbereich allmählich festgelegt. Auch einige ihrer Ursachen sind erkannt; aus mühsamen Aufzeichnungen der Windfolge sind einzelne Drehungsgesetze gefunden, die für beschränkte Regionen Geltung haben. Aber in ein richtiges System hat man sie doch erst zu bringen vermocht, seit man sich lossagte von der ausschliesslichen Betrachtung der untern, über den festen Erdboden hinstreichenden Luftströmungen

[76]) Hann, Handb. d. Klimatologie II 2, 1911, 321.

und der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre nachspürte. Eines der wichtigsten Mittel dazu war die kartographische Niederlegung der Luftdruckverteilung auf der Erdoberfläche. Das Barometer, der Luftdruckmesser, das früher wesentlich nur als Höhenmesser Bedeutung für die Geographie hatte, ward zum wichtigsten Instrument für die Untersuchung der Vorgänge in der gesamten Atmosphäre. Man fand die sog. barischen Windgesetze (§ 242). Erst in neuerer Zeit mehren sich die Versuche, in Höhenstationen, durch Ballonfahrten und Wolkenbeobachtungen die Vorgänge in den höhern und höchsten Luftschichten zu erkennen; zugleich sind die theoretischen Erörterungen über den Gesamtkreislauf der Luft als oberste Ursache der gesetzmässig auftretenden Luftbewegungen von neuem in Fluss gekommen. Sie haben vielfach zu wesentlich andern Anschauungen geführt, als man sie noch vor wenigen Jahrzehnten hatte. Nicht unzweckmässig führt die Frage der barometrischen Höhenmessung in diese Betrachtungen ein.

§ 240. Die barometrische Höhenmessung[77]. Wir gingen bei Bestimmung der Höhe der homogenen oder der reduzierten Atmosphäre (S. 562) von der Erfahrung aus, dass eine Quecksilbersäule von 760 ^{mm} Höhe am Meeresspiegel dem Druck der gesamten Atmosphäre die Wage hält und unter normalen Verhältnissen, welche vollkommen trockene Luft und eine Temperatur von 0 ^{0} C. voraussetzen, 1 ^{mm} Quecksilber eine Luftsäule von 10 ^{m},$_{5}$ trägt. Wäre die Luft nun überall gleich dicht oder schwer, so müsste der Luftdruck proportional mit der Höhe abnehmen. Die barometrische Höhenstufe wäre dann konstant, wie wir sie bei der thermischen (S. 581) annahmen. Indessen zeigen uns Ueberlegung und Erfahrung, dass dies keineswegs der Fall ist. Die Luft ist in grössern Höhen weit dünner, als in den untern, stark durch Druck von oben belasteten Luftschichten. Ein Kubikmeter gleich temperierter Luft wiegt in grössern Höhen weniger als in tiefern und warme Luft wiegt in derselben Höhe gemessen weniger als ein gleicher Raumteil kalter Luft. Nach allem diesen muss also der Luftdruck langsamer nach oben abnehmen, als die Höhen zunehmen.

Das Gesetz dieser Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe zu finden, ist nun das Bemühen zahlreicher Forscher gewesen, seit 1648 Pascal zuerst im Barometer ein Instrument zur Höhenmessung erkannte und den Puy de Dôme in Südfrankreich ersteigen liess, um eine beträchtliche Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe festzustellen. Nachdem der Franzose Mariotte 1679 sein bekanntes Gesetz aufgestellt, dass die Dichte der Gase bei gleichbleibender Temperatur sich proportional dem Druck, dem sie ausgesetzt sind, ändert, hat

---

[77]) R. Rühlmann, Die barometrische Höhenmessung, Leipzig 1870, mit wertvoller Geschichte derselben; Schreiber, Handb. der barometr. Höhenmessungen, Weimar 1877; Jordan, Handb. d. Vermessungskunde II, 4. Aufl., 1893, Kap. XII, sowie in betreff der praktischen Durchführung barometrischer Höhenmessungen Jordans Beitrag zu Neumayers Anleitung, 2. Aufl., 1888, I, 78—113; Hann, Lehrb. d. Meteorol. 1901, 774—792.

der Engländer Halley schon 1686 das Hauptgesetz gefunden, dass wenn die Höhen in arithmetrischer Progression zunehmen, die Luftdruckabnahme in geometrischer Progression erfolgt.

Es mag dies durch folgendes Beobachtungsergebnis aus gleichen Höhenstufen erläutert werden, wobei wir annehmen wollen, dass an den abgelesenen Barometerständen bereits die unten zu besprechenden Korrektionen angebracht sind.

Höhe	Barometerstand in Millimetern
$h_1 = 0^{\text{m}}$	$B_1 = 760$
$h_2 = 100^{\text{m}}$	$B_2 = 750{,}_5 = 760 \left(\frac{750{,}_5}{760}\right)^1$
$h_3 = 200^{\text{m}}$	$B_3 = 741{,}_1 = 760 \left(\frac{750{,}_5}{760}\right)^2$
$h_4 = 300^{\text{m}}$	$B_4 = 731{,}_9 = 760 \left(\frac{750{,}_5}{760}\right)^3$

In mathematischer Formel lautet obiges Gesetz, wenn h_1 und h_2 allgemein die Seehöhen, B_1 und B_2 die Barometerstände in der untern und obern Station, k eine noch zu bestimmende Konstante bedeuten, (e ist die Basis des natürlichen Logarithmensystems; das Minuszeichen deutet die Abnahme des Luftdruckes bei zunehmender Höhe an):

$$\frac{B_1}{B_2} = e^{-\frac{(h_1 - h_2)}{k}} \quad \text{oder} \quad h_2 - h_1 = k.\ (\log \text{nat}\ B_1 - \log \text{nat}\ B_2) \qquad (1)$$

Nicht also die Differenz der Luftdrücke (Barometerstände), sondern die Differenz ihrer Logarithmen ist proportional dem Höhenunterschiede. Man hat nun gefunden, dass k gleich dem Verhältnis des Luftdrucks am Meeresspiegel (p_o) zur Dichte der Luft daselbst ($\varrho_o = 0{,}_{0012931}$) unter normalen Verhältnissen bezogen auf Quecksilber (Dichte $= 13{,}_{596}$) ist, also

$$k = \frac{p_o}{\varrho_o} = 0^{\text{m}}{,}_{760} \cdot \frac{13{,}_{596}}{0{,}_{0012931}} = 0^{\text{m}}{,}_{760} \cdot 10515 = 7991^{\text{m}},$$

oder gleich dem, was wir früher die Höhe der reduzierten Atmosphäre nannten (S. 562). Demnach geht (1) über in

$$h_2 - h_1 = 7991^{\text{m}}\ (\log \text{nat}\ B_1 - \log \text{nat}\ B_2).$$

Da wir mit Briggschen Logarithmen zu rechnen pflegen, so haben wir rechts durch den Modul des natürlichen Systems M ($= 0{,}_{43429}$) zu teilen oder mit $2{,}_{30259}$ zu multiplizieren, wonach

$$h_2 - h_1 = 7991 \cdot \frac{1}{M} \cdot \log \frac{B_1}{B_2} = 7991 \cdot 2{,}_{30250} \cdot \log \frac{B_1}{B_2}$$

ist. Wenn man beide Faktoren vereinigt, wird die Grundformel barometrischer Höhenmessung:

$$h_2 - h_1 = 18400 \cdot \log \frac{B_1}{B_2}, \qquad (2)$$

worin 18400 den Namen der barometrischen Konstante hat[78]).

Die Korrektionen. Diese Grundformel gilt freilich nur unter den vier verschiedenen Voraussetzungen, dass erstens die mittlere Temperatur der Luftsäule zwischen beiden Stationen $= 0^\circ$ und dass zweitens letztere vollkommen trocken sei. Ferner ist sie streng genommen nur für 45° Br. gültig und vernachlässigt

[78]) Es ist hier nicht der Ort, auf die feineren Umformungen und Korrektionen der barometrischen Höhenformel einzugehen. Es mag genügen, hinsichtlich der mehrfach angewandten Konstante 18429 auf Hann, Die Verteilung des Luftdrucks in Mitteleuropa (Pencks Geogr. Abh., II, Wien 1887, 96) zu verweisen. —

viertens auch den Einfluss der Schwereänderung mit der Höhe über dem Meeresspiegel. Aus diesen Gründen ist an der Grundformel eine vierfache Korrektion anzubringen, in Gestalt von vier Faktoren, deren Hinzufügung ihr eine etwas verwickelte, aber doch leicht verständliche Form gibt, sobald man sich die Bedeutung jedes einzelnen Faktors vergegenwärtigt. Wir wollen sie daher in mehr übersichtlicher, als rechnerisch einfachster Weise vorführen:

$$h_2 - h_1 = 18400 \log \cdot \frac{B_1}{B_2}\left[1 + 0{,}004\,\frac{t_1+t_2}{2}\right] \times \left[1 + \frac{3}{8}\cdot\frac{1}{2}\left(\frac{e_1}{B_1}+\frac{e_2}{B_2}\right)\right] \times \left[1 + 0{,}00265\cdot\cos 2\varphi\right] \times \left[1 + \frac{2}{R}\cdot\frac{h_1+h_2}{2}\right] \qquad (3)$$

1. Die Temperatur-Korrektion des ersten Faktors ist weitaus die wichtigste. In ihr bedeutet t_1 und t_2 die Lufttemperatur in beiden Stationen, deren Mittel mit dem Ausdehnungskoeffizienten der Luft (α) für 1° C. $= {}^1/_{273} = 0{,}00367$ oder rund $0{,}004$ multipliziert werden muss. Es entspricht dies dem Gay-Lussacschen Gesetz, dass bei konstantem Druck das Volumen der Luft sich proportional der Temperatur vergrössert: $v = v_0\,(1 + \alpha \cdot t)$. Zieht man, wie vielfach geschieht, diese Temperaturkorrektion mit in die barometrische Grundformel, so lautet sie, wenn t die Mitteltemperatur zwischen der obern und untern Station ist,

$$h_2 - h_1 = 18400 \cdot \log \frac{B_1}{B_2} \cdot (1 + \alpha \cdot t) \qquad (4)$$

2. Im zweiten Faktor der Gleichung (3) bedeutet e/B das Verhältnis des jeweiligen Dampfdrucks (§ 246) zum Luftdruck. Nennt man δ das spezifische Gewicht des Wasserdampfes (bezogen auf Luft $= 0{,}622$ oder rund ${}^5/_8$), so ist das Mittel aus e/B an beiden Stationen mit $1 - \delta = {}^3/_8$ (genauer $0{,}378$) zu multiplizieren.

3. Der dritte Faktor enthält die Schwerekorrektion nach der Breite. Man reduziert hierbei stets auf die mittlere Breite von 45°, nicht auf den Aequator nach der Formel[79]: $G = 9{,}806\,(1 - 0{,}00265\,\cos 2\varphi)$.

4. Der letzte Faktor in Gleichung (3) gibt die Schwerekorrektion für die Höhe über dem Meeresspiegel entsprechend der Reduktion der Pendellänge auf letztern (S. 113). Als Erdradius R kann man den mittleren $= 6\,370\,000$ m einsetzen. Man besitzt Tabellen für alle diese Korrektionsfaktoren[80].

Da die drei letzten Faktoren innerhalb ziemlich weiter Gebiete nur unbedeutende Abweichungen ergeben, kann man für das Verhältnis e/B, für die Breite φ und für die Mittelhöhe $(h_1 + h_2) : 2$ feste Werte annehmen und den numerischen Betrag gleich mit der Barometerkonstante vereinigen. So würde z. B. für Mitteleuropa, wo $\varphi = 50°$, der Dunstdruck $e = {}^1/_{100}$ des Luftdrucks, die mittlere Höhe der Erhebungen $= 500$ m angenommen werden könnte, die vereinfachte Formel, die aber nach oben nur für die deutschen Mittelgebirge Geltung hätte, lauten[81]:

$$h_2 - h_1 = 18400 \log \cdot \frac{B_1}{B_2}\left(1 + 0{,}004 \cdot \frac{t_1+t_2}{2}\right)\left(1 + \frac{6}{1600}\right)(1 - 0{,}00046)(1 + 0{,}00016)$$

$$h_2 - h_1 = 18464 \log \cdot \frac{B_1}{B_2}\left[(1 + 0{,}002\ t_1 + t_2)\right].$$

---

[79]) Da $\sin^2\varphi = (1 - \cos 2\varphi) : 2$, so geht die (abgekürzte) Formel der Schwerkraftzunahme: $9{,}780 + 0{,}052 \cdot \sin^2\varphi$ (S. 112) über in $9{,}780 + 0{,}026 - 0{,}026 \cdot \cos 2\varphi = 9{,}806 - 0{,}026 \cdot \cos 2\varphi = 9{,}806\,(1 - 0{,}00265\,\cos 2\varphi)$. Der Ausdruck $\cos 2\varphi$ ist bekanntlich für $\varphi < 45°$ positiv, wird aber für $\varphi > 45°$ negativ. — [80]) Ausser Rühlmann (Anm. 77) s. a. Jordan, Barom. Höhentafeln, 2. Aufl., Stuttgart 1886; Jelineks Anleitung (vergl. S. 560). Abgekürzte Tafeln in zahlreichen physik. Handbüchern. Es ist zu beachten, dass die einzelnen Tafeln oft von etwas verschiedenen Grundwerten ausgehen. Vergl. ferner Hann, Bemerkungen über die Schwerekorrektion bei barometr. Höhenmessungen (Pet. Mitt. 1903, 163. Met. Zeitschr. 1905, 456). — [81]) Jordan a. a. O. 1886; andere Konstanten in Jordan,

Die barometrische Höhenstufe oder die Zahl von Metern, um die man sich erheben muss, damit das Barometer um 1^{mm} sinkt, beträgt für 0^0 C Mitteltemperatur im Tiefland rund 11^m, steigt aber nach oben, etwa wie folgt:

Höhe	Bar.-Stand	Höhenstufe	Höhe	Bar.-Stand	Höhenstufe
0^m	760^{mm}	$10^m,_5$	4000^m	461^{mm}	$17^m,_3$
1000	671	$11^m,_9$	5000	407	$19^m,_7$
2000	592	$13^m,_5$	6000	359	$22^m,_3$
3000	522	$15^m,_3$	7000	317	$25^m,_3$

Mit ausreichender Annäherung kann man die Höhenstufe finden, wenn man den jeweilig beobachteten korrigierten Barometerstand in die Höhenzahl der reduzierten Atmosphäre (rund 8000^m) teilt. So ergibt sich für 4000^m als Höhenstufe $17^m,_3$ ($= 8000 : 461$).

Will man umgekehrt den Luftdruck kennen lernen, der in einer gewissen Höhe der Luft herrscht, so kann man ihn ausreichend genau durch die Formel bestimmen

$$\log B_2 = \log B_1 - \frac{h_2 - h_1}{18400\,(1 + \alpha \,.\, t)} \qquad (5)$$

die sich leicht aus Formel (4) ergibt.

Die Instrumente. Das Quecksilberbarometer bedarf, ehe wir die Ablesungen in die Formeln einführen dürfen, einer Reihe von Korrektionen, die man früher oft noch in die Grundformel einfügte. Es muss die Säule selbst auf 0^0 C reduziert werden. Bei dem Ausdehnungskoeffizienten des Quecksilbers von $0,_{00018}$ dehnt sich eine 760^{mm} hohe Säule um $760\ (1 + 0,_{00018} \,.\, t)$ aus, wenn t die Temperatur anzeigt, was bei höhern Temperaturgraden bereits mehrere Millimeter ausmacht. Die Schwerekorrektion ist nicht zu vernachlässigen. Das fast 1 Meter lange Sekundenpendel variiert zwischen Aequator und Pol um mehr als 5^{mm} (S. 112), folglich eine 760^{mm} lange Quecksilbersäule um 4^{mm}, eine kürzere entsprechend weniger. Ebenso ist für die Höhe über dem Meere ein kleiner Abzug zu machen. — Das Siedepunktsthermometer beruht auf der Erfahrung, dass bei stärkerm Luftdruck dem Wasser eine grössere Wärmemenge zugeführt werden muss, um sich in Dampf zu verwandeln. In grösseren Höhen sinkt also die Siedetemperatur. Man misst diese in einem kleinen Kessel nach einem sehr fein eingeteilten Thermometer. Ein Zehntel Grad Differenz entspricht etwa $2,_7{}^{mm}$ Barometerstand-Differenz. — Das Feder- oder Aneroid-Barometer (d. h. flüssigkeitsloses von *νηρός*, feucht), 1847 erfunden, misst den Luftdruck an den feinen Bewegungen einer dünnen Metallmembrane, mit der eine luftleere kleine Metallbüchse luftdicht verschlossen ist. Eine starke Feder, dem äussern Luftdruck das Gleichgewicht haltend, schützt die Membrane vor dem Zusammendrücken, hindert aber nicht eine je nach der Luftdruckänderung erfolgende Höhenänderung derselben. Die letztere wird durch Hebelvorrichtungen im Innern der Umhüllung der Büchse vergrössert und auf einen Zeiger übertragen. Die Einteilung geschieht rein empirisch durch Vergleiche mit einem Quecksilberbarometer. Einer Schwerekorrektion bedarf es beim Aneroid nicht, wohl aber einer Temperaturkorrektion. Der Stand ändert sich für 1^0 C um $0,_1{}^{mm}$ bis $0,_2{}^{mm}$.

Die Bemerkungen über die zahlreichen Korrektionen und sonstigen Fehlerquellen sollen an dieser Stelle nur dazu dienen, auf die grosse Unsicherheit hinzuweisen, an welcher auch heute noch die barometrischen Höhenmessungen besonders

---

Barometr. Höhentafeln für Tiefland und für grössere Höhen, Hannover 1896; Hann (Luftdruck Mitteleuropas, 97) verschmilzt nur die Feuchtigkeitskorrektion mit der Konstanten, die dadurch die Form 18429 erhält.

mittelst des Aneroids leiden. Wo irgend sich die Möglichkeit bietet, muss man dieses mit einem Quecksilberbarometer vergleichen[82]). Für grössere Höhen kann man selbst die Zehner in Metern noch nicht verbürgen.

§ 241. Gang und Verteilung des Luftdrucks. Die Isobaren. Die stündlich angestellten Beobachtungen des Barometers ergeben eine geringe tägliche Schwankung des Luftdrucks. Es treten mit grosser Regelmässigkeit zwei Maxima und zwei Minima ein, die zu der Aenderung der Lufttemperatur und der Verdunstung während des Tages in Beziehung stehen. Sie gleichen den periodischen Schwankungen von Ebbe und Flut. Wahre kosmische Gezeiten kann man in ihnen jedoch nicht entdecken[83]).

Aus den täglich fortgesetzten Beobachtungen am Quecksilberbarometer erhält man ebenso wie für die Temperatur Tages-, Monats- und Jahresmittel des Luftdrucks für die einzelnen Stationen. Will man ein übersichtliches Bild der Verteilung desselben über grössere Flächen oder die ganze Erde gewinnen, so bedarf es dazu einer Reduktion jener Beobachtungsmittel auf das gleiche Niveau[84]).

Man wählt dazu den Meeresspiegel. Vorausgesetzt wird dabei zunächst, dass die wichtige Zurückführung auf die normale Schwere in 45° Br. bereits durchgeführt ist; es müssen uns sog. reduzierte Luftdruckmittel zur Verfügung stehen[85]). Wir bedürfen dann weiter der genauen Bekanntschaft der Höhenlage (h) des Standorts, die in Wahrheit nur in nivellierten Ländern bekannt ist, endlich der der Mitteltemperaturen der Luft (t); und da auch diese auf das Meeresniveau reduziert werden müssen, um die mittlere Temperatur der Luftsäule in Rechnung ziehen zu können, kann man auch das Gesetz der Temperaturänderung mit der Höhe nicht entbehren. Ein Beispiel mag das rohe Verfahren erläutern.

Ist $747{,}_4$ mm das Jahresmittel von Göttingen in 150 m Seehöhe und ungefähr 761 mm der theoretische Luftdruck am Meeresspiegel in gleicher Breite, so teilt man 8000 m durch das Mittel von $(747{,}_4 + 761) : 2 = 754{,}_2$ und erhält $10\,\mathrm{m}{,}_6$ als Höhenstufe für 1 mm Luftdrucksabnahme. Da die mittlere Temperatur $(8\,°{,}_5)$ auf den Meeresspiegel reduziert $9\,°{,}_{25}$ (§ 234) beträgt, so ist $0{,}_{002}\ (t + t_1) = 0{,}_{002} \times 17{,}_{75} = 0\,\mathrm{m}{,}_{035}$ und demnach die korrigierte Höhenstufe $= 10\,\mathrm{m}{,}_{635}$. Danach ist der Zuschlag für $150\,\mathrm{m} = 150 : 10{,}_{635} = 14{,}_1$ mm. Das Luftdruckmittel Göttingens auf den Meeresspiegel reduziert ist also $747{,}_4 + 14{,}_1 = 761{,}_5$ mm.

Isobarenkarten. Trägt man nunmehr die auf den Meeresspiegel (und die normale Schwere in 45° Br.) reduzierten Werte auf Karten ein, so kann man zwischen diesen nach der Art der Isothermen Linien gleichen Luftdrucks ziehen, die sog. Isobaren. Für die gesamte Erdoberfläche sind Karten der Monatsisobaren nicht vor 1869 hergestellt[86]) und damit beginnt eine neue Epoche der geographischen Meteorologie. Es ist leicht verständlich, dass der Linienverlauf in

---

[82]) S. Edw. Whymper, How to use the Aneroid-Barometer, London 1891. — [83]) Hann, Ebbe und Flut im Luftmeer, Berlin 1896. — [84]) Hann, Text zum meteorol. Atlas, 1891; Abt. I: Herstellung richtiger Isobaren; Luftdruck in Mitteleuropa (Anm. 78). — [85]) Die Vernachlässigung der Schwerekorrektion kann in Mitteleuropa bereits rein scheinbare Luftdrucksunterschiede von $1 - 1{}^1/_2$ mm hervorrufen. — [86]) Alex. Buchan, The mean pressure of the atmosphere. Transactions of the R. Society of Edinburgh, XXV, 1869.

vielen Geländen ohne geeignete Beobachtungen noch willkürlich ist und der Berichtigung bedarf, aber wichtige Tatsachen kann man bereits den heutigen Karten entnehmen.

Mittlerer Luftdruck. Eine Auswertung dieser Karten in ähnlicher Art, wie dies früher für Bestimmungen der mittlern Lufttemperatur auf der Erdoberfläche (§ 236) angedeutet ist, ergibt, dass der Luftdruck auf der gesamten Erdoberfläche im Jahresmittel, wenn auf den Meeresspiegel reduziert, wenig unter 760 mm zu liegen scheint (758,$_1$ mm) [87]. Der wahre Betrag des Luftdrucks freilich, der von der wirklich vorhandenen Luftmasse auf Meeres- und Landfläche mit ihrem verschiedenen Relief ausgeübt wird oder sich über dem mittlern Niveau der physischen Erdoberfläche erhebt, das + 240 m über der mathematischen zu suchen ist (S. 278), dürfte nach den neuern Berechnungen im Jahresmittel von 737 mm wenig abweichen. Dabei ist der auf den Meeresspiegel reduzierte mittlere Luftdruck auf der Nordhalbkugel (759,$_7$ mm) grösser befunden worden, als auf der Südhalbkugel (756,$_5$ mm) [87], während wir schliessen müssen, dass umgekehrt der wahre Luftdruck infolge der ausgedehnten Landmassen mit ihren bedeutenden Erhebungen im N nicht unbedeutend geringer sein wird, als auf der Südhemisphäre; dies wird durch eine geeignete Berechnung, die dem wahren mittlern Luftdruck im N eine Höhe von 733,$_5$ mm, im S von 740,$_3$ mm zuweist, in der Tat bestätigt.

Wir gehen bei einer solchen wie stets in diesem Lehrbuch von den früher gewonnenen Grundlagen aus [88]. Danach nehmen auf der Nordhalbkugel die Landflächen 100,$_5$, auf der Südhalbkugel (einschliesslich des antarktischen Kontinents) 48,$_5$ Mill. qkm ein. Die mittlere Höhe der ersteren lässt sich auf 750 m schätzen, dann folgt für die letzteren 965 m [89]. Verteilt man diese Ueberhöhungen über den Meeresspiegel auf die Halbkugelflächen von je 255 Mill. qkm, so erhebt sich nördlich des Aequators die allgemeine Basis des Luftmeeres auf 296 m (= [100,$_5$ × 750] : 255), südlich desselben auf 183,$_5$ m (= [48,$_5$ × 965] : 255). Die mittlere barometrische Höhenstufe wird man im N zu 11 m,$_3$, im S in Anbetracht des Umstandes, dass der grösste Teil der Landfläche zwischen 0° und 30° S Br. liegt, wohl auch zu 11 m,$_3$ annehmen dürfen. Dann verdrängt jene ideell über die Nordhalbkugel ausgebreitete Schicht eine Luftmasse von 296 : 11,$_3$ = 26,$_2$ mm Druckhöhe, die im S dagegen eine solche von 183,$_5$: 11,$_3$ = 16,$_2$ mm. Hieraus findet sich der oben angegebene wahre mittlere Luftdruck im N zu 759,$_7$ − 26,$_2$ = 733,$_5$ mm, im S zu 756,$_5$ − 16,$_2$ = 740,$_3$ mm. Das Mittel aus beiden Werten (733,$_5$ + 740,$_3$) : 2 entspricht dann den 737 mm des wahren mittlern

---

[87]) Hann in Meteorol. Zeitschr. 1902, 268, aus den Mittelwerten für gleichgrosse Kugelzonen berechnet. Man ist dabei immer noch auf die Ferrelschen veralteten Mittelwerte des Luftdrucks angewiesen, die für die polaren Gegenden hypothetisch ergänzt werden müssen. Da jedoch jene polaren Gebiete an Fläche stark zurücktreten, übt die Verschiedenheit der Annahmen über den dort bestehenden mittleren Luftdruck auf das Gesamtergebnis geringen Einfluss. — [88]) Hann (a. a. O.) geht durchweg von etwas anderen Grundwerten aus, in betreff der mittleren Höhen der Landflächen, besonders rücksichtlich der Antarktis. — [89]) Hierbei ist für die Antarktis als Mittelhöhe 2000 m (gegen früher 700 m) angenommen. Vergl. S. 277 unten; Volumen der Landhöhen = 122,$_2$ Mill. kbkm (S. 278); wenn davon auf die Nordhalbkugel 75,$_4$ entfallen (= 100,$_5$ Mill. qkm × 750 m), so bleiben für die Landhöhen der Südhalbkugel 46,$_8$ und es sind 46,$_8$ Mill. kbkm : 48,$_5$ Mill. qkm = 965 m.

Luftdrucks für die Gesamt-Erdoberfläche. Man erkennt, wie manche unsichere Werte noch bei solchen Abschätzungen zur Anwendung kommen müssen.

Vergleicht man die Luftdruckverhältnisse beider Hemisphären im Winter und Sommer, so scheint tatsächlich ein Luftaustausch nachweisbar[90]), auf welchen wir aus dem Umstand schliessen, dass der Luftdruck auf der Nordhalbkugel im Winter (Jan.) grösser ist als im Sommer (Juli). Erreicht der berechnete Unterschied noch nicht 1^{mm} ($0{,}85^{mm}$), so bedeutet dies doch immerhin schon einen Transport von rund 3 Billionen Tonnen Luftmasse von einer Halbkugel zur andern. Man wird in diesen periodischen Verschiebungen eine der Hauptursachen der Polhöheschwankungen (S. 188) suchen müssen.

Nun hat man[91]) zwar für die Südhalbkugel zwischen 0^0 und 50^0 S (= $38{,}_3$ % der Erdoberfläche) gleichfalls einen solchen Unterschied des Luftdrucks, natürlich im entgegengesetzten Sinn, gefunden, sodass er dort im Juli (Südwinter) grösser ist als im Südsommer (Januar), aber der Betrag dieses Unterschiedes zeigte sich grösser als auf der Nordhalbkugel, nämlich zu $2{,}_{14}{}^{mm}$, demnach auch weit grösser als der fragliche Luftaustausch erfordern würde. Denn dieser verlangt nur einen solchen von $1{,}_{09}{}^{mm}$[92]). Um also den Fehlbetrag des Südsommers von $2{,}_{14}{}^{mm}$ zu kompensieren, muss angenommen werden, dass auf der Kugelkappe südlich des 50^0 S im Januar ein beträchtlicher Luftdrucküberschuss von etwa $3{,}_4{}^{mm}$ vorhanden sei. Für die Zonen von $50^0 - 66^1/_2{}^0$ S kennt man die Luftdruckverteilung noch einigermassen. Man kann, diese in Rechnung ziehend, das Mehrerfordernis an Luftdruck für den Januar auf die Südpolarkalotte verschieben, wo er allerdings entsprechend der Kleinheit des Flächenraumes ($4{,}_2$ % der Erdoberfläche) in runder Zahl etwa 11^{mm} betragen müsste. Nun findet sich, wie die vielfachen Beobachtungen während der neueren antarktischen Expeditionen ergeben haben, in jenen polaren Breiten von einem solchen um 11^{mm} höhern Luftdruck im Januar gegenüber dem Juli tatsächlich nichts. Dieser scheinbare Widerspruch kann daher nur durch die Annahme einer mittleren Landerhebung von ca. 1350^m für die gesamte Südpolarkalotte beseitigt werden. Da südlich des Polarkreises die Antarktis mit 14 Mill. qkm $^2/_3$ der Kalotte bedeckt und diese als Landerhebung allein in Frage kommen kann, so muss man ihr eine mittlere Erhebung von rund 2000^m ($= 1350 \times {}^3/_2$) geben, die leicht um $\pm 200^m$ falsch sein kann.

Fortan bleiben wir bei dem auf den Meeresspiegel reduzierten Mittel stehen. Aus den Isobarenkarten[93]) für das Jahr und die Gegenmonate Januar und Juli (Atlas Taf. 7) ergibt sich, dass diese Luftdruckmittel ziffernmässig sich nicht allzuweit von der Zahl 760^{mm} entfernen. Im Jahresmittel findet man keine grössern Gegensätze als 770^{mm} für die Gegenden des höchsten, 745^{mm} für diejenigen des mindesten Luftdrucks. Für die Julimittel gelten etwa dieselben Grenzen.

---

[90]) Der früher von O. Baschin (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. XXX, 1895, 368 ff. und 1907, 246 ff.) und R. Spitaler (Erg.-Heft Nr. 137 zu Pet. Mitt. 1901 mit Karte) unternommene Versuch, die wahren Luftdruckverschiebungen auf beiden Halbkugeln nachzuweisen, ist von W. Meinardus (Die mutmassliche mittlere Höhe des antarktischen Kontinents; Pet. Mitt. 1909, 304 — 9, 355 — 60) u. a. weiter fortgeführt. — [91]) Nach Meinardus (s. vor. Anm.) mit kleinen Abänderungen. — [92]) Aus $50\,\%_0 : 38{}^0{,}_3 = x : 0{}^0{,}_{85}$. — [93]) Ausser den Hannschen Karten von 1891, welche die Isobaren von 2^{mm} zu 2^{mm} geben, liegen im Challenger Report, Physics and Chemistry II, 1889, die Monatskarten Buchans vor; freilich mit Isobaren in engl. Zoll und Linien, ferner die im Atlas von Bartholomew und Herbertson (s. S. 560).

Grösser sind die Unterschiede im Januar für den Nordwinter mit ca. 780 mm im Innern Asiens und für den Südsommer mit ca. 740 mm an der Südgrenze der Ozeane. Als mittlere monatliche Extreme hat man bis jetzt 790 mm (Irkutsk) und 725 mm (Island) gefunden[94]). Viel grösser sind selbstverständlich die absoluten Extreme.

Leicht unterscheidet man auf den Karten eine Reihe von Hochdruckgebieten und Tiefdruckgebieten; wir müssen uns sogleich an die relative Bedeutung dieses Ausdrucks gewöhnen. Ein jedes Gebiet ist im Verhältnis zu den benachbarten Gebieten etwas höhern Luftdrucks — und betrage der Unterschied nur wenige Millimeter — ein Hochdruckgebiet mit einem Luftdruckmaximum oder kurz „Hoch" im Innern. Umgekehrt spricht man von einem Tiefdruckgebiet oder einer „Depression", die ein Luftdruckminimum oder ein „Tief" im Kern hat. Durch Farben kann man leicht die Scheidung übersichtlicher machen, wenn man bestimmte Schwellwerte zu grunde legt. Für die Erdkarte ist nach obigen Darlegungen 760 mm der übliche Hauptschwellwert (Atlas Taf. 7).

Neben diesen auf Mittelwerte gegründeten Darstellungen gibt die heutige Wetterkunde in den sog. synoptischen Wetterkarten Bilder der augenblicklichen Luftdruckverteilung (und Windrichtung) für kleinere oder grössere Regionen der Erde und bestimmte Tageszeiten. Dies ist in grösserem Massstabe erst ermöglicht durch die telegraphisch täglich in den Wetterwarten eintreffenden Berichte. Nichts ist belehrender, als solche synoptische Karten für auf einander folgende Tage zu studieren, vor allem auch um die rasche Veränderung der Luftdruckverteilung zu erkennen. Auch diese Karten geben die Daten in üblicher Weise auf den Meeresspiegel reduziert.

Die Beweglichkeit der Isobaren tritt uns indessen schon aus den Karten hervor, welche die mittlern monatlichen Schwankungen des Luftdrucks darstellen. In den Tropen sich in engern Grenzen ($\pm$ 10 mm) haltend, erreichen diese in mittlern Breiten über den ozeanischen Flächen höhere Beträge als über den Kontinenten besonders in den Wintermonaten; für den nordatlantischen Ozean hat man sie zu 50 mm festgestellt[95]).

§ 242. Die barischen Windgesetze[96]). 1. Die Verschiebungen der Flächen gleichen Drucks. In der Atmosphäre besteht Gleichgewicht, wenn in allen zur Erdoberfläche parallelen Flächen der gleiche Druck herrscht oder umgekehrt alle Flächen gleichen Luftdrucks einander derart parallel sind, dass sie von der Richtung der Schwerkraft überall senkrecht geschnitten werden. Als Grundursache aller Störungen dieses Gleichgewichtes und demnach aller Luftbewegungen zur Wiederherstellung derselben müssen Temperaturunterschiede zwischen mehr oder minder benachbarten Luftmassen angesehen

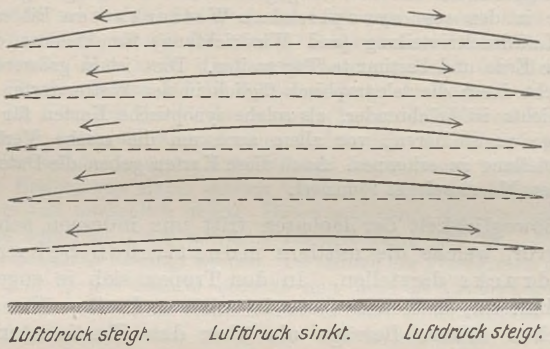
[94]) W. Köppen, Ann. d. Hydr. 1882, 285. — [95]) S. die Karten der monatl. Schwankungen nach Köppen in Hanns Atlas d. Meteorol., 1891. — [96]) Für die einleitenden Darlegungen vergl. Hann, Lehrb. d. Meteorologie 1901, 406—411, 2. Aufl. 1906, 301—311. Hann hat die Betrachtungsweise der Hebung Flächen gleichen Drucks zuerst 1897 in die elementare Darstellung der Luftbewegungen eingeführt.

werden. Die Erwärmung derselben geht, wie wir sahen, vom Erdboden aus (S. 571). Wird eine Erdstelle mehr erwärmt als ihre Umgebung, so dehnt sich die Luftmasse über ersterer aus und, da sie seitwärts grössern Widerstand findet, so macht sich die Ausdehnung ganz vorzugsweise nach oben geltend. Die Folge hiervon ist, dass in die einzelnen übereinander liegenden Schichten von unten her mehr Luft hineingedrängt wird, und also der Luftdruck in der Höhe im bestimmten Verhältnis zur Erwärmung und Ausdehnung der darunterliegenden Schichten steigt, während der Luftdruck am Erdboden zunächst noch der gleiche bleibt, da die gleiche Gesamtmasse Luft über ihm lagert.

Die Theorie[97]) ergibt, dass für jeden Grad (Celsius), um den sich die mittlere Temperatur einer Luftschicht erhöht, der Luftdruck in den verschiedenen Höhen wie folgt wächst:

Mächtigkeit, Meter	1000 m	2000 m	3000 m	4000 m	5000 m	6000 m
Barometerstand, Millimeter . .	671	592	522	461	407	359
Luftdruckänderung, Millimeter	0,31	0,54	0,72	0,84	0,93	0,99

Fig. 86.



Es erfolgt mithin über der erwärmten Erdstelle eine allmähliche Hebung der Flächen gleichen Drucks, aber ebenso, wenn sie sich abkühlt, eine Senkung um den nämlichen Betrag. Diese Hebung bedingt weiter ein allgemeines Gefäll der Flächen von den Gegenden höchster Erhebung nach den nicht (oder weniger) gehobenen kühlern Randpartien und damit, wenn man von dem Widerstand der Reibung zunächst absieht, ein Herabgleiten der Luft längs dieser nunmehr ein wenig gegen die Horizontale geneigten Schichten, da die Schwerkraft auf diesen nicht überall mehr senkrecht steht und also eine seitliche Komponente erhält (Fig. 86). Trotz einer meist verschwindenden Neigung können durch sie dennoch schon Luft-

[97]) Die Näherungs-Formel zur Berechnnng der Luftdruckzunahme db bei einem auf 0° mittlerer Lufttemperatur reduzierten Barometerstand b in der Höhe h (in Kilometern) und der Temperaturzunahme dt lautet

$$db = \frac{b \,.\, h}{2184} \cdot dt.$$

bewegungen von grosser Schnelligkeit oder Winde von starkem Druck erzeugt werden.

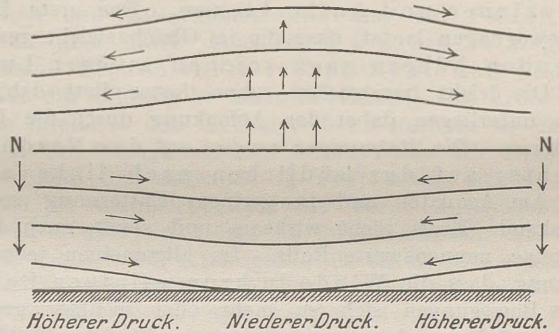
Die Hebung dieser Flächen gleichen Drucks steht nämlich im direkten Verhältnis zum Ausdehnungskoeffizienten der Luft (für 1° C $= 0{,}_{0037}$, S. 564), ebenso zur Mächtigkeit der Schicht und mittlern Temperatur, beträgt also für 1° C

Luftschicht . . .	1000 m	2000 m	3000 m	4000 m	5000 m	6000 m
Hebung	$3^m{,}_7$	$7^m{,}_3$	$11^m{,}_0$	$14^m{,}_6$	$18^m{,}_3$	$22^m{,}_0$.

Berücksichtigt man die durchschnittlich sehr grosse horizontale Ausdehnung solcher Luftschichten gegenüber ihrer geringen vertikalen Hebung, so ist klar, dass der Neigungswinkel der gehobenen oder gesenkten Flächen im allgemeinen ein sehr kleiner sein wird. Steigert sich z. B. die mittlere Temperatur einer 2000 m mächtigen Luftschicht um 10° C (wobei sie in der Regel unten stärker erwärmt sein wird als in der Mitte oder oben), und hebt sich also die obere Grenzfläche in der Mitte um 73 m, so ist das mittlere Gefäll im Abstand von 200 km nur $0{,}_{000\,036}$ und der mittlere Neigungswinkel (α) nicht grösser als $1^1/_4$ Bogenminute (tang $\alpha = 73 : 200\,000$). Die Geschwindigkeit (v), mit welcher die Luft beim Herabgleiten am Rande der Fläche ankommen würde, berechnet sich (ohne Rücksicht auf den Widerstand der Reibung) aus der Formel $v = \sqrt{2g \cdot h}$. Sie ist also in unserm Falle $= \sqrt{2 \cdot 9{,}_8 \cdot 73} = 37^m{,}_8$ und hätte danach bereits den Charakter eines Orkans angenommen (s. u.).

Dauert der Zustand der Erwärmung an der betreffenden Erdstelle längere Zeit fort, um die Hebung der Flächen gleichen Drucks in Gang zu bringen, so fliesst allmählich in den höheren Regionen über ihr die Luft nach allen Seiten ab. Damit vermindert sich das Gewicht

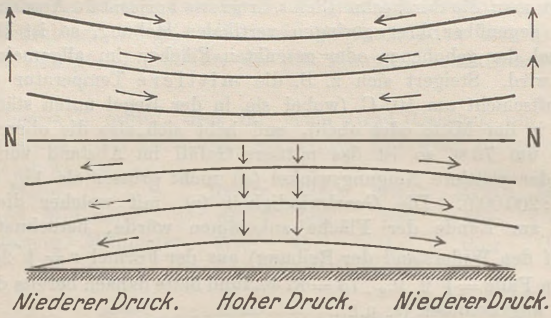
Fig. 87.



der über der Erdstelle befindlichen Luftmasse und der Luftdruck fängt nun am Erdboden über ihr an zu sinken, während er in der Umgebung vermöge des Zuflusses der Luft von oben steigt. Die weitere Folge ist nun, dass die untern Schichten ein Gefäll nach der Mitte erhalten und die Luft von den Seiten zur Herstellung des Gleichgewichts in gleicher Richtung einströmt. In einer gewissen Höhe der Luftmasse wird man zumeist eine neutrale, der Erdoberfläche parallele Fläche annehmen müssen, welche bei solchem Kreislauf die nach oben konkaven untern Schichten von den nach unten konkaven obern scheidet, wie dies Fig. 87 schematisch darstellt. Wird umgekehrt das Gleichgewicht durch eine Abkühlung eines zentralen Gebiets an der Erd-

oberfläche gestört, so erhalten die Flächen gleichen Drucks mehr ein nach oben konkaves Gepräge, die Luft fliesst nach der Mitte, wo sie ein Steigen des Luftdrucks hervorruft, während ringsum sich derselbe vermindert. Unten erhalten dann die Flächen ein Gefäll nach aussen, in dem die herabgesunkene schwere Luft seitwärts wieder abgeführt

Fig. 88.

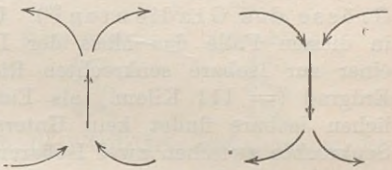


werden muss (Fig. 88). Luftströmungen, welche durch einen solchen Kreislauf über verschieden erwärmten benachbarten Teilen der Erdoberfläche in Bewegung gesetzt werden, nennt man Konvektionsströmungen (s. S. 605).

2. Zyklonen und Antizyklonen. Das erste Hauptgesetz aller Luftbewegungen lautet, dass die im Gleichgewicht gestörte Luft von Gegenden höhern nach solchen niedern Luftdrucks fliesst. Die leicht beweglichen, ohne festes Bett dahinziehenden Luftmassen unterliegen dabei der Ablenkung durch die Erddrehung im hohen Masse. Die Strömungen werden auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt (S. 155). Am Aequator und in geringer Entfernung von ihm ist diese ablenkende Kraft nicht wirksam und spielt auch in kleinern Strecken keine nennenswerte Rolle. Im allgemeinen jedoch bewirkt die Ablenkung, dass die Winde in krummlinigen Bahnen verlaufen, die Bewegungen sich zu mehr oder weniger geschlossenen Wirbeln ausgestalten. Am ausgeprägtesten tritt diese Erscheinung bei den eigentlichen Wirbelstürmen oder Zyklonen der Tropen hervor, bei denen ein Kern niedern Luftdrucks (Luftdruckminimum) in mächtigen Spiralen umkreist wird. Von diesen Vorkommnissen hat man den Namen zyklonaler Luftbewegung allgemein auf diejenige Form übertragen, bei welcher sich die Luft um einen Ort niedrigen Luftdrucks bewegt, und spricht im Gegensatz davon von antizyklonaler, wenn die Luft ein Hochdruckgebiet umkreist. Den Kern beider suchen wir also je im sog. Luftdruckminimum (auch als Depression schlechtweg bezeichnet), oder im Luftdruckmaximum; beide Ausdrücke wie immer im relativen Sinn d. h. im Verhältnis zum Druck der umgebenden Luft verstanden.

Die gleichen Namen der Zyklone und Antizyklone werden nicht nur bei horizontalen, sondern auch bei vertikalen Luftbewegungen gebraucht. In eine vertikale Zyklone dringt (Fig. 89) unten von allen Seiten Luft ein, um in der Mitte allmählich empor zu steigen und oben wieder seitwärts nach aussen zu fliessen. In einer Antizyklone haben wir eine Füllung von oben, einen absteigenden Luftstrom im Zentrum und ein Austreten der Luft in den untern Schichten. In unseren Isobarenkarten sehen wir freilich nur immer den Grundriss solcher Wirbel mittelst der Isobaren dargestellt, sie lassen nur die horizontale Umkreisung der Zentren verfolgen, zentripetal bei der Zyklone, zentrifugal bei der Antizyklone. Niemals gelangt also Luft auf direktem Wege in den Kern solchen Wirbels bezw. aus ihm heraus.

Fig. 89.



Zyklone. Antizyklone.

Dies führt zum zweiten Hauptgesetz, dass eine Zyklone auf der nördlichen Hemisphäre im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers (von West über Süd nach Ost etc.), eine Antizyklone im Sinne des Uhrzeigers („oder mit der Sonne") umkreist wird. Auf der südlichen ist es umgekehrt. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird im folgenden nur von den Verhältnissen der Nordhalbkugel gesprochen werden.

Zyklonen und Antizyklonen sind also nur Formen der Luftbewegung, die aber durch verschiedene Ursachen zu Wege gebracht werden können. Bei den thermischen Zyklonen wird man den ersten Anlass zur Bildung in einer Erwärmung des Erdbodens sehen müssen, die ihrerseits den aufsteigenden Luftstrom in der oben geschilderten Weise bedingt. Lokale Windsysteme wie Berg- und Talwinde oder Land- und Seewinde (§ 244) lassen sich in ihrer Entstehungsweise als thermische Zyklonen bezw. Antizyklonen, hervorgerufen durch Konvektionsströme (S. 604), auffassen, wie man auch die Gesamtzirkulation der Atmosphäre als ein System solcher von gewaltigen Dimensionen betrachten kann. Daneben aber muss man dynamische Zyklonen und Antizyklonen unterscheiden, in denen die gleiche Art der Luftbewegung durch solche der allgemeinen Zirkulation hervorgerufen ist und gewisse Aenderungen der Wärmeverhältnisse erst zur Folge, aber nicht zur Ursache hat. Dies gilt besonders von den wandernden Zyklonen und Antizyklonen, die uns noch weiter beschäftigen werden, und welche die Wetteränderung in erster Linie bedingen.

Diese Unterscheidung hat man erst zu machen gelernt, seit durch Beobachtungen in den Höhenstationen sich ergab[98]), dass der Kern der wandernden

[98]) Hann, Meteorol. Zeitschr. VII, 1890, 228; VIII, 1891 [65] nach Referaten über seine grundlegenden Studien u. die Beobachtungen auf dem Sonnblick. Obige Unterscheidung zwischen thermischen und dynamischen Zyklonen u. Antizyklonen rührt von Teisserenc de Bort her.

Antizyklonen entgegen den Erwartungen wärmer sei als der der wandernden Zyklonen. Die Temperaturzunahme herabsinkender Luftmassen ist im allgemeinen eine weit raschere als die Temperaturabnahme in aufsteigenden, also muss in einem vertikalen Kreislauf der absteigende Arm eine höhere Temperatur haben als der aufsteigende.

3. Die Stärke der Luftbewegung hängt ab von der Grösse des Gradienten[99]). Unter dem Gradienten versteht man in diesem Falle das Mass der Luftdruckabnahme in Millimetern in einer zur Isobare senkrechten Richtung und zwar bezogen auf den Erdgrad (= 111 Kilom.) als Einheit. Zwischen Punkten der nämlichen Isobare findet kein Unterschied des Luftdrucks statt. Eine Senkrechte zwischen zwei Isobaren gibt deren kleinsten Abstand, also den grössten barometrischen Gradienten für die betreffende Gegend an, der immer vom höheren zum niederen Luftdruck hinweisend zu denken ist. Der Gradient lässt sich von jeder Isobarenkarte ebenso leicht wie ein Böschungswinkel des Geländes von einer Isohypsenkarte ablesen oder abmessen. Je dichter die Isobaren, oder wie man das gleiche Bild beibehaltend sagt, je steiler die Gradienten sind, um so grössere Windgeschwindigkeit darf man voraussetzen.

Es besteht jedoch durchaus kein einfaches Verhältnis zwischen Gradient und Windstärke. Der erstere ist ziffernmässig immer nur eine kleine Grösse; bei einem solchen $= 0{,}_5$ stehen z. B. die Isobaren von 1^{mm} Intervall um $2^{c} = 222^{km}$ von einander ab; ein mittlerer Gradient von 1 gehört schon zu den Seltenheiten. Bei einem Gradienten = 5 haben die Isobaren von 1^{mm} Intervall nur 22^{km} Abstand. Dann herrscht auch auf dem Lande schon stärkster Sturm. Windgeschwindigkeit und Windstärke (Winddruck) werden beim Hinstreichen über die rauhe Oberfläche des Festlandes in den unteren Schichten mächtig gedämpft, sie sind in gleicher Breite und Zeit auf dem freien Meer oft doppelt so gross als auf dem benachbarten Lande.

Man drückt die Windstärke meist nach der zwölfteiligen sog. Beaufort-Skala (benannt nach dem englischen Admiral Beaufort) aus; über die den Skalenteilen zukommende Geschwindigkeit des Windes herrscht noch keine Uebereinstimmung der Annahme[100]), wie auch die Vergleichbarkeit der Beobachtungen noch im Argen liegt[101]).

In Deutschland nimmt man die Skala etwa wie folgt (Meter in der Sekunde) an; wir geben nur eine Auswahl aus den übrigens nur auf offenem Meer wirklich gültigen Zahlen[102]):

	Beaufort	Wind		Beaufort	Wind
Schwacher Wind . .	2	$3^{m},_1$	Steifer Wind . .	7	$12^{m},_9$
Mässiger Wind . .	4	$6^{m},_7$	Sturm	9	18^{m}
Starker Wind . . .	6	$10^{m},_7$	Orkan	12	40^{m} — 50^{m} (?)

Die Befiederung der Pfeile auf synoptischen Karten pflegt in halber Beaufortskala zu erfolgen. Ein Pfeil mit 4 Federn bedeutet also stürmischen

---

[99]) Der Name ist 1867 von Th. Stevenson eingeführt. Daher spricht man von dem Stevensonschen Gesetz. — [100]) Hann, Lehrb. d. Meteorol. 1901, 375. — [101]) G. Hellmann, Die jährliche Periode der Windgeschwindigkeit (Meteorol. Zeitschr. XIV, 1897, 321 ff). — [102]) W. Köppen, Neuere Bestimmungen ü. d. Verhältnis zw. Windgeschwindigkeit und Beauforts Stärkeskala (Archiv d. D. Seewarte XXI, 1898, N. 5; s. Geogr. Jahrb. XXIV, 1901, 95).

Wind (= 8). Die Maxima der Windgeschwindigkeiten werden nicht selten überschätzt. Für Europa nimmt man 28 m als durchschnittlich höchste Windgeschwindigkeit an.

Mannigfache Berechnungen haben gezeigt, dass die freie Meeresfläche dem Winde weit geringere Widerstände bietet als die rauhere Landfläche; so beträgt die mittlere Geschwindigkeit (in der Sek.) z. B.[103]):

	Nordatlantik	Europ. Westküste	Binnenland
im Jahr	$13^m,_3$	$5^m,_5$	$3^m,_5$
im Sommer . . .	$11^m,_4$	$5^m,_2$	$3^m,_0$
im Winter . . .	$14^m,_8$	$6,^m_2$	$4^m,_0$

Ganz ähnlich wächst aber auch die Windstärke mit abnehmender Reibung in der Höhe.

Schon auf dem 300 m hohen Eiffelturm ist sie 3 — 4 mal so gross als über den Dächern der Stadt Paris[104]); in dieser Höhe ist der hemmende Einfluss des Erdbodens kaum mehr vorhanden. Die Schnelle des Wolkenzuges in den höchsten Regionen hat man gelegentlich zu 100 m — 130 m in der Sekunde gefunden. In Berlin zeigte sich[105]) als Mittel zahlreicher Drachen-Beobachtungen die Windgeschwindigkeit am Boden zu $4^m,_2$, in 500 — 1500 m zu 10 — 11 m, in 2500 m zu $16^m,_3$ in der Sekunde. Fasst scheint es, dass die Windgeschwindigkeit in den obern Regionen im umgekehrten Verhältnis zur Dichte der Luft stehe; daraus würde folgen, dass durch den gleichen vertikalen Querschnitt dieselbe Luftmasse fliesst. Wie der Winddruck von seiner Geschwindigkeit abhängt, steht noch nicht ganz fest. Er wächst anscheinend mit dem Quadrat der letztern. Für kleinere Flächen (von ca. $^1/_8$ Quadratmeter) hat man ihn empirisch zu etwa $^1/_8$ des Quadrats der Geschwindigkeit gefunden[106]). Bei Orkanen kann sich gelegentlich ein Winddruck von 150 — 300 kg pro qm einstellen.

4. Die Richtung des Windes liegt stets zwischen Isobare und Gradienten, in unseren Breiten meist näher der ersteren. Der Ablenkungswinkel zwischen Gradienten und der Windrichtung wird um so kleiner, je grösser die Reibungswiderstände sind, welche die Luft findet, und je mehr wir uns dem Aequator nähern (§ 83). Da hier die Wirkung der Erddrehung allmählich verschwindet, entbehren die aequatorialen Gegenden überhaupt grösserer Luftwirbel. Man kann aus diesen Verhältnissen den Satz ableiten, dass, wenn man dem Wind den Rücken kehrt, man das Luftdruckminimum stets zur Linken etwas nach vorn, das Maximum immer zur Rechten und etwas nach hinten hat. (Buys-Ballotsches Windgesetz.)

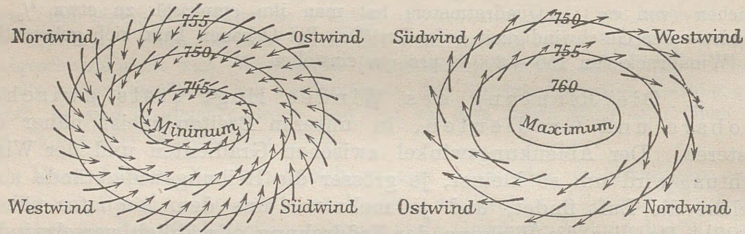
Schematisch lassen sich diese Verhältnisse durch die umstehenden Figuren erläutern, mit denen diejenigen des Atlas, Taf. 7, verglichen werden mögen. So lange der Ablenkungswinkel zwischen Quadrant und Winkelrichtung kleiner als 90° ist, hat der Wind noch eine dem Minimum zugewendete Komponente. Bei 90° läuft er tangential der Isobare entlang; ist er über 90° gross, so tritt wie bei jeder Antizyklone der Wind aus der mehr oder weniger kreisförmigen Bahn nach aussen heraus.

---

[103]) Nach Loomis, Pet. Mitt., 1885, SB. 379, wo die Geschwindigkeit in Kilometern pro Stunde angegeben ist. — [104]) Meteorol. Zeitschr. 1897, 339. — [105]) Kurt Wegener in Beiträgen z. Physik d. freien Atmosphaere I, 1905, Sonderdruck S. 15. — [106]) Hann, Lehrb. der Meteorologie 1906, 279.

Bei der Zyklone verwandelt sich demnach infolge der Rechtswendung ein nach Süden gehender Nordwind allmählich in einen Nordostwind, ein Ostwind in einen südöstlichen u. s. f. Man kann daher in unseren Breiten die Zyklonen zweckmässig durch eine SW-NO-Linie in zwei Seiten von sehr verschiedenen Witterungsverhältnissen teilen. Auf der hinteren Seite — im Sinne der Fortbewegung der Zyklone —, gewöhnlich die Polarseite genannt, herrschen Nordost-, Nord- und Nordwestwinde vor mit fallender Temperatur; aus höheren Breiten kommend sind sie rauher und trockener, weshalb das Barometer steigt. Die vordere (Südost-) oder Aequatorialseite bringt wärmere Südost-, Süd-, Südwest-Winde meist von feuchtem Charakter; die Annäherung zeigt sich durch fallenden Barometerstand an. Diese Zyklonen gemässigter Breiten bringen bei dem ihnen eigenen raschen Fortwandern unbeständiges Wetter mit. Indem sie vorübereilen, gelangt eine Gegend oft rasch von der Aequatorial- auf die Polarseite der Zyklone mit ihrem ganz verschiedenen Witterungscharakter. Es ist daher von grösster Bedeutung, ob sie nördlich oder südlich von einem Beobachtungsort vorüber zieht. Bei der raschen Bewegung hat man förmliche Zugstrassen [107]) nachzuweisen vermocht, auf denen sich die Minima in schneller Folge — in unseren Breiten zumeist von Südwest nach Nordost — bewegen.

Fig. 90.



Zyklone. Antizyklone.

Das sog. Dovesche Winddrehungsgesetz, wonach in der Regel der Wind eine Umdrehung „mit der Sonne“ von Ost über Süd nach West etc. vollziehen sollte, findet in dem häufigen Vorüberwandern der Zyklonen nördlich von uns seine Erklärung.

Viel beständigeren Charakters sind die Hochdruckgebiete. Die aus ihnen herauswehenden Winde pflegen nur schwach zu sein (was durch die Minderzahl der Pfeile in der schematischen Figur angedeutet werden soll). Sie nehmen grössere Gebiete, oft mit Windstillen im Innern, ein. Die Luft ist klar, daher starke Insolation im Sommer, grosse Ausstrahlung im Winter.

Wirbelstürme. Als eine besondere Abart von Zyklonen mögen hier jene Wirbelstürme genannt werden, die unter verschiedenen Namen manche

[107]) Atlas des Atlantischen Ozeans, 1902, Taf. 28; Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 36, v. W. Köppen.

tropische Erdstriche mit ihren verheerenden Wirkungen heimsuchen. Sie treten dort aber gewöhnlich nur in einzelnen Monaten auf, wie die Zyklonen des Indischen Ozeans, die Teifune der China-See und die Hurricans im tropischen Teil des Nordatlantischen Ozeans. Sie fehlen in den rein aequatorialen Gebieten. Bei diesen Wirbelstürmen scheint ein lokal aufsteigender warmer Luftstrom den ersten Anlass der kreisenden Luftbewegung zu geben, die dann bei ihrer raschen Wanderung mächtige Regionen in Mitleidenschaft zieht. Das Zentrum wandert meist mit grosser Schnelligkeit in flachen Bogen vorwärts und die umgebende Luft dringt in immer enger gekrümmten Bahnen spiralförmig in das wandernde Kerngebiet ein, sodass der Ablenkungswinkel der Windrichtung gegen das Sturmzentrum hin kleiner und kleiner wird.

§ 243. Die Windgürtel und Windregionen der Erde[108]). Unterziehen wir nunmehr von neuem die Isobarenkarten der Gegenmonate Juli und Januar zugleich mit denjenigen, welche die Temperaturverteilung zur Darstellung bringen, einer vergleichenden Betrachtung (Atlas, Taf. 7). Hierbei wird die Herausschälung von rings um die Erde laufenden Gürteln gleichartiger Luftbewegung durch die Verhältnisse der grossen Nordkontinente erschwert. Wir richten daher unsern Blick zunächst auf die Meeresflächen, wo er durch die auffallende Erscheinung zweier ständig an den Grenzen der Tropen befindlichen Hochdruckzonen gefesselt wird. Diese erweitern und verschieben sich zwar, wie man sieht, mit der Sonne ein wenig, aber sie vertauschen ihren Platz nicht völlig mit Regionen niederen Luftdrucks, wie es über den Kontinenten der Fall ist. Die Temperaturkarten zeigen keine ähnlichen Schranken in diesen Breiten. Die Hochdruckgürtel eignen sich offenbar ähnlich wie langgestreckte Bodenanschwellungen zur Hauptabgrenzung der Erde in Windregionen. Auf ihrem Rücken zieht die grosse Windscheide hin. An den Windpfeilen, mit denen man Isobarenkarten gleichzeitig zu bedecken pflegt, erkennt man nämlich leicht, dass an der Erdoberfläche in dem tropischen Gürtel östliche Winde, ausserhalb desselben westliche vorherrschen. Es tritt dieser ausgesprochene Wechsel der Windrichtung nicht nur an den Abhängen der Hochdruckgebiete auf, was nach den bisherigen Betrachtungen über die Antizyklonen nicht verwundern kann, sondern die betreffenden Strömungsrichtungen bleiben massgebend für die weiten durch jene Zonen geschiedenen Gebiete: einerseits den Gürtel der Ost-Passate, andererseits die der vorherrschenden Westwinde. Der mittlere Gürtel wird durch eine schmale Zone vorherrschender Windstillen in aequatorialen Breiten, der sog. Kalmen, geschieden; es ist daher richtiger, von vornherein von zwei Passatgürteln zu reden. Unsere Isobarenkarten stellen nun, wie mehrfach hervorgehoben, immer nur die Verhältnisse in den unteren Luftschichten dar. Bringen wir sie sofort in Gedanken mit denen der höheren Regionen in Verbindung, was uns später eingehender beschäftigen soll (§ 244), so wird sich zeigen, dass die genannten Windgebiete nur der unteren Schicht zweier grosser Luftwirbel an-

[108]) Hauptquellenwerk ist noch Coffin, The Winds of the Globe, Wash. 1876; vergl. ferner A. Supan, Statistik der unteren Luftströmungen, Leipzig 1881. Dazu treten jetzt die Publikationen der deutschen Seewarte für die Ozeane etc.

gehören, welche sich je auf den beiden Halbkugeln der Erde abspielen und in den Hochdruckzonen aneinander grenzen. Zunächst bleiben wir bei diesen unteren, uns unmittelbar fühlbaren Strömungen stehen. Dabei darf man nicht vergessen, dass diese sog. unteren Luftbewegungen meist nur wenige tausend Meter hoch hinauf reichen, sodass zahlreiche Hochländer der Erde wie vor allem Zentralasien und das Innere der Antarktis etc. darüber hinausragen und anderen Windsystemen angehören.

Eine Windregion oder ein Windgebiet wird demnach durch die Richtung der vorherrschenden Winde charakterisiert. Man pflegt sich auf die acht- oder sechzehnteilige Windrose zu beschränken. Ostwind wird, um Verwechselung zu vermeiden, (West franz.: Ouest) mit E. (= Est, East) bezeichnet. Die Häufigkeit der Winde drückt man in Prozenten der Beobachtungen aus. Die maritime Meteorologie sucht die in den einzelnen Jahreszeiten vorherrschenden Winde für jedes Fünfgradfeld der Meeresfläche zu bestimmen. Die Windstatistik hat man auf sehr verschiedene Weise in Kartogrammen veranschaulicht. Am übersichtlichsten wirkt die Darstellung durch ein Bündel von nur so viel Pfeilen, als Windrichtungen mit mehr als 10% vertreten sind.

Die Gürtel der Kalmen und der Passate werden ebenso wie die aussertropischen durch die Kontinentalmassen unterbrochen, sodass man berechtigt wäre, auch hier von verschiedenen Windgebieten zu sprechen, die in den einzelnen ozeanischen Becken ihren Schwerpunkt haben. Alles das mag man von der Karte ablesen. Im allgemeinen sind es also die mehrfach genannten grossen Antizyklonen in ca. 30° N. u. S. Br., welche die Passate speisen. Bei ruhender Erde würden diese direkt dem Aequator zueilen. Die Erddrehung verursacht ihre deutlich ausgeprägte Ablenkung. Der Erdaequator eilt den aus höheren Breiten mit geringerer Geschwindigkeit kommenden Winden gleichsam voraus, sodass sie uns entgegenzukommen, also aus O zu wehen scheinen. Wir haben den Nordostpassat auf der nördlichen, den Südostpassat auf der südlichen Halbkugel. Je weiter sie nach W gelangen, um so mehr nehmen sie östliche Richtung an, ja sie biegen, die grossen Antizyklonen umkreisend, selbst noch weiter um. Im Südostpassat des Atlantischen Ozeans kommen bis etwa 25° W gegen 90% der Winde aus SO, weiter westlich gegen 60% aus SO, 30% aus O u. s. f. Die Passate sind im allgemeinen schwache, aber selten aussetzende Winde, der Südostpassat übertrifft in beiden Hinsichten den Nordostpassat. Ihr Gebiet verschiebt sich mit der Sonne. Im Winter überschreitet ihre Polargrenze die Wendekreise nur wenig, im Sommer wird z. B. Madeira (33° N) noch in den Bereich des NO-Passats gezogen. Die Passate sind, schon weil sie aus höheren Breiten nach niederen eilen, aber auch aus später zu erörternden Gründen (S. 621) verhältnismässig trocken. Je weiter sie nach W gelangen, um so mehr beladen sie sich mit Feuchtigkeit. Dieser verdankt das tropische Südamerika seine reichen Niederschläge mit. Der Nordostpassat ist es auch, der — namentlich im Winter — über Nordafrika und Vorderindien hinüberstreicht, hier als Landwind völlig trocken. Im Winter beherrscht er unter dem Namen des Nordost-Monsuns auch den nördlichen Teil des Indischen Ozeans (s. S. 614).

Nach innen zu d. h. aequatorwärts flauen die Passatwinde ab und lassen zwischen sich eine 4^0 bis 5^0 umfassende windstillere Region, die sog. Kalmen, in dem Atlantischen und Grossen Ozean nördlich des Aequators sich ausbreitend, im Indischen dagegen durch den Nordostmonsun im Winter auf 10^0 S gedrängt. Es sind dies nicht gerade Gegenden stärkster Erhitzung des Bodens, wohl aber solche, in denen die gesamte Erwärmung der aequatorialen Breiten die Luftschichten hebt und den aufsteigenden Luftstrom erzeugt, der diese grössten Zyklonen der Erde auszeichnet. Mit jenem steigt der Wasserdampf empor, um in täglichen Gewittern sich wieder niederzuschlagen. Es ist jedoch ein Irrtum, in der Kalmenregion ein Ueberwiegen windstiller Tage zu vermuten. Es entfallen im Jahre höchstens 70 bis 90 Tage ($20-25\,\%$) auf diese. Kalmen kleineren Umfangs treten übrigens im Mittelpunkt der grossen Antizyklonen eben so auf besonders im südpazifischen Ozean.

Ausserhalb d. h. auf der Polarseite der auf dem Rücken der Hochdruckgebiete entlang ziehenden Windscheiden beginnen die breiten Zonen vorherrschender Westwinde; von hier an müssen wir die beiden Halbkugeln einer getrennten Betrachtung unterziehen.

Die Südhalbkugel zeichnet sich durch eine ziemlich scharf ausgeprägte zonale Anordnung der Windgebiete aus. Zunächst ist die Zone vorherrschender Westwinde hier allein als geschlossener Gürtel ausgebildet. Sie treten besonders südlich des 45^0 S auf. Dort entfallen $70-80\,\%$ aller Winde auf den westlichen Quadranten (SW bis NW), im allgemeinen aber nur etwa $50-60\,\%$. Die Westwinde reichen südwärts zuweilen bis zum Polarkreis. Die Isobarenkarten weisen in diesen mittleren südlichen Breiten einen Gürtel stark nach S abnehmenden Luftdrucks nach (Atlas, Taf. 7). In der tiefsten Furche, die sich mit nur einer Unterbrechung durch den Vorsprung des Grahamlandes [109]) südlich von Südamerika längs des 60^0-62^0 S entlang zieht, sinkt der Luftdruck im Jahresmittel bis auf 738^{mm} herab.

Wissen wir nun auch über die Windverhältnisse der antarktischen Breiten noch wenig, so haben die neueren Südpolarexpeditionen doch bereits den Aussenrand eines neuen Windgebietes erreicht, in dem stürmische Ostwinde überwiegen, die auch noch den Rand des Inlandeises zu beherrschen scheinen.

Da der Luftdruck jenseits der angedeuteten tiefen Furche wieder zunimmt, so betrachtete man diese Ostwinde bisher als Landwinde, welche aus der grossen antarktischen Antizyklone heraus wehen sollten, die man über dem mächtigen kalten Südkontinent ruhend vermutete. Denn eine solche wird den Windgesetzen gemäss auf der Südhalbkugel im entgegengesetzten Sinn des Uhrzeigers umkreist (S. 605). Nach einer neueren Auffassung [110]), die sich auf sorgfältige Analyse aller Momente stützt, scheint jedoch infolge der sehr bedeutenden Erhebung des

[109]) L. Mecking, Die Luftdruckverhältnisse etc. in der atlantisch-pazifischen Zone südlich d. 30° S (D. Südpolarexpedition III_2, Berlin 1911). — [110]) Nach W. Meinardus, Deutsche Südpolarexpedition (III, Heft 2, Berlin 1911, 323—39): „Betrachtungen über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre im Bereich des Südpolargebiets"; vergl. L. Mecking, Pet. Mitt. 1912, II, 22 ff.

Innern der Antarktis dort eine solche Region hohen Luftdrucks garnicht zu bestehen, vielmehr jenseits einer schmalen Zone steigenden Luftdrucks längs des flachen Anstiegs des Kontinents das hohe Innere von einer antarktischen Zyklone eingenommen zu sein. Die oberhalb 2000 m bis 3000 m beobachteten vorherrschenden westlichen Luftströmungen gelten als Beweis einer den Pol im Sinne des Uhrzeigers umkreisenden Windregion oder eines der allgemeinen Luftzirkulation angehörenden Polarwindes (S. 620). Nach dieser Ansicht müsste man also die am Rand der Antarktis auftretenden Ostwinde vielmehr der südwärts gerichteten Nordböschung der grossen Luftdrucksfurche zuweisen. Sie entstammen dann vom Meere kommend der Polarseite jener westwärts gehenden Zyklonen, auf deren Aequatorialseite die Westwinde der grossen Westwindregion vorherrschen. Die grössere Feuchtigkeit jener Ostwinde spricht für diese Erklärung.

Auf der Nordhalbkugel löst sich der Ring vorherrschender Westwinde ziemlich deutlich in vier grosse Windgebiete von stark wechselndem Herrschaftsbereich und beträchtlich verschobenem Zentralsitz je im Sommer und Winter auf: das Nordatlantische und Nordpazifische, das Nordamerikanische und das Asiatische. Sie treten im Winter deutlicher in die Erscheinung, weil sie sich dann wechselnd um zwei Zyklonen und zwei Antizyklonen gruppieren (Atlas, Taf. 7).

Die Nordatlantische Zyklone ist im Winter in typischer Form ausgeprägt. Hier breitet sich ein ausgedehntes Gebiet niedrigeren Luftdrucks mit weit ins Eismeer vorgestreckter Zunge aus, sodass die kältere Polarseite sich im NW einer Linie von den Bermudas Inseln nach Island befindet. Weit über Nordost-Amerika und West- und Nord-Europa übergreifend, beherrscht sie mit ihren Windbahnen ein ungeheures Gebiet. Die kalten nordwestlichen Landwinde der Hudson-Bailänder gehören diesem ebenso an, wie die West- und Südwestwinde, die über den Ozean streichend das europäische Winterklima bis weit ins Binnenland mildern. Den ähnlichen Weg verfolgen die zahlreichen Luftdruckminima, die in Amerika entstanden in 4—5 Tagen über das Meer eilen, um dann bald Europas nordwestlichen Küstensaum zu berühren, bald in die Lücke des mitteleuropäischen Tieflandes einzudringen. Im Sommer ist das Windgebiet wesentlich eingeschränkt. Die Hauptminima rücken in polare Gebiete nach dem Europäischen Nordmeer und in die Baffin Bai, die Südhälfte stellt sich mehr als der äussere Abfall der nordatlantischen Antizyklone dar; in der Windrichtung wird, was den Ozean und Westeuropa betrifft, damit jedoch nicht viel geändert. Für die Ostseite Amerikas tritt dagegen eine stärkere Winddrehung ein, welche die feuchte Luft aus dem Mexikanischen Golf weit nach Norden führt.

In ähnlicher Weise wird der aussertropische Nordpazifik im Winter von einer ausgedehnten Depression beherrscht, die ihr Entstehen dem warmen Meer verdankt, das zwischen stark abgekühlten Kontinenten gebettet ist. Auch hier auf der Polarseite wehen vorwiegend kalte Nord- und Nordwestwinde längs der eisbedeckten Küste Nordostasiens, wogegen die inselreiche Küste Alaskas milde Seewinde empfängt. Der Januar hat in Ochotsk (59° Br.) eine Temperatur von — 23°, in Sitka auf der Gegenseite (57° Br.) nur eine solche von — 1° C!

Auch der Regenreichtum der Westküste von Britisch-Nordamerika (Atlas, Taf. 8) versinnbildlicht die grosse Zahl der die Küste erreichenden Westwinde. Die hohen Bergketten Nordamerikas bringen dies Windgebiet jedoch im O rasch zum Abschluss. Im Sommer verschwindet bemerkenswerter Weise die nordpazifische Zyklone fast ganz, oder wird so weit nach NW ins Beringsmeer gedrängt, dass die Weite des Ozeans völlig unter die Herrschaft der nordpazifischen Antizyklone gelangt; ihr mit Windstillen begabter Kern breitet sich nördlich der Hawaii-Inseln zwischen 30° und 40° N aus[111]). Die Folge ist, dass die Westküste Nordamerikas zwar wiederum von westlichen Seewinden bestrichen wird, dass diese aber zumeist aus NW also aus höheren Breiten kommen. Daher die auffallende Kühle der Sommer daselbst, von der früher die Rede war (S. 587).

Naturgemäss tritt in Nordamerika und Asien ein gleicher Wechsel der Luftwirbel ein, nur von wesentlich stärkerer Wirkung. Die Antizyklone des Winters hat in Nordamerika ihren Kern auf den Hochflächen des Westens. Die Nordwestwinde ihrer Polarseite vereinigen sich mit denen der atlantischen Zyklone, um den Norden der Vereinigten Staaten zu einem von kalten Landwinden beherrschten Gebiet zu stempeln. Im Sommer führt eine nordamerikanische Depression an gleicher Stelle warme feuchte Winde im Mississippibecken bis weit nach N hinauf, reiche Sommerregen hervorrufend.

Weit grösser ist die innerasiatische Antizyklone im Nordwinter. Ihre Hauptachse verläuft nordöstlich, sie erscheint aber im O auch scharf abgegrenzt. Hierin spricht sich am deutlichsten der durch die Gebirgsumrandung hervorgerufene Unterschied gegenüber der nordamerikanischen Antizyklone aus. Die kalte Luft stagniert in Ostsibirien, es herrschen Windstillen vor; es kann sich bei der unausgesetzten Ausstrahlung ein Kältepol ausbilden. Nur durch die Gebirgslücken fliesst die Luft ab und ruft dadurch die kalten Winter der asiatischen Ostküste hervor. Im allgemeinen reicht jedoch die Antizyklone nicht höher als 3000 m, sodass Hochasien auch im Winter vorherrschend Westwinde hat[112]). Im Sommer bietet sich ein gänzlich verändertes Bild dar. Fast die ganze Masse der „alten Welt“ — das transsaharische Afrika ausgenommen — wächst zu einem mächtigen Windgebiet zusammen. Die Erhitzung der asiatischen Hochflächen hebt die Flächen gleichen Druckes, und von allen Seiten strömen aus weiten Fernen die unteren Luftmassen in diese riesige Zyklone. In Ostsibirien scheint sich ein eigenes Minimum auszubilden ebenso in China, in Indien und in der Sahara.

Ganz selbstverständlich lassen sich leicht in diesen grossen Hauptregionen kleinere Gebiete mit ausgesprochenen Eigentümlichkeiten ausscheiden, deren Schilderung der Länderkunde vorbehalten bleiben mag. Dahin gehört das Mittelmeergebiet mit den vorherrschenden Nordwinden im Sommer, dahin vor allem das asiatische Monsun-

[111]) Atlas des Stillen Ozeans, Hamburg 1896, Taf. 19. — [112]) A. Woeikof, Das Klima Zentralasiens (Meteorol. Zeitschr. XIII, 1896, 95—98).

gebiet, von Indien über Hinterindien und China bis Japan reichend; es bildet im Winter ein Stück der Passatzone, im Sommer den Südostrand der asiatischen Zyklone.. Der Name Monsun rührt von dem arabischen Mausim, Jahreszeit, her. Er herrscht in Landstrichen von einer ausgesprochenen Umkehr der Windrichtung in Sommer und Winter. In letzterer Jahreszeit streicht der reine Nordostpassat über Südasien hin (im Gangestal als Nordwest), nur unter anderem Namen, in China nimmt er entsprechend dem Verlauf der Isobaren Nordwestrichtung an. Jedenfalls sind es wesentlich vom Lande aus höheren Breiten herkommende, also verhältnismässig trockene Winde. Der Mai ist in Indien der heisseste Monat (S. 577). Sobald aber das Land sich stärker erhitzt, die Zyklonen über der indischen Wüste und an anderen Stellen sich ausbilden und die gesamten Flächen sich über dem warmen Kontinent heben, dreht sich der Wind und strömt, immer weiter nach dem Meere zurückgreifend, von allen Seiten ins Land hinein, ohne jedoch die Hochgebirge zu übersteigen. Daher in Indien Südwestmonsun, in China entsprechend der Rechtswendung Südostmonsun.

Solche jährlich mit der Sonne wechselnden Winde zeigen sich übrigens in vielen Küstengegenden der Tropen, daher Monsungebiete uns in der Länderkunde noch oft begegnen werden.

§ 244. Lokale Winde. Im Kleinen wiederholt sich ein solcher regelmässiger Wechsel fast an allen Küsten und innerhalb der Gebirgstäler, jedoch mit täglicher Periode. Wir sprechen zunächst von dem Gegensatz der Land- und Seewinde, der für die Segelschiffahrt von jeher Bedeutung gehabt hat. Am Vormittag erwärmt sich die Landküste stärker als das Wasser, die Luft über ihr lockert sich lokal auf, es entsteht eine kleine Zyklone, die immerhin bis einige hundert Meter emporsteigt, um in der oberen Region die Luft dem Meere zuzusenden. Zum Ersatz fliesst „Seewind" unten dem Lande zu. Nachmittags flaut dieser Wind ab; nun kühlt sich das Land rascher ab und über demselben entwickelt sich eine Antizyklone, die nunmehr nachts den „Landwind" unten aufs Meer sendet. Daher verlassen die Segelschiffe des Abends die Häfen.

Tal- und Bergwinde[113]). Wenn sich am Tage die Luft über der Talsohle erwärmt und ausdehnt, erhält sie ein Gefäll gegen die Talwände. Die letzteren erwärmen sich auch mehr als die freie Luft im Tale. Beides erzeugt einen im Tal und an den Talwänden aufsteigenden Talwind oder doch eine an den Talnebeln leicht zu beobachtende rasch emporsteigende Luftbewegung. Nachts gleitet die sich abkühlende Luft an den Gehängen herab und aus dem Talmund in die Ebene hinaus, oft höchst bemerkbar an den in ein grösseres Tal mündenden engeren Seitentälern. Grosse Täler vermögen solchen Talwinden bis weit hinaus in das Vorland eine bestimmende Richtung zu geben.

---

[113]) Hann, Zur Theorie der Tal- und Bergwinde, Zeitschr. d. Oesterr. Ges. für Meteor. XII, 1877 u. Handb. d. Klimatologie I, 1908, 282 ff.

Eine unperiodische Gattung von Lokalwinden pflegt dort aufzutreten, wo kalte Hochflächen nahe an warme Niederungen oder Meeresbecken grenzen und dann die allgemeine Luftdruckverteilung das Gebiet der ersteren in den Bereich eines grösseren Maximums oder die letzteren in den eines Minimums zieht. Das ist z. B. im Mittelmeer an den Küsten der Provence und in der nördlichen Adria namentlich im Winter der Fall. Herrscht in Mittelfrankreich hoher Druck oder rückt ein ausgesprochenes Minimum gegen den Golf du Lion, so wird die französische Mittelmeerküste von dem verheerenden Mistral[114]) heimgesucht, der sich von dem kalten Plateau der Cevennen herabstürzt. Ein gleiches geschieht oft im N der Adria, wo die gefürchtete Bora vom rauhen Karstplateau in die warme Küstenebene und auf das Meer in heftigen Stössen hereinbricht, sobald sich über der südlichen Adria ein Minimum befindet. Als echte Fallwinde sind Mistral und Bora trocken, sie erwärmen sich beim Fallen zwar der Theorie gemäss um einige Grade, aber als ursprünglich recht rauhe und kalte Luftströme werden sie trotz der Zunahme ihrer Temperatur in den ungewöhnlich warmen Niederungen als eisige Winde verspürt, die empfindliche Kulturen wie den Oelbaum rasch zu vernichten im stande sind.

Föhnwind[115]). Ein weit verbreiteter Gebirgswind ist der Föhn, unter diesem Namen früher nur an der Nordseite der Alpen bekannt und hier, weil er warm und trocken wie die aus der Sahara gelegentlich wehenden Wüstenwinde, lange Zeit als ein Wind afrikanischen Ursprungs angesehen. Mittlerweile hat man die gleiche Erscheinung von Winden, die mit ungewöhnlicher Wärme und Trockenheit plötzlich über die Passhöhen in gleichgerichtete Täler hereinbrechen, in zahlreichen Gebirgen beobachtet, gelegentlich auch auf der Südseite der Alpen, auch in Grönland. Ueberaus gefährlich im Frühjahr, wenn der Alpenföhn plötzliche Schneeschmelze und damit mächtige Ueberschwemmungen oder durch die ausdörrende Trockenheit Feuersbrünste erzeugt, mildert er in manchen Tälern nicht unbeträchtlich das rauhe Gebirgsklima. Sein Auftreten hängt eng von der Luftdruckverteilung in der weiteren Umgebung der Gebirge, aber auch vom Verhältnis zur Talrichtung ab. In der ganzen Nordschweiz tritt er als SW-, S- oder SO-Wind auf, wenn sich eine ausgedehnte Depression an den Westküsten Europas befindet, die durch ihren Wirbel die Luft selbst aus den nach NW geöffneten Alpentälern aufsaugt. Dann setzt sich zum Ersatz die Luft an der Südseite in Bewegung, ladet, was sie an Feuchtigkeit besitzt, an den südlichen Gehängen ab, um dann als echter Fallwind auf der Nordseite in den Tälern herabzustürzen. Beim Sinken sich rasch zu hohen Graden erwärmend, trocknet er damit noch weiter aus. Starke Feuchtigkeit und Wärme der Südwinde vor dem Uebertritt und das Ueberschreiten hoher Kämme, welche die

[114]) O. Dersch, Ursprung d. Mistral (Zeitschr. d. Oesterr. Ges. f. Meteor. 1881. 52 ff.); Hann, Klimatologie I, 1908, 312. — [115]) Hann, Klimatologie I, 1908, 291—308; Hann, Zur Theorie aufsteigender Talwinde (Meteorol. Zeitschr. XXVII 1910, 492—99).

Luft also zu bedeutender Ausdehnung zwingen, sind die ersten Bedingungen starker Föhnwinde[116]; sie treten daher als Südföhne viel häufiger und wirkungsvoller wie als Nordföhne in den Alpen auf.

§ 245. Der allgemeine Kreislauf im Luftmeer[117]. Alle Störungen des Gleichgewichts in der Atmosphäre gehen in letzter Linie von den Gegensätzen in ihrer Erwärmung aus. Gegenüber dem Wassermeer besteht aber im Luftmeer der fundamentale Unterschied, dass das erstere von oben erwärmt wird, die Atmosphäre von unten. Die allgemeine Zirkulation der Gewässer, hervorgerufen durch Temperatur- und Dichteunterschiede, kann daher nur in sehr langen Zeitläufen die gesamten Massen in Bewegung setzen, es können sich wirkliche Strömungen nur in den obersten Schichten bilden. Ungleich rascher werden die Wirkungen der Wärmeunterschiede der Luft von unten bis in die höchsten Höhen getragen, hauptsächlich dadurch, dass die Erwärmung Ausdehnung der Luft bewirkt und damit die Flächen gleichen Drucks gehoben, also Niveauunterschiede erzeugt werden (§ 242). Damit ist die Bedingung einer Mischung verschieden temperierter Luftschichten und ein ewiger Drang zur Herstellung des Gleichgewichts gegeben.

Wir gehen bei Betrachtung des allgemeinen Kreislaufes der Luft zunächst von der Annahme einer sog. Grundzirkulation der Atmosphäre[118] aus, hervorgerufen durch die ständigen Unterschiede der Wärmezufuhr in hohen und niedern Breiten. Der Wärmeüberschuss, welchen der aequatoriale Gürtel empfängt, setzt in erster Linie die grosse kalorische Maschine im Luftozean in Bewegung, die es ermöglicht, auch höhere Breiten an der grössern Wärmezufuhr innerhalb der heissen Zone teilnehmen zu lassen. Sie erzeugt den ständig aufsteigenden, die Luft auflockernden Strom, der ein Gefäll der Flächen gleichen Drucks gegen die Pole mit sich bringt. Hierdurch wird ein erster grosser Kreislauf eingeleitet, der vom Pol Luft innerhalb der untern Schichten in niedere Breiten führt, während in den oberen Regionen aequatoriale Winde polwärts ziehen. Wie kommt es nun aber, dass man einen solchen einfachen meridionalen Kreislauf der Luftmassen nicht wirklich beobachtet, sondern vielmehr auf jeder Halbkugel einen doppelten (vertikalen) Luftwirbel anzunehmen gezwungen ist, in dem sich die unteren Luftströmungen entgegengesetzt (mit Ostwinden in den niederen, mit Westwinden in höheren Breiten) verhalten? Die Antwort lautet: weil die Erde sich dreht. Bei ruhender Erde würde man in der Tat einen

---

[116]) W. v. Bezold, Meteorol. Zeitschr. VI, 1889, 257. — [117]) Für die Summe neuer Anschauungen über obige Frage kann noch nicht auf eine einzelne abschliessende Arbeit verwiesen werden. Noch stehen sich manche Auffassungen unvermittelt gegenüber. Zur ersten Orientierung werden neben Sprungs Lehrb. 1885, Kap. IV, besonders M. Möllers Aufsätze „Zur Dynamik der Atmosphäre", (Meteorol. Zeitschr. X, 1893), dienen. Fast jeder Jahrgang dieser Zeitschrift enthält seit 1888 wichtige Bausteine für eine neue Theorie der Luftzirkulation. S. besonders auch Hann, Lehrb. d. Meteorol. 1901, 450—484; 1906, 336—61. — [118]) Sprung in Meteorol. Zeitschrift VII, 1890, 161.

meridionalen Austausch der Luft zwischen Pol und Aequator erwarten müssen, aber es würde dann auch nicht jene Schranke geben, die wir an der Grenze der Passate in den Hochdruckzonen der Atmosphäre kennen.

Man hat früher die Erklärung für das Vorhandensein der letztern allein in der Kugelgestalt der Erde (ohne Rücksicht auf ihre Drehung) gesucht. Der einfache Kreislauf würde nach dieser Ansicht einen Zylindermantel als Erdoberfläche voraussetzen. Da aber die Kugel sich polwärts verjünge — in 37° Br. beträgt ihr Umfang nur $^4/_5$ des Aequators —, so müsse sich der obere Aequatorstrom in dem enger werdenden Bett verdichten, folglich herabsinken und damit jene Hochdruckzonen erzeugen. Der Haupteinwand gegen diese Deutung liegt in der Frage, warum dann nicht der Luftdruck in mittleren und höheren Breiten noch höher als um den 30.° ist, da doch die hier herrschenden Westwinde als solche aequatorialen Ursprungs gelten und diese in einem noch viel engeren Bett — der 60.° ist nur halb so gross wie der Aequator — zu fliessen gezwungen sind. An diesem Punkt knüpft der Umschwung der Ansichten an, der sich in den letzten Jahrzehnten vollzog, wiewohl der Amerikaner W. Ferrel schon weit früher (1856—1860) den Schlüssel zur Lösung des Grundproblems eines doppelten Luftwirbels auf jeder Halbkugel gegeben hat. Weitere theoretische Untersuchungen, ausgehend von verschiedenen Voraussetzungen über die im Luftmeer wirkenden Bewegungsgesetze, haben die Sache geklärt, ohne dass jedoch bereits alle Beobachtungsergebnisse mit den Theorien in Uebereinstimmung gebracht wären. Es können an dieser Stelle nur einige der heutigen Grundvorstellungen angedeutet werden.

Die Drehung der kugelförmigen Erde ist es, die jenen doppelten vertikalen Kreislauf der Luft erzeugen muss, indem sie die unteren wie die oberen Luftschichten in der Richtung der Breitenparallelen ablenkt. Dabei werden sich aber die Luftschichten verschieden verhalten. Die oberen, vom Aequator dem Pol zuströmenden Massen erfahren dadurch, dass sie auf diesem Wege sich der Drehungsachse (gemäss der Verkürzung der Radien der Parallelkreise) nähern, eine gewaltige Beschleunigung, sie gewinnen also an relativer Geschwindigkeit immer mehr gegenüber der Eigengeschwindigkeit der Erde in den einzelnen Breiten, müssen also der letzteren allmählich vorauseilen und als Westwinde auftreten. Umgekehrt werden die zum Aequator ziehenden polaren Winde, in Breiten grösserer Eigengeschwindigkeit der Erde versetzt, hinter dieser zurückbleiben und demnach als Ostwinde erscheinen. Die Drehung der Erde verweist aber — und das ist das Neue der heutigen Auffassung — die Ostwinde den Tropen, die Westwinde den aussertropischen Breiten zu, denn es muss in gewissen Breiten ein Zustand relativer Ruhe der Atmosphäre herrschen, in Gegenden nämlich, wo die lineare Geschwindigkeit der Luftmassen von der Rotationsgeschwindigkeit der Erde nicht abweicht. Unter Voraussetzung einer reibungslosen Bewegung der Luft auf gleichartiger Erdoberfläche würde der Theorie nach diese neutrale, windstillenreichere Zone unter 35° Nord- bezw. Südbreite zu liegen kommen. Das aber entspricht jenem Gürtel höheren Luftdrucks an der Aussenseite der Passate.

Die Eigengeschwindigkeit der Erde *(W)* in den einzelnen Parallelen ist bekannt ($= \omega \cdot R \cdot \cos \varphi$, wenn ω die Winkelgeschwindigkeit bedeutet, S. 156). Welches Gesetz man bei Berechnung der linearen absoluten Geschwindigkeit *(C)*

der Luft zu grunde legen soll, steht noch nicht fest. Geht man[119]) (nach Ferrel) von dem Prinzip der Erhaltung der Flächen aus (von dem das zweite Kepplersche Gesetz ein Spezialfall ist, S. 165), so ist $C = R \,.\, \omega \,.\, \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\cos \varphi}$. Lässt man (nach Siemens) das Gesetz der Erhaltung der Kraft im Luftmeer gelten, so ist $C = R \,.\, \omega \,.\, \sqrt{2/3}$. Die relative Geschwindigkeit der Luft *(v)*, auf die es uns hier ankommt, ist gleich der absoluten Geschwindigkeit vermindert um die Eigengeschwindigkeit der Erde, also ist $C - W$

$$\text{nach Ferrel} = R \,.\, \omega \,.\, \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\cos \varphi} - R \,.\, \omega \,.\, \cos \varphi,$$

$$\text{nach Siemens} = R \,.\, \omega \,.\, \sqrt{\frac{2}{3}} - R \,.\, \omega \,.\, \cos \varphi.$$

Dabei wird die Bewegung nach Osten, entsprechend der Erddrehung, als positiv angenommen. In beiden Fällen wird — das ist das Bemerkenswerte — dieser Ausdruck gleich Null für $\varphi = 35^0\,16'$, da $\sqrt{2/3} = 0{,}_{8165}$, und ebenso ist $\cos 35^0\,16' = 0{,}_{8165}$. Für niedere Breiten wird $C - W$ (da dann $\cos \varphi$ grösser als $0{,}_{8165}$) negativ, also herrschen dort Winde vor, welche der Richtung der Erdumdrehung entgegengesetzt sind d. h. Ostwinde. Für höhere Breiten hat der Ausdruck $C - W$ positiven Wert, die Luft eilt in der Form von Westwinden dem Erdumschwung voraus. Es gibt uns diese Darlegung auch eine Erklärung, warum die Westwinde so viel stärker sein müssen als die Ostwinde; jene gewinnen durch Annäherung an die Achse verhältnismässig weit mehr an Geschwindigkeit als die letzteren durch Versetzung in Breiten grösserer Drehungsgeschwindigkeit[120]). Ein Punkt des Aequators bewegt sich 465^{m} in der Sekunde (S. 110), auf dem 60^0 Br. nur $232{,}_5{}^{\text{m}}$. Da nun nach den Gesetzen der Zentralbewegung die lineare Geschwindigkeit zweier um eine Rotationsachse sich bewegender Punkte sich umgekehrt wie die Radien verhält (S. 111), so müsste eine vom Aequator auf den 60^0 versetzte Luftmasse im Verhältnis von $R : (R \,.\, \cos 60^0) = 1 : \cos 60^0 = 2$, also ums Doppelte wachsen und $2 \times 465^{\text{m}} = 930^{\text{m}}$ in der Sekunde zurücklegen. Ihre theoretische relative Geschwindigkeit wäre also $930^{\text{m}} - 232{,}_5{}^{\text{m}} = 697{,}_5{}^{\text{m}}$. Umgekehrt vermindert die von 60^0 zum Aequator versetzte Luft ihre Geschwindigkeit um die Hälfte $(= (R \,.\, \cos 60^0) : R)$, also auf $116{,}_{25}{}^{\text{m}}$. Die relative Geschwindigkeit berechnet sich in diesem Falle zu $465^{\text{m}} - 116{,}_{25}{}^{\text{m}} = 348{,}_{75}{}^{\text{m}}$, ist also nur halb so gross als bei der polwärts gerichteten Versetzung. Infolge der Reibung und Mischung mit schwächer bewegten Luftmassen kommen solche grossen Geschwindigkeiten tatsächlich gewiss nicht zu stande, aber an dem berechneten Unterschied ändert sich damit dem Wesen nach nichts.

Die beiden inneren Luftwirbel im Bereich der Tropen mit fast ausschliesslich östlichen Winden (den Passaten) am Boden und westlichen in den oberen Schichten (dem Antipassat) finden durch obige Annahmen ihre ausreichende Erklärung. In einer schmaleren Zone längs des Aequators scheinen nur Ostwinde bis in die höchsten Höhen zu bestehen, wie die bis 30^{km} in die Luft geschleuderten Aschenteile des Krakatoa-Ausbruchs 1883 beweisen, die zuerst zweimal die Erde westwärts umkreisten, ehe sie in höhere Breiten durch

---

[119]) S. die klare Gegenüberstellung der Theorien von Ferrel und Siemens durch Sprung in Meteorol. Zeitschr. VII, 1890, 162 ff. Dazu tritt die mathematische Analyse der Frage durch Oberbeck: Ueber die Bewegungserscheinungen der Atmosphäre, ebenda V, 1888, 305 ff. (Auszug a. d. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Berlin, XIV). — [120]) Sprung, Lehrbuch 1885, 200.

ostwärts gerichtete Strömungen geführt wurden[121]). Den oberen Antipassat beobachtet man ständig auf dem Pik von Tenerife (3700 m) und an Wolkenzügen, von den Aschenregen zu schweigen, den jene oberen westlichen Winde über dem Rücken des Passates hinweg von zentralamerikanischen Vulkanen nicht selten nach den westindischen Inseln tragen.

Die neuern Pilotballonaufstiege im Bereich der atlantischen Passatzone haben gezeigt[122]), dass der eigentliche Ostpassat in der Breite der Kanarien nur etwa bis zu 1000 m reicht. Darüber herrschen zunächst Nordwestwinde, die also auch dem Aequator zueilen, bei den Kanarischen Inseln bis etwa 3000 m, bei den Kapverdischen (15° N) nur bis 1800 m reichend. Erst darüber entwickelt sich der eigentliche Antipassat, zunächst noch vielfach unbeständig, um dann in Höhen von ca. 7000 m bei zunehmendem Gefäll der Schichten gleichen Luftdrucks nach N kräftiger und regelmässiger einzusetzen.

Betrachten wir nunmehr diese aussertropischen Wirbel, so erklären wir also den Befund an niedrigem Luftdruck in mittleren und höheren Breiten im Gegensatz zu den früheren Ansichten durch den Ueberschuss zentrifugaler Kräfte, welche dem Antipassat mit seiner Annäherung an die Rotationsachse innewohnt. Dieser Aequatorialstrom erhält, je weiter er gelangt, eine um so grössere (relative) Geschwindigkeit. Nach rechts auf der nördlichen, nach links auf der südlichen Halbkugel immer mehr abgelenkt, umkreist er in mächtigem Wirbel die Pole und hebt dadurch den Polarstrom der „Grundzirkulation" mehr und mehr auf[123]). Die ausserordentlich niedrigen Barometerstände in höhern antarktischen Breiten sprechen dafür, dass ein solcher Wirbel auf der südlichen Halbkugel zu weit kräftigerer Entfaltung gelangt. Man erblickt ihn dort in der Zyklone, welche mit Südwestwinden die hohen Regionen des antarktischen Kontinents umkreist[124]).

Aber mit Notwendigkeit muss ein Teil dieser polwärts eilenden Luftmassen dem Aequator wieder zufliessen. Eine dauernde Luftanhäufung im Polarwirbel ist an sich ein Unding. Von hieran scheiden sich die Ansichten der Forscher. Die einen gehen davon aus, dass der untere Teil des Aequatorialstromes beim Herabsinken eine grössere Geschwindigkeit behält, als sie den tieferen Schichten, in die er gelangt, innewohnt. Dadurch tritt im N eine Verstärkung der Rechtswendung ein. Infolge davon erhalten diese unteren Schichten eine über die reine Westrichtung hinausgehende Umlenkung. Als Westnordwest- und Nordwestströmung, wenn auch gewiss nicht mit der Schnelligkeit

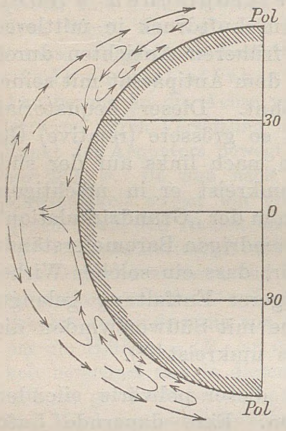
---

[121]) Pernter, Meteorol. Zeitschr. VI, 1889, 459 ff.; A. Peppler, Die Windverhältnisse im nordatl. Passatgebiet (Beitr. z. Physik d. freien Atmosphäre IV, 1910, 1 ff.). — [122]) L. Teisserenc de Bort u. L. Rotch, Étude de l'atmosphère marine par sondages aériens, Paris 1909. (Vergl. Met. Zeitschr. 1909, 427—?0); A. Peppler (a. a. O.) u. Pet. Mitt. 1912, II, 71. — [123]) Ein solcher den Nordpol umkreisender Luftstrom scheint tatsächlich durch die neueren Ballonfahrten in Mitteleuropa für Höhen von 5000 m—10000 m nachgewiesen. Vergl. Hergesell in Meteorol. Zeitschr. XVII, 1900, 26 ff. u. Taf. III. — [124]) W. Meinardus a. a. O. 329 (vergl. Anm. 110).

und Stärke von Winden, gewinnen sie damit die Möglichkeit, die Tropen wieder zu erreichen. Nun herrscht an der Erdoberfläche aussertropischer Gebiete aber doch im allgemeinen Südwest- und Westsüdwestwind entschieden vor. Dies zwingt jenen langsamen Rückstrom in mittlere Höhen, vielleicht zwischen 3000 m — 8000 m zu verlegen, wo wir von seiner Existenz allerdings durch den Zug der leichten Federwolken (Cirrus) erfahren, der vorwiegend aus Nordwest erfolgt. Die starke Reibung der Luftmassen an der Erdoberfläche hindert aber die untersten Luftschichten, der Richtung des Rückstromes zu folgen. Sie bewegen sich dem allgemeinen polaren Gradienten gemäss in westsüdwestlicher Richtung nach höheren Breiten, also etwa in derselben wie die höchsten Schichten jenseits der Wolkenbildung.

Diese Anschauungen werden von einzelnen Wolkenforschern [125]) bekämpft, welche einen solchen Rückstrom mit aequatorwärts gerichteter Komponente in den mittlern Schichten der Luft höherer Breiten leugnen, ihn vielmehr in die sehr hohen Schichten in und oberhalb der Cirrusregion verlegen. Dies ist so gedacht, dass zwischen den subtropischen Gürteln hohen Luftdrucks und dem Pol je ein mächtiger Wirbel bestehe, der nach Art der Zyklonen den Pol umkreise. In den untern Regionen nähern sich die Luftmassen als vorherrschende Südwestwinde allmählich dem Pol, in den mittlern umkreisen sie denselben regelmässig, und erst in den obersten und höchsten Schichten treten sie allmählich wieder aus dem Zentrum hinaus.

Fig. 91.



In diese Anschauungen fügt sich die Annahme, welche für die inneren sehr hoch gelegenen Anschwellungen der Antarktis das Vorhandensein innerer Antizyklone leugnet und dort vielmehr einen mit westöstlichen zyklonalen Luftströmungen begabten Luftwirbel vermutet (S. 612). Man müsste alsdann als Quelle der Feuchtigkeit, die sich als Schnee auf dem Kontinent niederschlägt und den ständigen Abfluss der Eismassen speist, westlich von den Subtropen kommende Strömungen annehmen, die in höheren Schichten über die Zone der Ostwinde hinweg, welche jenseits der subpolaren Luftdrucksfurche das Randgebiet der Antarktis, hauptsächlich auf der indisch-atlantischen Seite, beherrschen, mehr von N her in dieselbe gelangen [126]). Der Rückstrom der Luft wäre alsdann gleichfalls in die höchsten Regionen zu verlegen.

---

[125]) H. H. Hildebrandsson, Rapport sur les observations internat. des nuages au comité internat. météor., Upsala. 1903, I. Circulation générale de l'atmosphère. Vergl. Meteorol. Zeitschr. XX, 1903, 228. Hildebrandsson meint also, dass der Antipassat überhaupt die Polargrenze der Passate nicht überschreitet. — [126]) Meinardus a. a. O., Anm. 110, S. 336 ff.

Wie dem nun auch sei, diese Anschauungen eines dreifach übereinander gelagerten Systems von Luftmassen in den beiden äussern Wirbeln, wie ihn in Verbindung mit den inneren Wirbeln schematisch Fig. 91 darzustellen versucht, bereiten der Vorstellung noch Schwierigkeit, erklären aber andere Eigentümlichkeiten dieser Zonen. Zunächst ist anzunehmen, dass der sich allmählich verlangsamende Rückstrom an der Grenze der Tropen zur Erde gelangt. Dabei verliert er seine etwa noch mitgeführte Feuchtigkeit ganz, und damit würde sich die grosse Trockenheit der aus dem Hochdruckgebiet herauswehenden Passate erklären, deren Speisung hiernach nicht der direkt sich herabsenkende Antipassat allein vollführen würde. Sodann aber ist für ein Gebiet mit übereinander geschichteten Luftmassen verschiedener Strömungsrichtung und Stärke die häufige Mischung und Herbeiführung labilen Gleichgewichts wahrscheinlich, wie sie sich in der so vielfach beobachteten Bildung lokaler Zyklonen der mittleren Breiten ausspricht. Leichtere und wärmere Luft gelangt hierbei unter schwerere Schichten, steigt empor und erzeugt jene rasch wandernden Wirbel. Die Unbeständigkeit des Wetters im Gegensatz zu dem der tropischen Wirbel mit ihrem vorwiegend stabilen Gleichgewicht der Luft ist eine unmittelbare Folge jener Erscheinungen.

Die Erforschung der Wirbelbildung in der Atmosphäre bedarf sicher noch mancher Aufklärungen; fruchtbringend aber hat sich bereits die Auffassung gezeigt, dass es sich dabei vielfach um Wellenbildungen innerhalb der einzelnen Schichten handelt. Die Tatsache, dass häufig Luftmassen von verschiedener Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit scharf begrenzt übereinander lagern, ist unbestritten. Offenbar werden aber oft die Oberflächen der einen von der über sie hinziehenden durch die Reibungsstösse ähnlich in Wellenbewegung versetzt wie die Meeresoberfläche durch den Wind[128]). Bei grösserer Dauer des Reizes können diese Luftwellen gewaltige Ausdehnung auch nach der Tiefe annehmen. Wenn sie dann gelegentlich mit ihrem unteren Ende bis zur Erdoberfläche herabreichen, so können sie in der lokal ganz ruhigen Luft unerwartet grosse aber kurz andauernde Störungen hervorrufen. Für manche Stosswinde und Regenböen gibt dies eine treffliche Erklärung. Aus allem diesem geht jedenfalls hervor, dass die Bewegungen der Atmosphäre weitere Aufklärungen nur durch stete Hereinziehung der Vorgänge in den oberen Luftschichten gewinnen können.

III. Wasserdampf und Niederschläge.

§ 246. Die Verdunstung. Weitaus die bedeutendste Menge des Wasserdampfes wird der Atmosphäre durch die Verdunstung wasserhaltiger Oberflächenteile der Erde zugeführt. Sie tritt bekanntlich nur an der Oberfläche feuchter Körper auf und wächst daher im graden

[128]) Oberbecks Versuch einer graphischen Darstellung dieser verschieden grossen Ober- und Unterströme (Meteorol. Zeitschr. V, 1888, 309) ist von Hann, Allg. Erdk. 1896, 158 wiedergegeben.

Verhältnis zu dieser letzteren. Sie zeigt sich bei jeder Temperatur; auch Eis und Schnee verdunsten und können, ohne irgendwie zu schmelzen, an Ausdehnung abnehmen, ja ganz verschwinden. Die Verdunstung nimmt mit der Temperatur der Luft beträchtlich zu, sie ist daher am Tage grösser als in der Nacht, im Sommer grösser als im Winter, in der warmen Zone bedeutender als in den mittleren und polaren Breiten. Die Dämpfe treten in die Atmosphäre ein, durchdringen sie, vermindern das Gewicht der Luft, da Wasserdampf noch nicht $^2/_3$ so viel als Luft wiegt, und üben nach allen Richtungen einen Druck, eine Spannkraft auf die Luftteilchen aus, die sich bis zur äusserlich wahrnehmbaren Bewegung steigern kann. Aber sobald sie einem zu starken Druck begegnen, gehen sie sofort in tropfbar flüssige oder feste Form über und scheiden aus der Atmosphäre aus. Demnach muss es für die Verdunstung eine Grenze geben, einen Zustand der Luft, wo sie nicht mehr Wasserdampf aufzunehmen vermag, sondern mit diesem vollkommen gesättigt ist. Der Dampf übt alsdann das Maximum seines Druckes aus. Dieser Sättigungszustand steht in enger Abhängigkeit von der Temperatur der Luft. Erhöht sich diese, so kann die Luft noch weiter Wasserdampf aufnehmen, ehe sie von neuem gesättigt ist, erniedrigt sie sich, so muss ein Teil desselben ausgeschieden werden. Die Stärke der Verdunstung hängt also auch von dem jeweiligen Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab. Je trockner sie ist, um so rascher wirkt die Verdunstung. Bei ruhiger Luft tritt Sättigungszustand eher ein, die Verdunstung stockt; wenn dann Luftbewegungen die bereits gesättigten Luftmassen von der Quelle der Verdunstung entfernen, sodass trocknere an ihre Stelle treten, wird sie wieder in Gang gesetzt. Im Winde trocknet alles rascher und bei Landwinden ist die Verdunstung im allgemeinen weit grösser als bei feuchten Seewinden. Man erkennt also, dass sich hierbei Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in gewissem Sinn einander entgegentreten.

Die Versuche, die Grösse der Verdunstung durch die Abnahme des Wassers in offenen Gefässen zu bestimmen, hat bei der Schwierigkeit der Aufstellung unter gleichen Bedingungen des Schutzes (auch gegen seitliche Erwärmung des Gefässes) und des Luftzutritts heute noch zu kaum vergleichbaren Resultaten geführt[129]). Freie Wasserflächen scheinen jedenfalls mehr als feuchter Festboden zu verdunsten und Bedeckung des Bodens mit lebenden Pflanzen befördert die Verdunstungsmenge. Salzwasser verdunstet ferner langsamer als Süsswasser[130]). Man hat unter diesen Umständen vorgezogen, die Grösse der letzteren für grössere Landstriche aus dem Ueberschuss der Niederschläge über die von Flüssen fortgeschafften Gewässer zu bestimmen. Wir kommen auf das Verfahren zurück (S. 630). Der gesamte Ueberschuss der Niederschläge über die Abflussmengen fällt übrigens kaum der Verdunstung anheim, da zur Speisung der Quellen und des Grundwassers, sowie zum Aufbau und zur Erhaltung der Vegetationsdecke ein freilich nicht näher bestimmbarer Anteil verbraucht oder jedenfalls eine zeitlang aufgespeichert wird.

---

[129]) E. Mazelles Beobachtungen s. im Geogr. Jahrb. XXIV, 1901, 97. — [130]) Neuere Versuche auf Schiffen haben etwa 50 cm im Jahr für den südatlantischen Ozean ergeben (Annalen d. Hydrogr. XXXVIII, 1910, 270).

Der Dampfdruck. Als Mass für den in der Luft jeweilig befindlichen Wasserdampf wählt man entweder die Quantität (in Grammen) des zu Wasser kondensierten Dampfes, der in einem Kubikmeter enthalten ist, oder den Dampfdruck (in Millimetern), auch Dunstdruck genannt, gemessen durch die Höhe einer Quecksilbersäule, die der Spannkraft des Dampfes die Wage hält. Es ist aber festzuhalten, dass hierdurch nicht wie beim Luftdruck der Druck des gesamten über uns in der Atmosphäre befindlichen Wasserdampfes gemessen wird, sondern nur die nach allen Seiten wirkende Spannkraft der in der Umgebung des Instrumentes befindlichen Dämpfe.

Die Beobachtungen haben nun ergeben, dass der Dampfgehalt gesättigter Luft rascher zunimmt als die Temperatur. Der Zufall will es, dass im metrischen Masse der Ziffernwert beider oben genannten Masse fast der gleiche ist. Es beträgt bei einer bestimmten Temperatur der Maximaldampfdruck (e) [131]) und das Maximum der Dampfmenge in 1^{kbm} (q) [132]):

Temperatur . .	-20^0	-10^0	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0
Dampfdruck *(e)*.	$1{,}_0{}^{mm}$	$2{,}_2{}^{mm}$	$4{,}_6{}^{mm}$	$6{,}_6{}^{mm}$	$9{,}_2{}^{mm}$	$12{,}_7{}^{mm}$	$17{,}_4{}^{mm}$	$23{,}_6{}^{mm}$
Dampfmenge *(q)*	$1{,}_{04}{}^{gr}$	$2{,}_3{}^{gr}$	$4{,}_9{}^{gr}$	$6{,}_8{}^{gr}$	$9{,}_4{}^{gr}$	$12{,}_7{}^{gr}$	$17{,}_2{}^{gr}$	$22{,}_8{}^{gr}$

Der Dampfdruck ist es zunächst, den wir durch das Psychrometer messen. Daraus ergibt sich das einer bestimmten Spannkraft in Millimetern *(e)* entsprechende Gewicht des Wasserdampfes in Grammen, welches in 1^{kbm} enthalten ist, durch die Formel

$$q = 0{,}_{622} \cdot \frac{1293}{(1+\alpha \,.\, t)} \cdot \frac{e}{760} = \frac{1{,}_{058}}{(1+\alpha \,.\, t)} \cdot e$$

worin $0{,}_{622}$ das spezifische Gewicht des Wasserdampfes, $\alpha = 0{,}_{00367}$ der Ausdehnungskoeffizient der Luft (S. 595), t die mittlere Temperatur der Luft ist. Also ist z. B. für $t = 5^0$, wobei $e = 6{,}_6{}^{mm}$ (s. o.), die Dampfmenge $q = 6{,}_8{}^{gr}$ aus $1{,}_{058} \times 6{,}_6 : (1 + 0{,}_{00367} \times 5)$.

Hiernach darf man in aequatorialen Breiten bei einer Temperatur von $26^0 - 28^0$ C und fast fortwährender Berührung der Luft mit Wasser einen der Sättigung nahen Feuchtigkeitsgrad erwarten, einen Dampfdruck also von 25^{mm}; in den Tropen im allgemeinen einen solchen von 20^{mm}. In unseren Breiten ist er im Juli $10 - 12^{mm}$, im Januar $5 - 6^{mm}$ und in den Polargebieten, wo die Temperatur so häufig unter 0^0 C sinkt, meist nur $2 - 3^{mm}$. Der jährliche Gang des Dampfdrucks folgt eng demjenigen der Temperatur. Die Jahresschwankung ist im Tropenklima $(2 - 3^{mm})$ kleiner als im Seeklima $(5 - 6^{mm})$; im Innern der Kontinente steigt sie bis auf $9 - 10^{mm}$ (Sibirien).

Mit der Höhe geht die Abnahme des Dampfdruckes der Luft rasch vor sich, viel rascher als die des Luftdruckes. Indem man für die bei Gebirgsersteigungen und Ballonfahrten tatsächlich gefundene

[131]) Jelinek, Anleitung (S. 560), II, 1895, S. 12, für $t = -20^0$ bis $+45^0$. — [132]) Daselbst S. 14, für $t = -20^0$ bis $+39^0$. — [133]) Hann fand (Zeitschr. d. Oesterr. Gesellsch. f. Meteorol. IX, 1874, und bes. Meteorol. Zeitschr. XI, 1894, 194, als eine den Beobachtungen gut folgende Formel

$$e = e_0 \,.\, 10^{-\frac{h}{6500}} \text{ oder } \log e = \log e_0 - \frac{h}{6500}$$

Eine Tafel für diesen Koeffizienten gab er Oesterr. Zeitschr. f. Meteorol. XIX, 1884, 234[a].

Abnahme des Dampfdruckes eine Formel aufstellte[134]), fand man (für den Luftdruck vergleiche die Werte von S. 597):

Höhe	Dampfdruck	Luftdruck	Höhe	Dampfdruck	Luftdruck
0 m	e_o	p_o	5000 m	$0{,}17 \cdot e_o$	$0{,}54 \cdot p_o$
1000 m	$0{,}70 \cdot e_o$	$0{,}88 \cdot p_o$	6000 m	$0{,}12 \cdot e_o$	$0{,}47 \cdot p_o$
2000 m	$0{,}49 \cdot e_o$	$0{,}78 \cdot p_o$	7000 m	$0{,}08 \cdot e_o$	$0{,}42 \cdot p_o$
3000 m	$0{,}35 \cdot e_o$	$0{,}69 \cdot p_o$	8000 m	$0{,}06 \cdot e_o$	$0{,}37 \cdot p_o$
4000 m	$0{,}24 \cdot e_o$	$0{,}61 \cdot p_o$	9000 m	$0{,}05 \cdot e_o$	$0{,}32 \cdot p_o$

Im allgemeinen hat man hiernach in 2000 m schon die halbe Dampfmenge der Atmosphäre unter sich, in 6500 m schon $^9/_{10}$ derselben. Die oberen Luftschichten sind äusserst dampfarm. Schon daraus geht hervor, welche Schranken die höheren Gebirge für den Austausch der Luftfeuchtigkeit haben müssen. Eine weitere Berechnung[132]) ergibt, dass bei einem Dunstdruck von 10 mm an der Erdoberfläche eine Luftsäule von 1 qm Querschnitt etwa 28 kg Wasserdampf enthält, eine gegen das mittlere Gewicht der Luftsäule (10333 kg, S. 561) also verschwindende Grösse, nämlich nicht viel über $^1/_4$ Prozent des letzteren.

§ 247. Die Feuchtigkeit der Luft[135]) ist ein äusserst wichtiger klimatischer Faktor. Man hat daher vielfach nach geeigneten Ausdrücken für den Grad der Feuchtigkeit gesucht. Unter diesen bezeichnet die absolute Feuchtigkeit nichts anderes, als die tatsächlich im Einzelmoment in der Luft vorhandene Dampfmenge (q) oder den Dampfdruck (e). Sie sagt uns aber nichts über die Wirkung der vorhandenen Feuchtigkeit auf den Organismus. Um die Begriffe „trocken" und „feucht", die uns aus unseren Empfindungen verständlich sind, näher zu bemessen, muss der vorhandene Wasserdampf zur jeweiligen Temperatur in Beziehung gesetzt werden. Man versteht dann unter relativer Feuchtigkeit das Verhältnis (den Quotienten) zwischen dem beobachteten Dampfdruck (e) und dem der Temperatur zukommenden Maximaldruck (e_m), ausgedrückt in Prozenten.

Bei 15° C ist das Maximum des Dampfdruckes $e_m = 12{,}7$ mm (s. o. Tabelle). Findet man bei der Beobachtung nur $e = 7$ mm, so ist

$$\text{die relative Feuchtigkeit } \frac{e}{e_m} \cdot 100 = \frac{700}{12{,}7} = 55\,\%.$$

Die relative Feuchtigkeit drückt also aus, dass die Luft trockner wird, wenn ohne neue Dampfzufuhr die Temperatur steigt; jene nimmt alsdann ab, weil der Nenner ihres Zahlenausdrucks, der die Aufnahmefähigkeit bezeichnet, wächst.

---

[134]) Hann (a. a. O. 1874, 199) findet für das Gewicht des Wasserdampfes, Q in Kilogrammen in einer Luftschicht von der Mächtigkeit von h Meter

$$Q = \frac{0{,}001058}{1 + \alpha . t} \cdot e_o \cdot 2830 \left(1 - 10^{-\frac{h}{6500}}\right).$$

Für die ganze Atmosphäre wird die Klammergrösse = 1 und alsdann der Wassergehalt $= e_o \cdot 2830$ Kilogramm, also $= 0{,}010 \times 2830 = 28{,}3$ kg bei $e_o = 10$ mm. Für die nach 100 m fortschreitenden Werte von h ist der hinter e_o stehende Faktor berechnet in Oesterr. Zeitschr. f. Meteorol. XIX, 1884, 234a. — [135]) Hann, Handbuch d. Klimatologie I, 1908, 44 ff.

Im Laufe des Tages unterliegt die relative Feuchtigkeit grossen Veränderungen. Trotzdem der absolute Dampfgehalt in der Luft am Tage grösser als in der Nacht, im Sommer grösser als im Winter ist, ist die relative Feuchtigkeit am Tage und im Sommer kleiner als in den entsprechenden Gegenzeiten. Ein allzugeringes Mass der letzteren, wie es bei heissen Wüstenwinden (selbst unter 10 %) oder bei Föhnwinden (meist 20 % — 25 %, ja bis 15 %[136]) nicht selten auftritt, ist den Organismen schädlich, da es ihnen zu rasch alles Wasser entzieht. Aber ebenso wird eine Ueberfülle der Feuchtigkeit, welche die natürliche Ausdünstung des Körpers hemmt, schwer ertragen. Wir nennen die Luft in diesem Falle bei gleichzeitiger hoher Temperatur schwül, sie wirkt in den Tropen im hohen Grade erschlaffend auf den Europäer. Im Winter erträgt der Mensch die grössten Kältegrade leicht, wenn es wie in Sibirien oder Grönland zugleich trocken ist. Wo aber in polaren Gegenden feuchte Seewinde herrschen und also die relative Feuchtigkeit hoch ist, da leidet der Mensch, auch wenn die Kälte noch nicht allzu gross ist, an dem durchdringendsten Kältegefühl.

Ueber dem Meer ist die relative Feuchtigkeit ohne grosse Schwankungen meist 75—80 %. In Deutschland[137]) ist sie im Juli etwa 70—75 % (an der Küste 80—85 %), im Januar meist 85—90 % und mehr; die absolute Feuchtigkeit ist hier dagegen im Mittel des Juli 10—12 mm, im Januar nur 3—5 mm. Landeinwärts zeigt sich im Sommer eine starke Abnahme der relativen Feuchtigkeit. In Greenwich beträgt sie dann 77 %, in Uralsk nur 42 %, wogegen im Winter der Unterschied wenig bemerklich ist.

Mit der Höhe wächst die relative Feuchtigkeit infolge der raschen Temperaturabnahme, sodass in einer gewissen Höhe die Luft sehr feucht erscheint. Sie ist dort dem Sättigungspunkte nahe, was für die Frage der Regengürtel an den Gebirgen von Bedeutung ist (S. 633). Erst in höheren Regionen wird die Luft wieder beträchtlich trockener vermöge des geringen Vorrats an Dampf überhaupt.

Mehrfach hat man neben der relativen Feuchtigkeit auch das Sättigungsdefizit[138]), also die Differenz zwischen der der Temperatur entsprechenden Aufnahmefähigkeit der Luft (e_m) und dem beobachteten Dampfdruck (e) als geeigneteren Ausdruck für die Feuchtigkeit vorgeschlagen; dies trifft jedoch nur in Einzelfällen zu. Eine gleichzeitige Kenntnis der Temperatur erfordert das Sättigungsdefizit zum Verständnis, ob man es mit mehr oder weniger feuchter Luft zu tun hat, noch dringender als die relative Feuchtigkeit[139]).

Unter dem Taupunkt versteht man diejenige Temperatur, unter welcher die in der Atmosphärenschicht vorhandene Dampfmenge sich zu Wasser niederschlagen muss. Bei gesättigter Luft entspricht also die jeweilige Lufttemperatur gleichzeitig dem Taupunkt. Eine minimale Erniedrigung derselben führt zur Ausscheidung von Regen. Je feuchter die Luft, je grösser die relative Feuchtigkeit, um so weniger

---

[136]) H. Meyer, Meteorol. Zeitschr. IV, 1887, 120. — [137]) H. Meyer, Meteorol. Zeitschr. II, 1885, 161. — [138]) H. Meyer, Anleitung (S. 560), 1891, 101 ff. — [139]) Hann, Die Luftfeuchtigkeit als klimatischer Faktor (Wiener Klin. Wochenschr. 1889 und Handb. d. Klimatologie, 1897, I, 57 ff.).

braucht die Temperatur zu sinken, damit das Wasser tropfbar flüssig wird; je trockener die Luft, um so tiefer liegt der Taupunkt unter der Lufttemperatur.

Bei 10° C und 50% relativer Feuchtigkeit wird der Taupunkt erst bei 0° C liegen. Denn da gesättigte Luft von 10° C nur $9,_4$ gr Wasserdampf im kbm enthalten kann, der einem Maximaldruck von $9,_2$ mm die Wage hält, so verhält sich $50 : 100 = x : 9,_2$ mm, also ist $x = 4,_6$ mm. Es entspricht aber nach der Tabelle (S. 623) $4,_6$ mm einem Maximaldruck bei 0°. — Ebenso beginnt Wasserausscheidung bei 20° und 90% Feuchtigkeit schon, wenn die Temperatur ein wenig unter $18,_3$° sinkt; denn aus $90 : 100 = x : 17,_4$ mm folgt : $x = 15,_{66}$ mm und dies entspricht einem Maximaldruck bei $18°,_3$ C.

Man bestimmt die Luftfeuchtigkeit u. a. durch das Psychrometer. Dasselbe besteht aus zwei gleichartigen Thermometern, von denen die Kugel des einen mit einer feinen Musselingaze umhüllt ist, welche durch einen Fortsatz in einen Wasserbehälter taucht und die Kugel damit feucht erhält. Die Verdunstung am benetzten Thermometer entzieht diesem Wärme, sodass es im allgemeinen einen niedrigeren Stand als das trockene haben wird. Der erstere entspricht dem Taupunkt der gesättigten Luft, dessen zugehöriger Maximaldampfdruck aus Tabellen wie S. 633 gefunden werden kann. Je grösser die psychrometrische Differenz zwischen beiden Thermometerständen ist, um so grösser wird der Abzug sein, den man am jeweiligen Maximaldampfdruck machen muss, um den tatsächlich vorhandenen zu finden. Solche Abzugstafeln sind gleichfalls berechnet worden[140]).

§ 248. Formen der Niederschläge. Die Ausscheidung des Wasserdampfes aus der Atmosphäre ist immer durch eine Temperaturerniedrigung der Luft bedingt; diese kann auf verschiedene Weise erfolgen.

Wenn wärmere feuchte Luft mit kalten Flächen fester Stoffe in Berührung tritt, beschlagen letztere mit winzigen Wassertröpfchen. Dasselbe findet bei der Bildung von Tau und Reif statt. Es sind dies Niederschläge, die ausschliesslich durch die starke Abkühlung des Bodens (infolge der Ausstrahlung während der Nacht) bedingt sind, diesem aber auch anhaften, sodass eine Trübung der untersten Luftschichten nicht eintritt. Reif ist nichts anderes als gefrorener Tau, bildet sich also erst, wenn sich der Boden unter den Gefrierpunkt abkühlt. Da lebende Pflanzen stark verdampfen, wird der Tau besonders über bewachsenem Boden auftreten. — Plötzlicher Umschlag der Witterung bedingt den Rauhfrost, das Glatteis und ähnliche Erscheinungen, sobald die stark abgekühlte Erdoberfläche von einem wärmeren Luftstrom bestrichen wird.

Kühlt sich der Boden rasch durch Ausstrahlung in heiteren Nächten ab, während die Luft warm und feucht war, so bilden sich dichte Bodennebel von geringer Höhe, wie sie auf Talflächen und Wiesengründen oft beobachtet werden. In ähnlicher Weise erklären sich die weit verbreiteten Polarnebel durch ein Hinstreichen wärmerer Seewinde über stark abgekühlte Teile des Erdbodens. Durch Bildung unzähliger hohler Wasserbläschen wird der im Wind enthaltene

[140]) Jelinek a. a. O., S. 560, II, 1895, S. 19 ff.; Kunze, Meteorol.-hypsometr. Tafeln, Dresden 1875.

Wasserdampf auf diese Weise erst sichtbar, sobald die Abkühlung eintritt. Die gefürchteten Nebel über der Neufundlandbank erreichen ihre südliche Grenze etwa unter 44° Br., weil hier die kalte Unterlage des Labradorstroms endigt. Nebelreich sind aus ähnlichem Grunde die subtropischen Westküsten der Kontinente mit ihren kalten Strömungen und Auftriebgewässern (S. 557), vor allem das Peruanische Küstenmeer mit seinen äusserst feinen Niederschlägen (Garúas). Umgekehrt tritt die gleiche Erscheinung ein, wenn kalte Luftströmungen plötzlich über wärmere Flächen hineinbrechen, über welchen die Atmosphäre sich mit Wasserdampf gesättigt hatte. Dahin gehören die Abendnebel in Flusstälern, über Mooren und Wiesen, die Küstennebel Norwegens, sobald die Windrichtung in eine nördliche umspringt etc.

Was wir Wolken nennen, unterscheidet sich der Zusammensetzung nach in nichts von dem Bodennebel; sie treten nur weit häufiger auf, weil in höheren Luftschichten sich die Ursachen zur Kondensation des Wasserdampfes vermehren. In geringem Masse erfolgt diese durch Mischung temperierter Luftmassen, die wichtigste Veranlassung bietet der aufsteigende Luftstrom. Nach dem früher Dargelegten (S. 579) ist hierbei nicht so sehr die Erhebung der feuchten Luft in höhere und kältere Regionen an sich massgebend als ihre Abkühlung infolge der Ausdehnung. Dadurch wird ihr innere Wärme entzogen und sie dem Taupunkt näher geführt. Je trockener die Luft ist und je wärmer sie an der Oberfläche der Erde war, um so höher liegt die Region, in welcher der Taupunkt erreicht wird. Daher die sehr verschiedene Höhe der Wolken, das Auf- und Niederschweben derselben. Das Ruhen der Wolken an Bergspitzen oder Bergkämmen trotz starker Windbewegung ist nur scheinbar; es erklärt sich daraus, dass die feuchte Luftmasse, die beim Emporsteigen an der einen Seite Nebel bildet, auf der anderen Seite beim Herabsinken erwärmt wird und damit die Wasserbläschen sich wieder verflüchtigen.

Man unterscheidet unter den Wolken verschiedene Formen[141]), denen auch durchschnittlich eine gewisse Höhenschicht zukommt, in welcher sie auftreten[142]). Die Federwolken (Cirri) der höchsten Regionen (mittlere Höhe 7000 m—11000 m) bestehen aus weissen Nebeln von Schneekrystallen und unterscheiden sich sehr deutlich von den Haufenwolken (Cumuli), der Hauptform der Sommerwolken in warmen Landstrichen (1400 m—2000 m). Werden diese durch Wind verschiedener Geschwindigkeit in den einzelnen Höhen streifenförmig auseinandergezogen, so bezeichnet man diese als Schichtwolken (Stratus). Die dichte formlose Regenwolke heisst Nimbus und findet sich meist in Höhen von 1500 m—2000 m. Diese Formen treten nicht

[141]) Wolkenatlas in 12 Tafeln von Hildebrandsson, Köppen u. Neumayer, Hamburg 1890; Hildebrandsson, Riggenbach u. Teisserenc de Bort, Atlas international des Nuages, Paris 1896, 2. Aufl. 1910, 4°, 14 Tafeln. — [142]) S. die Zusammenstellungen in Hann, Lehrb. d. Meteorol. 1901, 272.

selten vereint auf, sodass man von Cirro-cumulus (6000 m — 7000 m), Strato-cumulus (2000 m — 3000 m) etc. spricht.

Die Bewölkung. Klimatisch haben die Wolken in ihrem geselligen Auftreten eine hohe Bedeutung, denn sie lagern sich oft tagelang über den gesamten Horizont und beeinträchtigen die Insolation ebenso sehr, wie sie eine freie Ausstrahlung der Bodenwärme hemmen. Den Anteil des Himmels, der durch die Bewölkung bedeckt ist, abschätzend — meist nach Zehnteln der Himmelsfläche — zieht man die Zahl der ganz heiteren, halb u. s. f. heiteren, bedeckten Tage mit zur Charakterisierung des Klimas heran. Durch Isonephen oder Linien gleichen Bewölkungsgrades kann man die mittlere Bewölkung auch kartographisch niederlegen [143]). In aequatorialen Breiten reichlich die Hälfte des Jahres anhaltend, sinkt die durchschnittliche Bewölkung in den Zonen hohen Luftdrucks beträchtlich herab, um dann wieder polwärts zu steigen. Die Südhemisphäre ist in den höheren Breiten vermöge ihrer Wasserbedeckung stärker bewölkt als die nördliche. Trockene Wüstenstriche zählen bis zu 250 und mehr ganz heitere Tage im Jahre. Der trockene Mittelmeer-Sommer lässt an der nördlichen Adria die Bewölkung nur 28 % (im Jahresmittel 40 %) erreichen, während sie an der norddeutschen Küste bis auf 60 % (im Jahresmittel 66 %) steigt [144]). Die Leeseite der Gebirge zeigt weit geringere Bewölkung als die Luvseite, besonders wenn letztere von feuchten Seewinden getroffen wird.

Der tropfenförmige Niederschlag oder Regen geht unmerklich aus den Nebelbläschen hervor, bildet anfänglich äusserst feine, im Fallen rasch wachsende Tropfen, die aber den Erdboden nicht immer erreichen. Denn oft ruhen unter den Wolken wärmere Schichten, in denen sich nicht nur die Nebel, sondern auch die Regentropfen wieder auflösen. Ist die Luft durchweg kalt wie bei uns im Winter und auf höheren Bergen auch im Sommer, so nimmt der Wasserdampf die Form der Schneekrystalle an, die sich gelegentlich zu kleinen Körnchen zusammenballen. Und wenn sich diese durch eine recht wasserdampfreiche Schicht hindurch bewegen, setzen sich von unten beim Fallen Eisschalen an und stürzen als Hagelkörner herab. Rasche Abkühlung solcher Luftmengen scheint Haupterfordernis, daher Hagelschläge bei uns meist im Mai und Juni erfolgen.

Gewitter mit heftigem Platzregen haben ihre hauptsächlichste Ursache in der Ueberhitzung der unteren Luftschichten und deren rasch sich entwickelnder aufsteigender Bewegung. Daher ist bei uns der Sommer reich an solchen, und in aequatorialen Gegenden entwickelt sich in den sog. Regenzeiten fast täglich ein Gewitter am Nachmittag, während frühmorgens die Luft hell und klar ist. Zieht eine grosse Zyklone über ein Gebiet hinweg, so ist die aequatoriale

---

[143]) Zuerst für die ganze Erde und alle Monate von Teisserenc de Bort versucht. Annales du Bureau centr. météor. de France. 1884, Tome IV, 4°, Paris 1886, 13 Tafeln; s. Geogr. Jahrb. XIII, 1889, 54; danach Jahresmittelkarte in Hann, Allg. Erdk. 1896, 201. — [144]) Elfert, P., Karte der Isonephen in Mitteleuropa; Pet. Mitt. 1890, Taf. 11, 1 : 5 000 000.

Seite desselben durch weitverbreitete Gewitter bezeichnet. Viel seltener sind Wintergewitter, und vorzugsweise werden diese im milden Seeklima beobachtet; hier besorgen Wirbelstürme die Aufwärtsbewegung der Luft.

§ 249. Die Menge der Niederschläge. So gross die Bedeutung des Taues und Nebels im Haushalte der Natur für viele Gegenden der Erde ist, so besitzen wir doch bis jetzt kein Mittel, diese quantitativ zu bestimmen. Anders bei Regen und Schnee. Das Emporsteigen feuchter Luftmassen ist, wie wir sahen, die Hauptquelle dieser Niederschläge und ihrer Vorboten, der Wolken.

Regenhöhe. Die Menge der wirklich zur Erde niederfallenden gröberen Niederschläge bestimmt man nach der Höhe der Wasserschicht, welche im Laufe der Beobachtungszeit (eines Gewitters, einer Stunde, eines Tages, Monats, Jahres etc.) die Flächeneinheit bedecken würde, ohne dass das Wasser durch Abfluss oder Verdunstung während dieser Zeit Verluste erlitte. Man nennt dies die Regenhöhe. Diejenige eines Monats, Jahres etc. wird durch Summation der Einzelbeobachtungen während dieser Zeit gewonnen.

Als Regenmesser benutzt man meist Zylinder von nicht grösserer Oeffnung als 200 ^{qcm}. Ein Trichter im Inneren schützt gegen Verdunstung. Schnee wird dabei nur mit der aus ihm durch Schmelzung gewonnenen Wassermenge in Rechnung gestellt. Wichtig ist für den frei aufgestellten Regenmesser Windschutz, weil starker Wind feinen Regen und Schnee in beträchtlichen Mengen am Einfall in den Regenmesser hindert.

Theoretisch lässt sich berechnen, welchen Anteil gesättigte Luft an Wasserdampf abgeben muss, sobald sie eine bestimmte Höhe erreicht. Gesetzt es steige aus tropischem Meere gesättigte Luft von 25° C bis 2000 m in die Höhe[145]), so kühlt sie sich auf etwa 17° C ab (d. h. nur um etwa 8°, weil die thermische Höhenstufe bei so hoher Anfangstemperatur im Mittel zu 250 m für 1° [= $0°,_4$ für 100 m] angenommen werden muss[146]). Der Maximalgehalt an Wasserdampf beträgt bei 25° zwar $22,_8$ gr pro kbm, bei 17° nur $14,_4$ gr (S. 623). Es müssten hiernach $8,_4$ gr ausgeschieden werden. Indessen hat sich die Luftmasse bei dem Aufstieg um 26% ausgedehnt[147]), sodass jedes ursprüngliche Kubikmeter jetzt

[145]) Hann, Allg. Erdk., 1896, 179. — [146]) Hanns Tabelle der Temperaturabnahme gesättigter aufsteigender Luft bei ruhender Atmosphäre mit der Höhe; (Oesterr. Zeitschr. f. Meteorol. IX, 1874, 328), und Sprung, Lehrb. 1885, 177. — [147]) Die Dichte der trockenen Luft, deren spezifisches Gewicht bei 0° C und 760 mm Luftdruck = $0,_{001293}$ (Wasser bei 4° C = 1) ist, berechnet sich unter anderen Temperatur- und Druckverhältnissen nach der Formel

$$D = \frac{0,_{001293}}{1 + \alpha . t} \cdot \frac{B_1}{760} \qquad (1)$$

worin α = der Ausdehnungskoeffizient der Luft = $^1/_{273}$ = $0,_{00367}$ ist. Daraus wird D_0 am Meeresspiegel (B_0 = 760) bei einer Mitteltemperatur t = 21° C zu $0,_{00120}$ gefunden. Ferner berechnet sich aus der barometr. Höhenformel (S. 596)

$$2000\,\text{m} = 18400 \log \frac{760}{B_1} (1 + 0,_{00367} . 21) \qquad (2)$$

der mittlere Barometerstand (B_1) in der Höhe von 2000 m bei 21° C Mitteltemperatur zu 602 mm. Mit diesem Wert erhält man aus (1) die Dichte in der Höhe $D_1 = 0,_{00095}$. Also da die Volumina sich umgekehrt wie die Dichten verhalten, sodass $V_0 : V_1 = D_1 : D_0 = 0,_{00095} : 0,_{00120} = 100 : 126$ ist, hat sich die Luft um 26% ausgedehnt.

nicht $14,_4$ gr, sondern $18,_1$ gr Wasserdampf festhalten kann. Die Ausscheidung beschränkt sich also auf $4,_7$ gr ($= 22,_8$ gr $- 18,_1$ gr) pro kbm. Soll hieraus ein erklecklicher Niederschlag entstehen, so muss ein dauernder Aufstieg der Luft erfolgen und eine mächtigere Schicht das Niveau von 2000 m passieren. Eine einmalige völlige Dampfentleerung der über einem Landstrich befindlichen Atmosphäre würde jedenfalls nicht entfernt hinreichen, diesem so grosse Regenmengen zuzuführen, wie sie oft in kurzer Zeit beobachtet sind. Nehmen wir den Dampfdruck zu 10 mm an, so ward früher (S. 624) das Gewicht des in einer Einheitssäule von 1 qm Querschnitt befindlichen Wasserdampfes zu 28 kg angegeben. Dies entspricht einer Regenhöhe von 28 mm (28000 gr : 10000 qcm). Nun sind es ja immer nur gewisse Schichten der Atmosphäre, die zum Regen gezwungen werden. Somit ist ein ergiebiger Regen nur möglich, wenn fortwährend ein mächtiger Strom gesättigter Luft mit grosser Geschwindigkeit über ein Gebiet hinweht.

Herkunft des Regens auf der Landfläche[148]). Während man bisher die Dampfmassen, welche die Luftströmungen von der Meeresfläche abheben, als wesentlichste Quelle der Niederschläge auf dem Lande angesehen hat, mehren sich die Stimmen, welche in der über letzterem aufsteigenden Verdunstung die reichlicheren Regenspender erblicken.

Zu diesem Schluss führte die Erfahrung, dass oft in grosser Entfernung vom Meere beträchtliche Niederschläge erfolgen, die unmöglich in diesem Betrage durch die Winde von den fernen Küsten herbeigeführt werden können. Schon oben (S. 622) ist auf den Mangel genauer Bestimmungen der Dunstmenge über grösseren Landflächen hingewiesen. Zwar liegen einige Schätzungen vor, die sämtlich zu dem Ergebnis kommen, dass in klimatisch feuchteren Gegenden auch die Verdunstung grösser ist als in Trockengebieten, und dass ebenso das wärmere Klima sie befördert. Ein vom Regen eben benässter Boden führt auf dem Wege der Verdunstung auch der Luft sofort wieder Wasserdampf zu, aber da auf nacktem Boden der Abfluss rasch erfolgt, wird die Menge des verdunsteten Wassers auf solchem weit geringer sein als auf bewachsenem. Bei reichlicher Vegetation greift die Verdunstung tiefer in den Boden hinein, indem die Pflanzenwurzeln das Wasser heraufbefördern.

Um zu bestimmtern Werten zu gelangen, ist man neuerdings von dem Gedanken ausgegangen, dass im Durchschnitt der Jahre die Wassermenge, welche dem Meere entnommen von den Winden nach dem Lande getragen und dort niedergeschlagen wird, ersterem durch die Flüsse wieder zugeführt wird, sodass sich also ein Gleichgewicht zwischen dieser Meereszufuhr und der Abflussmenge herstellt. Der Ueberschuss der Niederschlagsmenge über die Abflussmenge würde dann der Verdunstung vom Lande zuzusprechen sein. Die Abflussmenge ist durch sorgfältige Messungen immerhin leichter an allen das Land durchziehenden Flüssen zu bestimmen als die Menge des verdunstenden Wassers.

Eine derartige Untersuchung[149]) hat für Mitteleuropa ergeben, dass von der Niederschlagsmenge bezw. -höhe dem Boden $37\,^1/_2\,\%$ durch Abfluss, $62\,^1/_2\,\%$ durch Verdunstung wieder entzogen werden. Freilich zeigen sich beträchtliche Unterschiede, wenn man die in Betracht gezogenen Flussgebiete nach den ver-

---

[148]) Ed. Brückner, Die Herkunft des Regens, Vortrag, Verh. d. VII. Intern. Geogr.-Kongr. Berlin, II, u. Geogr. Zeitschr. VI, 1900, 89—96. — [149]) H. Keller, Niederschlag, Abfluss und Verdunstung in Mitteleuropa (Jahrb. f. Gewässerkunde, Bes. Mitt. Bd. I. Nr. 4, Berlin 1906 und in fast vollständigem Auszug in Geogr. Zeitschr. XII, 1906), eine in methodischer Hinsicht bedeutsame Arbeit.

schiedenen Bedingungen der Kondensation des ozeanischen Wasserdampfes ordnet d. h. nach der Lage zum Meere und den Regenwinden, deren Erhebungen und der gesamten Höhenlage. Während in den Flachlandsgebieten (mit 460—700 mm Niederschlagshöhe) nur 20—40 % auf den Abfluss (also die Meereszufuhr als Herkunftsort) entfielen, erhob sich diese Zahl bei steigendem Niederschlag in den Gebirgsgebieten auf 26—45 %, in den Hochgebirgsgebieten (Donauzuflüssen) auf 62—73 %[150]). Hier im Hochgebirge kommt also nicht nur die starke Kondensation des herbeigeführten Wasserdampfes, sondern auch das weit steilere Gefälle, das den Abfluss befördert, in Betracht. Eine Schätzung der Abflussquote für die Gesamterde, hergenommen von 52 Flussgebieten, gelangt zu 30 % der Niederschlagsmenge (S. 634).

Die Bedeutung des Waldes für den Regen ist eine Frage, die noch immer in sehr verschiedenem Sinne beantwortet wird[151]). Es kann nun keinem Zweifel unterliegen, dass eine mit Wald bestandene Fläche der Luft bedeutende Quantitäten Wasserdampf zuführt. Als ein neuer Beweis gilt der Umstand, dass in Waldflächen das Grundwasser tiefer zu stehen pflegt, als auf freiem Felde[152]). Aber die Abkühlung der Luft, die damit verbunden ist, reicht doch im allgemeinen nicht aus, ihr den Dampf in Form von Niederschlägen wieder zu entziehen. Es kommt daher die betreffende Masse des Wasserdampfes keineswegs immer den Gegenden selbst, in denen sich die Waldflächen ausdehnen, zu gute, vielmehr verfrachtet der Wind die Dämpfe, um sie in leewärts gelegene Landstriche zu tragen.

Regenwahrscheinlichkeit. Klimatisch hat neben der Wassermenge, welche die Niederschläge bringen, die Häufigkeit ihres Eintretens Bedeutung. Auf dem Meere lassen sich dauernde Beobachtungen der Regenhöhe überhaupt nicht anstellen. In beiden Fällen greift man zur Bestimmung der Regenwahrscheinlichkeit, indem man die Anzahl der Tage, an welchen Regen fällt, in Beziehung setzt zur Zahl der Tage einer Beobachtungsperiode. Die monatliche Regenwahrscheinlichkeit eines Landstrichs von $0{,}_{20}$ oder 20 % deutet also an, dass es dort nur an 6 Tagen im Monat zu Niederschlägen kommt.

Die Veränderlichkeit der Regenmenge in den einzelnen Jahren ist für viele Gegenden der Erde eine ziemlich grosse. Daher kommt es, dass selbst in sehr regenreichen Gebieten die regelmässigen Regen nicht selten ausbleiben und die Hungersnotplagen keineswegs auf an sich regenarme Landstriche beschränkt sind. Eine Schwankung von 10—15 % vom rohen Jahresmittel ist eine häufige Erscheinung. Das letztere kann unter Umständen daher noch weit vom normalen Mittel entfernt sein.

Noch verfügt man über wenige Stationen mit mehr als 25jährigen Beobachtungen. Eine kartographische Darstellung erfordert also zunächst eine Reduktion auf annähernd vergleichbare Mittel. Diese hat freilich bei dem im hohen Masse den örtlichen Einwirkungen unterworfenen meteorologischen Element der Niederschläge ihre besondere Schwierigkeit. Man pflegt daher anders als bei der

---

[150]) Geogr. Zeitschr. XII, 687. — [151]) Meteorol. Zeitschr. V, 1888, 235; s. auch Hann, Klimatologie I, 1897, 193 ff. u. Forest Influences, U. S. Department of Agriculture, Forestry Division Bull. N. 7, Wash. 1902, s. Pet. Mitt. 1903. LB. 36. — [152]) Zeitschr. f. Gewässerk. I, 1898, 214, 278, II, 1899, 160.

Temperatur (S. 576), vorauszusetzen, dass in den gleichen Beobachtungsjahren die Regenmenge einer Station (nicht um den gleichen Betrag, sondern) in demselben Verhältnis zu gross oder zu klein gewesen, als sie bei einer benachbarten Vergleichsstation sich abweichend von ihrem Normalmittel gezeigt hat[153]).

Gesetzt ein Ort B habe in den Jahren 1901 — 1915 eine mittlere Regenhöhe von 710 mm gehabt, ein benachbarter A, dessen langjähriges Normalmittel 580 mm betragen mag, in jenem fünfjährigen Zeitraum 551 mm, so wäre die reduzierte Regenhöhe für B auch um $5{,}_3$ % grösser anzunehmen, also

$$B = 710 \cdot \frac{580}{551} = 710 \cdot \frac{1053}{1000} = 748\,\text{mm}.$$

Wirtschaftlich ist die in kurzem Zeitraum rasch fallende Menge[154]) von grösster Wirkung, freilich fast niemals als Segen, da Bäche und Flüsse und der Boden die Wassermengen nicht so rasch aufzunehmen vermögen. Man hat schon bei uns Wolkenbrüche beobachtet, die 30, 40, ja 60 mm Regenhöhe in einer Stunde lieferten. Solche Wassermassen können natürlich immer nur über ein kleines Gebiet ausgeschüttet werden, da die Atmosphäre an sich über grossen Flächen auch bei ungewöhnlich warmem und feuchtem Wetter doch nur geringe Massen in Dampfform enthält. — Bei einer täglichen Regenhöhe von 50 mm — 100 mm treten natürliche Flüsse aus und beginnen ihre Verheerungen. Aber in gewissen regenreichen Gebieten scheinen Güsse von 150 mm — 200 mm und mehr in 24 h nicht zu den Seltenheiten zu gehören. Den höchsten Tagesbetrag hat man (1876) mit 1036 mm bisher in den Höhenstationen Indiens gefunden[155]). An solchen gewaltigen einzelnen Gewittergüssen sind selbst höher gelegene trockene Wüstengegenden nicht arm. Die zahlreichen, tief ausgewaschenen leeren Flussbetten, die sich durch die Sahara, Arabien etc. ziehen, sind allein auf eine solche Form der Niederschläge zurückzuführen (S. 334).

Regenkarten. Ueber die jährliche Menge der Niederschläge, die uns vom Standpunkte der Klimatologie mehr interessiert, liegen bereits genügende Beobachtungen vor, um diese Verhältnisse wenigstens in grossen Zügen für die Landflächen der Erde kartographisch niederzulegen[156]). Nach Auftragung der reduzierten Regen-

---

[153]) Diese meist angewandte Hannsche Regel (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., Math.-naturw. Kl. LXXXI, II. Abt., 1880, 12) ward von P. Schreiber (Abhandl. d. k. sächs. Meteor. Inst., Chemnitz I, 1896, S. 14 ff.) in ihrer Gültigkeit bestritten, worauf Hann sie von neuem verteidigte (Meteorol. Zeitschr. 1898, 121 — 133). — [154]) Ziemer, H., Die grössten Regenmengen eines Tages, Pet. Mitt. 1881, 201; s. auch Hann, Lehrbuch d. Meteorol. 1901, 361 — 370. — [155]) Geogr. Jahrb. XVII, 1894, 344. — [156]) Die meisten früheren Darstellungen beruhen auf Loomis' Karte von 1883, (Amer. Journal of Science, 1883, I, 1 : 70 000 000). Vergl. die Kritik von Hann im Text zum Phys. Atlas. Sie ward ersetzt durch A. Supans Karten der mittl. jährl. Regenmenge auf der festen Erdoberfläche (1 : 100 000 000) und innerhalb der vier Hauptjahreszeiten (1 : 200 000 000), welche er 1898 auf Grund der Beobachtungen von ca. 4000 Stationen (wovon allerdings 2000 in Europa) entwarf; die Karten schreiten in Stufen von 250, 500, 750, 1000, 2000 und über 2000 mm Regenhöhe fort. Vergl. Supan, Die Verteilung des Niederschlags a. d. festen Erdoberfläche, Erg.-Heft Nr. 124 zu Pet. Mitt. 1898.

höhen für alle zur Verfügung stehenden Punkte zieht man zwischen diesen unter taktvoller Berücksichtigung des Bodenreliefs die Isohyëten oder Linien gleicher Regenmenge (Atlas, Taf. 8). Nach dem früher Dargelegten ist es nicht schwierig, von vornherein die Gegenden der Erde aufzufinden, die — absolut und im Verhältnis zu ihrer Umgebung — besonders regenarm und regenreich sind. Da die Winde die eigentlichen Träger feuchter Luftmassen sind und Gebirge, die sich ihrem Wege entgegenstellen, die Hauptveranlassung zu aufsteigenden Luftströmen und damit zu ergiebigen Niederschlägen bieten, so bedarf es zu diesem Studium vor allem der Windkarten und der Höhenkarten der Erdoberfläche. Die Luvseite der Erhebungen ist immer regenreich im Verhältnis zur Umgebung, besonders wenn Seewinde sie unmittelbar treffen, die Leeseite und die dahinter gelegenen Landstriche befinden sich im „Regenschatten". Eine gute Regenkarte spiegelt daher das gröbere Relief eines Landes wieder und führt umgekehrt in die Windkarte ein. Winde, die von höheren Breiten nach niederen ziehen (Passate) oder von den Küsten in heisse Tiefländer, bringen diesen wenig Regen, weil sie sich mehr vom Sättigungspunkte entfernen als ihm zueilen.

Nicht im Tiefland, sondern an den Gebirgswänden finden sich die Maximalzonen der Niederschläge[157]). Diese gehören nicht immer den höchsten Regionen an. Vielmehr wird schon in einer mässigen, bei Einzelgebirgen verschiedenen Erhebung ein Niveau erreicht, in welchem die Kondensation ihren höchsten Betrag gewinnt. Wenn uns aus Indien Stationen genannt werden[158]) mit 10 m, ja 12 m jährlicher Regenhöhe, wie Tscherrapundschi in Assam, so liegen diese in einer Höhe von 1200 m — 1300 m. Darüber hinaus nehmen die Niederschläge ab, um in 2400 m wieder diejenige der Ebene zu erreichen und in 3000 m auf $^1/_5$ der letzteren zu sinken. In anderen Gebirgen liegt freilich die Maximalzone höher, in den Alpen vielleicht in 2000 m. Ein bestimmtes Gesetz über diese Höhengrenze kennt man noch nicht.

Gesamtheit der Niederschläge auf der festen Erdoberfläche. Ein neuerer Versuch, die Regenkarte der Festlandsfläche auszuwerten[159]), ergibt für diese eine mittlere Regenhöhe von 75 cm, und

---

[157]) Hann, Klimatologie, I, 1897, 294 ff. — [158]) A. Hill, Die Höhe der Maximalzone des Regenfalls in Indien etc.; (Oesterr. Meteorol. Zeitschr. XIV, 1879, 161 ff., Geogr. Jahrb. VIII, 1880, 140). — [159]) R. Fritsche, Niederschlag, Abfluss und Verdunstung auf der Landfläche der Erde. Inaug.-Diss. Halle 1896. Dieser Arbeit, die sich durch zahlreiche Kontrollrechnungen empfiehlt, ist die Supansche Regenkarte der Erde v. J. 1898 (s. Anm. 156) zu grunde gelegt worden. Fritsches Resultate weichen im einzelnen nicht unbedeutend von der ersten derartigen Berechnung von J. Murray (On the Total Annual Rainfall on the Land of the Globe, Scott. Geogr. Mag. III, 1887), welche auf der ältern Loomisschen Karte basierte, und E. Brückners „Bilanz des Kreislaufs des Wassers" (Geogr. Zeitschr. XI, 1905, 436 ff.) ab. Murray hatte 84 cm d. h. 12 % mehr wie Fritsche, als mittlere Regenhöhe für die gesamte Landfläche gefunden, wovon 97 cm auf die Einzugsgebiete der Ozeane, 31 cm auf die abflusslosen Gebiete kommen sollten (s. Meteorol. Zeitschr. IV, 1887 [63]). Die Hauptdifferenz entfällt auf Amerika, für welchen Erdteil Murray eine um fast 20 % grössere Regenhöhe angenommen

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

zwar entfallen 87 cm auf die Einzugsgebiete der Ozeane, 33 cm auf die abflusslosen Gebiete.

Man gewinnt diese Zahlen, indem man auf flächentreuer Karte den Flächeninhalt der zwischen zwei Isohyëten gelegenen Gebiete misst und diese mit dem Mittel aus den Ordnungszahlen der begrenzenden Isohyëten oder mit einem wahrscheinlicheren Faktor multipliziert. Obiger Zahl liegt ein jährlicher Gesamtregenfall von 112000 kbkm zu grunde, der sich auf 149 Mill. qkm (einschliesslich des antarktischen Kontinents) verteilt. Davon entfallen 101500 kbkm auf die Einzugsgebiete der Ozeane, welche hier zu 117 Mill. qkm angenommen werden, 10500 kbkm auf die abflusslosen Gebiete (32 Mill. qkm) [160]). Leider kennt man die dem Meere durch die Flüsse zugeführten Wassermengen nicht genau. Eine Schätzung auf Grund einer grösseren Zahl von Stromgebieten nimmt das Verhältnis der aus diesen abfliessenden Wassermenge zu der als Regen und Schnee herabfallenden, oder das Verhältnis der Abflusshöhe zur Niederschlagshöhe wie $1:3,_3$ an [161]). Danach würde das Weltmeer jährlich 30500 kbkm Wasser auf dem Wege des Zuflusses zurückerhalten und 71000 kbkm würden der Verdunstung wieder anheimfallen. Dazu kommen die 10500 kbkm verdunstenden Wassers aus den abflusslosen Gebieten.

Als mittlere Höhe der verdunstenden Schicht über den Landflächen findet man dadurch rund 55 cm (= 81500 kbkm : 149 Mill. qkm), und zwar rund 61 cm (= 71000 kbkm : 117 Mill. qkm) über den zum Meere entwässerten, rund 33 cm (= 10500 kbkm : 32 Mill. qkm) über den Binnengebieten. Als Abflusshöhe ergibt sich aber 26 cm (= 87 — 61 cm). Fast $^1/_3$ der jährlichen Regenmenge auf den Festländern muss also ständig dem Ozean auf dem Wege der Verdunstung entnommen werden. Im Winter verdunstet sicher nicht der ganze Ueberschuss der Niederschläge über die Abflussmenge. Massen der ersteren werden in den Schneelagern aufgespeichert, um in der wärmeren Zeit die oft dem Versiegen nahen Flüsse zu speisen.

§ 250. Regenregionen auf dem Festland. Mehr als der Unterschied in der Niederschlagsmenge ist es die Verteilung des Regen- und Schneefalls nach den Jahreszeiten, die zur schärferen Abgrenzung von Regenregionen und damit von Klimaregionen führt. Es erleichtert die Uebersicht, wenn wir Festland und Meeresflächen trennen.

Nur unvollkommen lässt sich Regenmenge und jahreszeitliche Verteilung [162]) auf ein und derselben Karte zur Anschauung bringen.

---

hatte. F. v. Kerner, Revision der zonaren Niederschlagsverteilung (Mitt. d. k. k. Geogr. Ges., Wien 1907, 139—164) gibt auf Grund der Supanschen Karte die mittleren Regenmengen für die 5° Zonen der Landfläche und der Erdteile; ausserdem teilt v. Kerner (Met. Zeitschr. XXVII, 1910, 307—13) Zusammenfassungen mit: Nordhalbkugel 88 cm, Nordpolarkalotte $26,_0$ cm, gemässigte Zone $70,_5$ cm, nördl. Tropenzone $123,_5$ cm. — [160]) Die abflusslosen Gebiete, früher nach Penck zu 30 Mill. qkm (S. 294) angenommen, hat Fritsche neu berechnet zu 31980000 qkm. — [161]) Dies Verhältnis, wonach die Abflusshöhe etwa 30 % der Niederschlagshöhe wäre, gleichfalls nach Fritsche, der 52 Flussgebiete untersuchte; Murray, von 33 Flussgebieten ausgehend, hatte sie weit niedriger, nämlich nur zu 22 % (= $1:4,_5$) angenommen, Woeikof (Klimate d. Erde I, 1887, 50) zu 25 %. — [162]) W. Köppens Karte der jahreszeitlichen Verteilung nach der Regenwahrscheinlichkeit in Berghaus, Phys. Atlas, 1887, Taf. 38; etwas vereinfacht in Debes' Handatlas, 1893, Taf. 7; ferner Supans vier Karten auf einem Blatt in der oben genannten Schrift (Anm. 156).

Man muss daher Darstellungen beider Momente möglichst gleichzeitig überschauen (Atlas, Taf. 8). Der oft berührte Gegensatz zwischen Tropen und höheren Breiten tritt uns diesmal in dem einer weit über die Wendekreise hinausgreifenden Zone mit periodischem Regen und zweier äusseren mit gleichmässiger verteilten Niederschlägen entgegen. Freilich ist unter letzteren die südliche fast nur über dem Meere vertreten, indem Amerika nur mit seinem Endland, Australien mit den Ausseninseln in sie hineinragt. Im Grenzverlaufe dieser Hauptzonen spiegeln sich manche der morphologischen Regionen des Festlandes (§ 148) wieder, vor allem treten sich alte und neue Welt gegenüber. In Eurasien zieht sich die Nordgrenze der periodischen Regen westöstlich, etwa längs des 45° N. Br. am Nordrand des Mittelmeeres wie Zentralasiens entlang; in Amerika verlaufen die Grenzstreifen wesentlich meridional und weisen z. B. den Westen Nordamerikas dem Gebiete mit periodischem Regen zu.

1. Die Tropen. Ein breiter Gürtel reichlicher Niederschläge lagert sich in den Tropen fast rings um die Erde. An den Westküsten der Kontinente durch regenarme Gebiete stark eingeschnürt, überschreitet er auf ihrer Ostseite namentlich in Asien die Wendekreise beträchtlich. Durchschnittlich erhebt sich die Regenhöhe auf mehr als 100 cm, in weiten Landstrichen auf 150 cm, ja 200 cm und mehr, von reicher bewässerten Gebirgsflanken und kleineren Gebieten im Regenschatten abgesehen. Das gesamte Tropengebiet steht, wie wir sahen (§ 243), mit Ausnahme des Kalmengürtels unter der Herrschaft der Passate. Auf den Kontinentalflächen werden dieselben jedoch, wenn die Sonne den Wendekreisen zuschreitet, durch starke zyklonale Bewegungen der Luft zurückgedrängt. Mit ihnen wandern die tropischen Regenzeiten polwärts. Sobald nach dem Hochsommer die Passate wieder die Herrschaft gewinnen, stellt sich die Trockenheit ein. Nun steht die Sonne, der die Regen folgen, in den Gegenden der heissen Zone zweimal im Zenit. So müssen sich dort, wo die Kulminationen in genügendem Abstand stehen, auch zwei Regenzeiten ausbilden, die allmählich zu einer einzigen, der Hauptregenzeit des Sommers, verschmelzen. In der Tat lassen sich für manche tropischen Gebiete drei Untergürtel unterscheiden, die jenem Gesetz annähernd folgen, aber nicht geschlossen und in gleicher Breite sich durch die Kontinente hindurchziehen. Tropenregen sind im allgemeinen grossen Schwankungen unterworfen. Die Regenhäufigkeit folgt der Gesetzmässigkeit mehr als die Regenmenge.

In einem schmalen Gürtel zu beiden Seiten des Aequators treten die beiden Maxima des Niederschlages annähernd zur Zeit der Aequinoktien ein. Aber hier in der Region der Kalmen mit ihren fast täglichen Gewittern ist überhaupt kein Monat regenarm. Ueber den grossen Sundainseln, im Ostafrikanischen Seengebiet und in der Amazonas-Ebene fallen Niederschläge zu allen Jahreszeiten, ausgesprochene Trockenzeiten fehlen.

		Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Singapore[163]) (26 Jahre)	$1^1/_4$° N	27 %	22 %	24 %	27 %
Sumatra (17 Jahre)	$2^1/_4$° N	21 %	25 %	22 %	31 %

[163]) Hann, Handb. d. Klimatologie, II, 1897, 217.

Je mehr wir uns vom Aequator entfernen, um so deutlicher prägt sich eine doppelte Regenzeit aus. Die erste unter diesen folgt im Frühsommer der Kulmination der Sonne vor ihrer Wende und wird durch die kleine Trockenzeit von der kleinen Regenzeit des Spätsommers geschieden. Dann folgt die grosse Trockenzeit. Eintritt und Dauer dieser vier ungleichen Jahreszeiten schwanken aber in den einzelnen Jahren beträchtlich, sodass sich nicht selten die kleinen Perioden über Monate ausdehnen, in anderen fast verschwinden[164]). Es beträgt die Regenhöhe am untern Kongo ($5^1/_2{}^0$ S. Br.) in Prozenten

Kl. Regenzeit		Kl. Trockenzeit			Gr. Regenzeit			Gr. Trockenzeit			
Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.
6	21	12	7	10	12	26	7	1			

Ganz allmählich vollzieht sich jenseits des 10°—12°. Breite der Uebergang zum einfachen Wechsel im Aussengürtel der Tropen, den eine Hauptregenzeit im Hochsommer auszeichnet. Auch hier bringen noch mächtige Gewitter, denen bald klarer Himmel folgt, die Niederschläge. In Amerika breitet sich dies Regengebiet über das Mexikanische, sowie das Brasilianische Hochland aus. In Afrika findet es eine schärfere Grenze am Wüstengürtel schon in 18° N. Br.

	Juni-Sept.	Okt.—Mai	Jahr
St. Louis (Senegambien 16° N)[165] . .	38 cm	4 cm	42 cm
Mexiko ($19^1/_2{}^0$ N, 2300 m[166])	44 cm	15 cm	58 cm

2. Im grossen asiatischen Monsungebiet reicht der Wechsel eines feuchten Sommers und einer längeren Trockenzeit von Indien bis zur Mandschurei. Allerdings mit manchen Abweichungen im einzelnen hinsichtlich der Dauer und des Eintritts der Regenperiode, auf die wir bei den Klimaprovinzen (§ 254) zurückkommen. Wenn der japanische Inselkranz, trotzdem er seinen Sommerregen dem SO-Monsun verdankt, aus dieser Regenregion ausgeschlossen erscheint, so beruht dies darauf, dass die westlichen Landwinde des Winters über die Randmeere streichend Japans Westküsten auch reichliche Niederschläge — grossenteils in Schneeform — zuführen.

Es betrug die Regenmenge bei wechselnder Länge der feuchten Zeit in

	Regenmonate:	Trockenzeit:
Bombay (19° N, 84 Jahre)[167])	96 % (Juni—Sept.)	4 % (Okt.—Mai)
Mulmein ($16^1/_2{}^0$ N, 29 J.)[168])	98 % (Mai—Okt.)	2 % (Nov.—Apr.)
Manila ($14^1/_2{}^0$ N, 42 J.)[169])	80 % (Juni—Okt.)	20 % (Nov.—Mai)
Kanton (23° N, 13 J.)[170])	80 % (März—Aug.)	20 % (Okt.—Febr.).

Aehnliche Verhältnisse zeigen sich im ostaustralischen Monsungebiet, wo der NO-Monsun den Regen des Südsommers bringt und die Monate Mai bis November bei SW-Monsun trocken sind. Südlich des Wendekreises treten Spätsommerregen ein; die Winter sind nicht im gleichen Masse regenarm. Nach dem Innern des Kontinents zu nehmen die Niederschläge rasch an Stärke ab.

3. Während im Osten der Kontinente die tropischen Regengebiete unmerklich in die subtropischen hinüberleiten, sind beide im

---

[164]) S. die Angaben über Loanda in Supan, Phys. Erdk., 1897, 134. — [165]) Hann, Klimatologie II, 1897, 98. — [166]) Hann, Lehrb. d. Meteorol., 1906, Anhang. — [167]) Hann, Klimatologie II, 1897, 189. — [168]) Daselbst II, 218. — [169]) Daselbst II$_1$, 1910, 249. — [170]) Daselbst 250.

Westen durch Gebiete beständiger Regenarmut[171]) geschieden. Als solche kann man diejenigen bezeichnen, in denen alle Monate weniger als 6 Regentage (20 %) haben. Das ausgedehnteste unter jenen ist der grosse Wüsten- und Steppengürtel der alten Welt. Hier fehlen im Sommer wie im Winter die Bedingungen zu allgemeinen aufsteigenden Luftbewegungen. Im Winter ruhen Gebiete hohen Luftdrucks über der Sahara und den weiten asiatischen Wüsten, im Sommer eilen trockene Passatwinde aus N und NO den südlichen Auflockerungsgebieten zu. Lokale Zyklonen können sich daher nur selten ausbilden. Die relative Feuchtigkeit erreicht meist nicht 50 % — 60 %. Die Regenhöhe erhebt sich an wenigen Punkten über 20 cm, in Kairo und Sues beträgt sie z. B. nur 3 cm. Nur die höheren Gebirge verdichten noch Dämpfe und ermöglichen, da sie die Flüsse längere Zeit speisen, Ansiedelungen in den Berieselungsoasen längs des Gebirgsfusses.

Unter den übrigen Trockengebieten der Erde soll hier nur noch der Wüstenstriche hart am Meere gedacht werden, die sich an den tropischen Westküsten der Kontinente entlang ziehen (S. 557). Sie treten nur dort auf, wo kalte Strömungen oder Auftriebwasser die Küsten begleiten. In der Zone der Passate gelegen, werden sie von Landwinden beherrscht. Wenn aber die Erhitzung im Sommer monsunartige Seewinde ins Land lockt, so können diese kühlen, verhältnismässig dampfarmen Luftströmungen wenig Wasser abgeben, weil sie auf stärker erwärmte Gebiete treffen. Erst wo das Land höher wird wie in Südwestafrika stellen sich schwache Sommerregen ein. In Südamerika hindert die hohe Gebirgskette, dass die im Innern sich ausbildenden Luftdrucksminima bis über das Küstenland hinübergreifen, um von weither Seewinde ins Land zu ziehen[172]).

4. Einer Umkehr der jahreszeitlichen Niederschläge begegnen wir auf der Polarseite der eben geschilderten Gebiete wiederum nur auf der Westseite der Kontinente, nämlich Sommerdürre und vorherrschendem Winterregen. Wir rechnen diese Regionen noch zu der subtropischen Zone, da sie im Sommer innerhalb der polwärts verschobenen Grenze der Passate liegen. Wie auf dem benachbarten Meere bringen diese oder gelegentlich auch polare Luftströmungen den stärker erwärmten Flächen keine Feuchtigkeit. Erst wenn die Passate dem Aequator zuwandern, vermögen regenspendende Winde von Westen in diese Gelände einzudringen.

Das grösste unter ihnen sind die Mittelmeerländer im weiteren Sinne des Wortes, nach Osten sich über die vorderasiatischen Gebirge bis nach Zentralasien fortsetzend. Einen schmalen Küstenstreifen zwischen 35° — 40° Br. nimmt die gleiche Landschaft im westlichen Nordamerika ein, um jenseits der Sierra Nevada noch das grosse Becken mit stark abnehmender Regenmenge in Mitleidenschaft zu ziehen. Auf der Südhalbkugel zeigen Chile, das Kapland und Südwestaustralien entsprechende Erscheinungen.

---

[171]) S. Köppens Karte (Anm. 162). Der Schwellwert von 20 % Regenwahrscheinlichkeit ist auf den Seeatlanten der deutschen Seewarte durchgeführt. — [172]) A. Hettner, Das Klima von Chile und Westpatagonien, 1881.

Stellen wir nun die drei Sommer- und drei Wintermonate gegenüber, so zeigt sich der trockene Sommer typisch in folgenden Prozentzahlen der Niederschlagsmenge

	Kanarien	Malta	Alexandrien	Valparaiso[173] (34° S)	Kapstadt
Sommer .	1 %	2 %	0 %	0 %	8 %
Winter .	ca. 55 %	48 %	69 %	74 %	56 %

Keineswegs aber gelten diese Verhältnisse für die gesamten Winterregengebiete; je mehr wir z. B. im Mittelmeergebiet nordwärts gehen, um so mehr nehmen auch die übrigen Monate an den Niederschlägen teil. Dabei gewinnen im Westen die Herbstregen, in Vorderasien die Frühlingsregen grössere Bedeutung[174].

Die echt kontinentalen Steppengebiete, die östlich an die eben geschilderten angrenzen, nämlich diejenigen Turans und die nordamerikanischen Prairien gehören gleichfalls noch zu den Regionen mit periodischem Niederschlagswechsel. Frühlingsregen überwiegen, damit erwacht die Grassteppe, um im Spätsommer, der trockenen Zeit, rasch zu verdörren.

5. Die Zone der Westwinde hebt sich auf der Regenkarte wieder als eine solche reichlicheren Niederschlags ab. Derselbe fällt, wenn auch nicht gleichmässig, so doch zu allen Jahreszeiten; eine Trockenzeit fehlt.

Es zeigt sich ein Gegensatz zwischen den westlichen Küstengebieten und den übrigen Kontinentalflächen. Jene Küsten sind beträchtlich regenreicher. Die Regenmenge und Regenwahrscheinlichkeit (40 % — 50 %) nimmt landeinwärts allmählich ab. An den Küsten treffen zumeist feuchte Westwinde unmittelbar auf Gebirgswände.

Die pazifische Zyklone des Winters (Atlas, Taf. 7) richtet z. B. südwestliche Winde gegen die ihnen senkrecht vorgestreckte Fjordküste Britisch Kolumbiens; ähnlich liegt die Westküste Patagoniens gegen die Regenwinde. Fast plötzlich verwandelt sich zwischen 36° — 37° S das Land aus einem mässig befeuchteten (50 cm) südwärts in ein reich bewässertes (300 cm). Auch die gletscherreiche Westküste Neuseelands zeigt im Gegensatz zur trockenen Ostseite das gleiche Gesetz. In Europa haben die Berge Schottlands und Norwegens 200 cm — 300 cm Regen, und noch in Bergen (60° N) fällt 190 cm, in Irland durchschnittlich 100 cm.

Was die Hauptregenzeit betrifft, so überwiegt der marine Typus des Herbst- und Winterregens. Das erstere erklärt sich aus der raschen Erkaltung des Festlandes im Herbst im Gegensatz zu dem wärmeren Meer[175].

	Herbst	Winter	Frühling	Sommer
Färöer	28 %	31 %	23 %	18 %
Westküste Norwegens (58° — 69°)	34 %	27 %	18 %	21 %

Der grösste Teil des festländischen Europas ist ausreichend benetzt, 50 cm mag eine zutreffende Mittelzahl sein, hinter der nur der Osten zurückbleibt. Der Sommer ist vorwiegend regenspendend. Je weiter man ostwärts geht, um so ausgeprägter ist dies der Fall. Im nordwestlichen Frankreich fällt $^1/_4$, am Ural die Hälfte des Regens im Sommer. — Russland und Westsibirien, noch immer unter der Herrschaft der Westwinde stehend, bilden den Uebergang zu dem nieder-

[173] Hann, Handb. d. Klimatologie II$_2$, 1910, 458. — [174] Supan, Die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge in Europa, Westasien und Nordafrika in Karten, 1 : 30 000 000, mit kurzem Text (ohne Zahlenmaterial); Pet. Mitt. 1890 und Die Verteilung d. Niederschlags a. d. festen Erdoberfläche, 1898 (s. Anm. 158). — [175] Hann, Klimatologie III, 1897, 134.

schlagsarmen Ostsibirien. Hier ist, wie in den weiten Polargebieten die Luft namentlich im Winter sehr arm an Wasserdampf; daher geringe Schneemassen, Heiterkeit des Himmels, starke Ausstrahlung.

In Nordamerika bedingt die günstige Abdachung nach dem warmen Mexikanischen Golf das Eindringen von Sommerregen bis in die Seenregion. Trotz starker Landwinde im Winter ist die Osthälfte der Vereinigten Staaten reich an Niederschlägen. Cincinnati hat fast die gleiche Regenhöhe wie New-Orleans (120 cm). — Seewinde erreichen erst in der Breite Neu-Yorks (120 cm) die Küsten, sodass in Neu-England auch der Herbst regenreich ist.

	Sommer	Herbst	Winter	Frühling
Neu-York (Staat) (34 Jahre)[176]) . .	29 %	24 %	26 %	23 %

Ein regenärmeres Gebiet sind die Hudson-Bai-Länder aus ähnlichen Gründen wie Ostsibirien.

§ 251. Regenregionen über dem Meer[177]). Ueber den Meeresflächen dürften solche Massen von jährlichen Niederschlägen, wie man sie über einzelnen Festlandsgebieten beobachtet, wohl kaum herabfallen, weil der Hauptanstoss zum Aufstieg der feuchten Dunstmassen an Gebirgswänden fehlt.

Ebenso fehlt die intensive Erhitzung des Bodens. Zum Aufsteigen werden aber voraussichtlich dann die über das Meer gleitenden Luftströme gezwungen, wenn sie langsamer wehen. Denn wenn anzunehmen ist, dass durch jeden Querschnitt einer Stromader dieselbe Luftmenge fliessen wird, so muss sich dieser bei langsamem Tempo vergrössern. Dies kann aber nur in der Richtung nach oben geschehen. In der Tat heben sich manche ozeanischen Gebiete mit schwächeren Winden auch als niederschlagsreichere von den Karten ab[178]).

In der Kalmenregion gibt es schmalere Flächen, die beständigen Regenreichtum zur Schau tragen; dort steigt in allen Monaten die Regenwahrscheinlichkeit auf 70 % — 80 %[179]). Ob die Passatregionen als regenarm anzusehen sind, ist längere Zeit auf Grund der Zählung der Niederschlagstage bezweifelt worden. Besonders im Indischen Ozean erhebt sich die Regenwahrscheinlichkeit im Jahresmittel auf 40 % — 50 %[180]) und vielleicht steht der Atlantische Ozean hierin nicht viel nach[181]). Bestätigen sich die neueren Versuche, die Regenmenge aus der Dauer der Regen an den einzelnen Tagen abzuschätzen[182]), so würden die Passatzonen besonders im Atlantischen Ozean mit weniger als 25 cm Regenhöhe doch als regenarm und zum Teil die nördliche Passatzone als eine Fortsetzung zur afrikanischen Trockenregion zu gelten haben. Die Form der Niederschläge ist übrigens auf dem Meere eine andere als im Binnenland. Kurze Regenschauer, sog. Böen, überwiegen. Uebrigens fehlen ständig regenarme Gebiete, in denen kein Monat über 20 % Regentage zählt, auf den Ozeanen nicht ganz; jedoch begegnet man ihnen, wie

[176]) Hann, Lehrb. der Meteorol., 1906, Anh. — [177]) Vergl. ausser der Karte Köppens die deutschen Seeatlanten und den Text der Segelhandbücher (S. 499), sowie Supans Abh. „Die jährl. Niederschlagsmengen a. d. Meeren" mit Karte, Pet. Geogr. Mitt. 1898. — [178]) Segelhandbuch des Indischen Ozeans, Hamburg 1892, 141. — [179]) Segelhandbuch des Stillen Ozeans, 1897, 191. — [180]) v. Danckelman, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., Berlin 1886, 321 ff. — [181]) P. Schlee, Meteorol. Zeitschr. IX, 1892, 444. — [182]) Supans erster Versuch s. in Pet. Mitt. 1898, 180.

es scheint, nur längs der oben geschilderten trockenen Küstenstriche am Westrand der Kontinente[183]). Regenarme Monate finden sich über weiten tropischen Meeresflächen, wo auch ein periodischer Wechsel der Regenzeiten wahrgenommen wird. Die Hauptteile der Ozeane zeigen jedoch Regen zu allen Jahreszeiten, nur gegenüber den Landflächen mit dem Unterschied, dass in der Passatzone Sommerregen, in den höheren Breiten Winter- (und Herbst-) Regen vorwiegen. Beständiger Regenreichtum herrscht ferner rings um die Erde im Süden der Ozeane etwa von 40° Br. an, dann auch über einem grossen Teil des Nordatlantischen Ozeans. In diesen Regionen erhebt sich die Regenwahrscheinlichkeit aller Monate auf nicht weniger als 80 % — 90 %.

§ 252. Schneegrenzen. Die feste Niederschlagsform des Schnees gehört im Sommer ausschliesslich den höheren Breiten und höheren Erhebungen an. Sie scheint aber nirgends die alleinige zu sein. Auch auf hohen Bergen und in polaren Breiten regnet es zuweilen. In der gemässigten Zone nimmt der Schneefall regelmässig an den winterlichen Niederschlägen teil, in subtropischen Gebieten allerdings nur als seltene Erscheinung. Seine Aequatorialgrenze[184]) — im Mittel unter 30° Br. verlaufend — überschreitet im Tiefland nur an wenigen Stellen (Mexico, Westküste von Südamerika) die Wendekreise und nähert sich im Mittelmeergebiet dem Nordrand von Afrika; in China erreicht sie bei Kanton den Wendekreis. Klimatische oder wirtschaftliche Bedeutung hat der Schnee daher nur dort, wo er in grösseren Mengen fällt und die Luftwärme ihn nicht sofort aufzehrt, demnach als Schneedecke[185]). Weite Landstriche werden im Winter durch eine solche vor allzu starker Ausstrahlung geschützt; in sumpfigen Gegenden höherer Breiten regt sie durch ihre Festigkeit und Geschlossenheit im Winter zu einem lebhafteren Verkehr an, als er zur Sommerzeit besteht. Im Frühjahr freilich entzieht die Schneedecke der Luft grosse Wärmemengen, bis erstere sich völlig zu Wasser aufgelöst hat, aber die Durchfeuchtung des Bodens ist hierbei dem Landmann erwünscht, sobald nicht plötzliche Wärme das Abtauen überstürzt. Für Flüsse, die ihre Quellen im Hochgebirge haben, bietet der Schnee eine Aufspeicherung des Wasservorrats, der ihnen die trockenen Zeiten überdauern hilft.

Während im Tiefland die Schneedecke — von antarktischen Gebieten vielleicht abgesehen — im Sommer vollständig verschwindet, zieht sie sich im Gebirge auf die höchsten Regionen zurück. Wir bezeichnen den Schnee, welchen die Sonne und die Luftwärme auch in der warmen Jahreszeit nicht zu entfernen vermag, als ewigen Schnee und nennen denjenigen Höhengürtel, in welchem wir diesem zuerst

---

[183]) Ein anderes regenarmes Gebiet soll nach dem Atlas des Stillen Ozeans auch im Zentrum des letzteren um die Insel Malden bestehen (?). — [184]) H. Fischer, Die Aequatorialgrenze des Schneefalls. Diss., Leipzig 1888 (auch Mitt. des Vereins für Erdkunde, Leipzig 1887), mit Karte in 1 : 95 000 000 im Aeq. S. Atlas, Taf. 8 (Regenmenge). — [185]) A. Woeikof, Der Einfluss der Schneedecke auf Boden, Klima u. Wasser, Wien 1889.

begegnen, die Schneegrenze[186]). Man hat die Lage der letzteren schon im 18. Jahrhundert als eine klimatische Erscheinung aufgefasst und sich bemüht, ihre mittlere Höhe für die einzelnen Gebirge zu bestimmen. Dies hat in tropischen Gebirgen, wo die Hochgipfel meist Vulkane sind, weniger Schwierigkeit als in solchen mittlerer und höherer Breiten, deren Hochgebirge die mannigfaltigste Ausgestaltung besitzen. Hier weicht die Schneegrenze sehr bedeutend von einer Isohypse ab. Aber auch mit einer bestimmten Höhenisotherme, wie man früher glaubte, hängt sie nicht zusammen, denn nicht die Luftwärme allein kommt hier in Betracht. Unter dem Aequator (Quito) treffen wir sie bei + 3°, in den Ostalpen bei — 3°, in Grönland (64° Br.) bei — 18° Jahrestemperatur[187]) an.

Vier Faktoren bedingen Ausbreitung und Erhaltung der Schneedecke im Gebirge. Temperatur und Feuchtigkeit der Luft sowie die Niederschlagsmenge sind klimatischer Natur; dazu tritt der orographische Bau des Gebirges. Die ersteren hängen von der geographischen Lage der Erhebungen, nicht nur nach der Breite, sondern auch nach der Kontinentalität ab, ferner von dem Verlauf der Gebirgszüge in bezug auf Sonnenbestrahlung und die herrschende Windrichtung. Die grössten Gegensätze prägen sich an ihren Sonnen- und Schattenseiten aus, die auf der Nordhalbkugel mit Süd- und Nordflanken so ziemlich zusammenfallen. Dazu kommt die Exposition gegen Regenwinde und trockene Luftströme. Viele Gebirge bilden ja eine ausgesprochene Wind- und Klimascheide.

Was wir zunächst suchen, ist die mittlere Höhe der klimatischen Schneegrenze, jenes schmäleren oder breiteren Höhengürtels, in dem die mehr zusammenhängende Schneedecke im Sommer verschwindet. Das ist nicht die Linie, bis zu welcher sich einzelne Firnflecken erhalten. In jedem stärker ausgearbeiteten Gebirge finden sich Stellen, an denen unter der orographischen Begünstigung in Schluchten und schattigen Tälern sich Schneemassen jahrelang erhalten. Diese untere orographische Schneegrenze[188]) ist bisher nur für wenige Gebirge festgestellt. Am Ortler hat man sie im Mittel 330 m tiefer als die klimatische gefunden[189]).

Die älteren Bestimmungen der Schneegrenze, wie sie von Reisenden durch wenige unmittelbare Einzelbeobachtungen versucht sind[190]), können nur als vorläufige Schätzungen gelten. In Gebirgen, für welche bereits genaue Karten grossen Massstabes mit sorgfältiger Angabe von Firn- und Gletscherverbreitung

---

[186]) Vergl. über den viel umstrittenen Begriff der Schneegrenze hinsichtlich der älteren Zeit von Bouguer bis Humboldt 1736—1820 Fr. Klengel in Mitt. d. Ver. f. Erdk., Leipzig 1888; hinsichtlich der neueren E. Richter, Die Gletscher der Ostalpen, 1888, 1—24 und V. Paschinger, Die Schneegrenze in verschiedenen Klimaten (Ergänzungsheft zu Pet. Mitt. Nr. 173, Gotha 1912, 1—6). — [187]) Hann, Klimatologie, I, 1897, 314 ff. und Paschinger a. a. O. 71. — [188]) Ratzel, Zur Kritik der sog. Schneegrenze (Leopoldina, XXII, 1886, Nr. 19, 19—24) u. Die Schneedecke bes. in deutschen Gebirgen (Forsch. zur deutschen Landes- etc. Kunde, IV, 3), Stuttgart 1889. — [189]) M. Fritzsch, Ueber Höhengrenzen in d. Ortler Alpen (Wiss. Veröff. d. Vereins f. Erdk., II, Leipzig 1895, Nr. IV). — [190]) Ueber die verschiedenen Methoden der Höhenbestimmung der Schneegrenze s. Richter a. a. O., 24 ff.

vorliegen wie für die Alpen hat man durch mühsame orometrische Ausmessungen (§ 173) die klimatische Schneegrenze zu bestimmen gesucht. Ausgehend von der Annahme[191]), dass sich die Flächen jedes Talgletschers zu seinem firnbedeckten Sammelgebiete im Durchschnitt wie 1 : 3 verhalten, hat man z. B. die Höhenlinie, welche jene oberen $^3/_4$ von dem unteren $^1/_4$ scheidet, als Schneegrenze eingestellt. Ziemlich nahe scheint auch die mittlere Höhe der Gletscher (nämlich die Eiszungen mit dem Firnfeld) mit der Schneegrenze übereinzustimmen[192]). In beiden Fällen ersetzt man also den wirklichen Flächenverlauf durch eine horizontale Plateaufläche, die mit ewigem Schnee bedeckt bleibt, weil Zufuhr und Abschmelzung sich das Gleichgewicht halten.

Die höchste Erhebung der klimatischen Schneegrenze kann zu rund 6000 m angenommen werden. Sie findet sich nicht in aequatorialen Gegenden, sondern ziemlich unabhängig von der Breite in besonders trockenen Passatgebieten der Erde, so in der Peruanischen Westkette der Anden (18° S) und im asiatischen Kuenlun (36° N). Wie sehr die Niederschlagsarmut die Schneegrenze hinaufrückt, lässt sich an vielen Gebirgen mit feuchten und trockenen Gehängen verfolgen.

	Breite	Regenseite		Trockenseite		Diff.
Peruanische Anden[193])	18° S	Ost	5000 m	West	6000 m	1000 m
Kaukasus[194])	43° N	Südwest	2700 m	Südost	3800 m	1100 m
Himâlaja[195])	27° „	Süd	4900 m	Nord	5600 m	700 m
Kilima-Ndscharo[196]) .	3° S	S u. W	5400 m	N u. O	5800 m	400 m

In den Ostalpen[197]) schwankt die Grenze von 2500 m bis 2900 m, hier steigt sie nicht nach Osten, wie man früher annahm, sondern nach dem Innern zu. Auf der kälteren Nordseite senkt sie sich um 200 m gegenüber der Südseite. Dieses Ansteigen der Schneegrenze nach dem Innern der Gebirge zu, also entsprechend der grössern Massenerhebung, ist mehrfach festgestellt worden. Man bringt es[198]) in Zusammenhang mit der Tatsache, dass die wärmsten Tagesstunden im Innern z. B. der Alpen in der gleichen Höhe entschieden wärmer sind als am Alpenrande, sodass also die gleiche Wärme dort höher steigt. So liegt z. B. die 15° Isotherme der wärmern Tagesstunden am Säntis nur in 1300 m, im Engadin in 1960 m Höhe[199]).

Eine Abnahme mit der Breite[200]) lässt sich im übrigen in der gemässigten und kalten Zone nicht verkennen, und offenbar geht

---

[191]) E. Brückner, Die Vergletscherung des Salzachgebietes, Wien 1886. S. die Kritik der Methode bei Richter a. a. O., 37 ff. — [192]) L. Kurowski, Die Höhe der Schneegrenze, bes. der Finsteraarhorngruppe (Geogr. Abh. von Penck, V, 1, 1891, 119—160). — [193]) Hann, Klimatologie, I, 1897, 310. — [194]) Nach v. Déchy; s. Paschinger (Anm. 186, 17). — [195]) C. Diener, D. Rundschau f. Geogr. u. Stat. XVI, 1894, 145 ff. — [196]) Hans Meyers frühere Angaben (Wiss. Veröff. d. Vereins f. Erdk. Leipzig, I, 1891, 290) sind für Firngrenze in SW (3800 m) wesentlich zu niedrig. Später nimmt er obige Zahlen an (Der Kilimandscharo, 1900, 348); Hann (Handb. d. Klimatologie I, 1908, 270) gibt statt dessen 5200 m in N u. O und 4800 m in S u. W. — [197]) E. Richter (s. Anm. 186), s. bes. die Karte, 1 : 1700000, mit Angabe der Grenzen der Flächen gleicher Schneegrenzenhöhe. — [198]) Nach Brückner, s. Richter, Neue Ergebn. der Gletscherforschung, Abh. d. Geogr. Ges. Wien, I. 1899. — [199]) Vergl. auch J. Jegerlehner, Die Schneegrenze in den Gletschergebieten der Schweiz, mit Karte, Beitr. z. Geophysik, V, 1902, 486—568. — [200]) Herm. Berghaus, Tafel der Höhengürtelgrenzen von 100 Gebirgsgruppen, Geogr. Jahrb. V, 1874, 472 ff.; V. Paschinger (Anm. 186) 69 ff.

diese auf der südlichen Halbkugel rascher vor sich. Hier erreicht sie im antarktischen Viktoria-Land auch vielleicht allein das Meer, während dies in Franz-Joseph-Land im allgemeinen nicht der Fall ist.

Nördliche Halbkugel			Südliche Halbkugel		
Alpen . .	46°—48° Br.	2500—2900 m	Anden von Chile . .	28° Br.	5200 m
Kaskaden Geb.	47° „	2400 m	„ „ „ . .	36° „	2600 m
Norwegen (Küste)	60° „	1200 m	„ „ „ . .	47° „	1300 m
Norwegen (Küste)	70° „	800 m	Feuerland	54° „	950 m
Spitzbergen. . .	77° „	400—500 m	Victoria-Land . . .	78° „	—

§ 253. Die Gletscher[201]. Als Eiszungen, die aus dem plastischen Material der unter der Firndecke sich bildenden Eismassen hervorwachsen, haben wir früher (§ 143) kurz die Gletscher bezeichnet und ihre Bildungsweise erläutert. Indem sie dem Abtauen grösseren Widerstand entgegensetzen, rücken sie meist weit unter die Schneegrenze herab. In den Alpen hat man bei den Talgletschern für die Zunge und das zugehörige Firnfeld das Flächenverhältnis 1 : 3 als mittleres gefunden. Ihr Auftreten hängt einmal von der Masse der Niederschläge in den Hochgebirgsregionen ab, dann aber auch von dem Bau der Gebirge, deren steile Abfälle oft den Gletscheransatz verhindern. Daher entbehren viele Gebirge, trotzdem ihre Gipfel in die Schneeregionen reichen, ausgedehnterer Gletscher, wenn diese auch selten ganz fehlen. Dies gilt besonders von Schneegipfeln der Tropen, die als Vulkankegel sich mehr in geschlossene Eismäntel ohne beträchtliche Zungen hüllen, und den Gebirgen der Trockengebiete. In Neuseeland ist die feuchte Westseite reich an solchen, spärlich sind sie im Osten ausgebildet. In den Ostalpen hat man an 1000 Gletscher gezählt, die zusammen nicht weniger als 1450 ^{qkm} einnehmen[202]. Die grössten Gletscher sind bis jetzt im nordwestlichen Himálaja (dem Karakorumgebirge) gefunden, wo einzelne selbst Längstäler von 20 ^{km}—60 ^{km} Länge ausfüllen[203]: der Aletschgletscher in den Berner Alpen (16 $^1/_2$ ^{km}) bedeckt mit seinem Sammelgebiet 129 ^{qkm}.

Mit ihren Enden sinken die grösseren Talgletscher oft Hunderte von Metern unter die Schneegrenze des betreffenden Gebirges herab, in den Alpen bis in Tiefen von 1200 ^{m}, ja 1000 ^{m} über dem Meere, wo eine mittlere Jahrestemperatur von 5°—6° C herrscht. Kein Wunder, dass sie in höheren Breiten vielfach das Meer erreichen wie in der Magellan-Strasse, in Alaska, in Grönland. Ihre abbrechenden Enden haben wir als schwimmende Eisberge schon mehrfach berührt (S. 529). Uebrigens schwankt die Höhe des unteren Gletscherrandes im Laufe der Jahre nicht unbeträchtlich; wir kommen darauf zurück (S. 653).

---

[201]) Heim, Handb. d. Gletscherkunde, 1885; H. Hess, Die Gletscher, Braunschweig 1904; Supan, Phys. Erdk., 1911, 191—230; Zeitschr. f. Gletscherkde., herausg. von E. Brückner, Berlin seit 1906. — [202]) E. Richter (s. Anm. 186). — [203]) Conway, Map of the Karakorum Himalayas, 1: 126720, London 1894. Ueber W. M. Conways Ergebnisse s. Näheres Pet. Mitt. 1894, 241 ff.

Das Vorrücken der Gletscher[204]), deren plastische Massen sich wälzend und umformend vorwärtsschieben, geht mit sichtlicher Geschwindigkeit vor sich, die freilich bei den einzelnen Eisströmen sehr verschieden ist. Am gewaltigsten ist sie bei denjenigen des nördlichen Grönlands beobachtet, wo sie 10^m, 20^m, ja 30^m im Tage fortrücken; im Himálaja hat man im Sommer einzelne Gletscher 2^m—3^m wandern sehen, und auch alpine Gletscher erreichen im Sommer nicht selten 1^m und mehr. Deutlich erkennt man hierin den Einfluss der Jahreszeit; am Mer de Glace (Montblanc) übertrifft die tägliche Geschwindigkeit im Hochsommer (1^m—$1\,^1/_4{}^m$) diejenige des Winters ($0^m,_3$—$0^m,_4$) um das dreifache. Da hierbei ausschliesslich klimatische Faktoren mitwirken, schwankt diese Schnelligkeit der Bewegung selbstverständlich auch in den einzelnen Jahren.

IV. Das Klima.

§ 254. Klimagürtel und klimatische Regionen. Das örtliche Zusammenwirken der verschiedenartigen Faktoren, wie sie im Vorhergehenden nach Erscheinungsweise und ursächlicher Verknüpfung, gelegentlich auch nach ihrer Wirkung auf andere geographische Objekte erörtert sind, lässt auf der Erdoberfläche eine Anzahl von eigenartigen Klimagebieten unterscheiden. Diese ordnen sich wiederum grösseren Klimaregionen und klimatischen Erdgürteln unter, wie sie sich umgekehrt in Klimaprovinzen von kleinerer und grösserer räumlicher Ausdehnung aufteilen lassen. Das letztere oder die spezielle Klimatographie — eine echt geographische Aufgabe — wird im Rahmen dieses Lehrbuchs jedoch zweckmässiger der Länderkunde vorbehalten, insofern sie vor allem eine genaue Kenntnis der Bodenplastik, der Einordnung einer Einzellandschaft in den mit einem grösseren Klimagebiet zusammenfallenden Erdraum, der Einlässe für die Luftströmungen in Zwischengebirgssenken oder über Niederungen und Seeflächen zur Voraussetzung hat. Im übrigen hat die Kennzeichnung der Eigentümlichkeiten eines Klimagebietes geringere Schwierigkeiten als die Feststellung seiner Grenzen. Deshalb sind auch die Versuche kartographischer Darstellung klimatischer Provinzen noch tastend und unsicher[205]). Viele benachbarte Klimagebiete sind namentlich

---

[204]) Ueber Gletscherbewegung, Supan a. a. O. 196 ff.; ausführlicher in Heim, Gletscherkunde, 1885, 144 ff.; Hess, Die Gletscher, 1904. — [205]) Die wichtigsten der neueren Versuche kartographischer Darstellung für die Gesamterde sind die folgenden: A. Supan, Phys. Erdk., 1884, 129, 1911, 233 nebst Karte (Merc.-Proj., 1 : 270 000 000) nimmt 35 Klimaprovinzen an, im Text beschränkt er sich auf knappe Charakteristik in Stichworten; zu grösseren Einheiten werden sie nicht zusammengefasst. Die Namen sind den einzelnen Ländern entnommen. — R. Hult (Vetenskapliga Meddelanden af geografiska Föreningen i Finland, I, 1893, 140—201, nebst Karte in Mollweide's Proj. (1 : 100 000 000 im Aeq.) schliesst sich bei Festlegung von 33 Klima-Reichen mit 102 Provinzen, sämtlich mit geographischen Namen bezeichnet, wesentlich an die Karte der Regengebiete von Köppen (s. Anm 162) an, gibt aber im Text ausführlichere Beschreibung der Eigentümlichkeiten. Die 33 Provinzen werden im Text 9 räumlich nicht zusammenhängenden, vielmehr nur im Wesen ähnlichen Gebietsgruppen untergeordnet. — W. Köppen, „Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach

im Flachland durch breite Uebergangszonen verknüpft, in denen sich die ausgesprochenen Gegensätze abschwächen und ausgleichen; die Grenzlinien vergegenwärtigen uns daher nur die mittlere Lage von Grenzstreifen.

Die Haupttypen[206]) des Erdklimas schliessen sich den Wärmegürteln der Erde an, wie dies schon aus den bisherigen Betrachtungen hervorgeht. Ihre Kennzeichnung entnehmen wir übrigens zumeist den Eigentümlichkeiten der Niederungen. Die höheren Stufen niederer Breiten spiegeln manche Eigenheiten klimatischer Regionen aus höheren Breiten wieder. Gebirge erweisen sich überall naturgemäss als eine Art klimatischer Inseln, umkränzt von Höhengürteln, die uns stufenweise in verschiedene Klimate führen (§ 237).

1. Das tropische Klima[207]) zeichnet sich vor dem höherer Breiten durch einen sehr einheitlichen Charakter aller wichtigen klimatischen Elemente aus. Die Witterungserscheinungen kehren mit grosser Regelmässigkeit wieder. Die überwiegende Wasserbedeckung innerhalb der Tropen — zwischen 20° S und 20° N nimmt das Wasser mehr als $^3/_4$ der Fläche ein (S. 277) — und die zusammenhängende Waldbedeckung der Kontinente (Taf. 8) verleihen der gesamten Tropenzone im allgemeinen ein ozeanisches Klima mit Abstumpfung der jahreszeitlichen Gegensätze der Temperatur und der Feuchtigkeit. Die Gürtel hohen Luftdrucks an den Grenzen verhindern das Eindringen kalter Polarströme in die Tropen. Schon die Wärmestrahlung zeigt keine

---

ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt" (Geogr. Zeitschr. VI, 1900, 593—611 und 657—679, mit 2 Karten), unterscheidet 24 Klimate und benennt sie zumeist auch nach charakteristischen Pflanzenformen. Diese Klimate werden einer zonalen Gruppierung untergeordnet, wobei das Merkmal der fünf Zonen der De Candolleschen Einteilung der Pflanzen v. 1874 je nach ihren Ansprüchen an Wärme bezw. Feuchtigkeit angepasst ist (Megathermen, Xerophilen, Mesothermen, Mikrothermen, Hekistothermen). — E. de Martonne (Traité de géogr. physique 1909, Chap. VI, Principaux types de climats, 205—33 mit Karte in Mollweide'scher Proj. 1 : 100 000 000) nimmt 8 Gruppen an, bei denen neben den 6 Wärmegruppen (climats équatoriaux, tropicaux, subtropicaux, tempérés à saison froide, froids à saison tempérée, polaires) noch 2 „climats désertiques chauds et froids" unterschieden werden. Die Karte unterscheidet dann 30 Einzelklimate, deren Namen einer Landschaft entnommen ist, wo ein solches besonders typisch vorkommt. Das Sahara-Klima gilt daher als typisch auch für das Wüstengebiet Kaliforniens, Südafrikas, Australiens etc. — [206]) Die Aufsätze A. Hettners „Die Klimate der Erde" (Geogr. Zeitschr. XVII, 1911, Heft 8—12) lassen nach der kritischen Einleitung, die den bisherigen Darstellungen volle Wissenschaftlichkeit abspricht (S. 429), weil sie in dem Streben nach möglichster Exaktheit manche Eigenschaften des Klimas, für die es nur qualitative Ausdrucksweisen gäbe, ganz bei Seite liessen — in dieser Allgemeinheit sicher ein unbegründeter Vorwurf — mehr erwarten, als sie in dem Schlusskapitel, die Klimatypen (S. 678—85), bieten. Es werden innerhalb der Wärmezonen (Tropen, Aussertropen) 9 Klimatypen unterschieden und mit teilweise zweckentsprechenden, Lage und Wesen bezeichnenden Namen belegt. Die Unterabteilungen erfolgen hauptsächlich im Anschluss an Köppen nach Dauer der Regen- und Wärmeperioden, im Tropenklima auch nach Höhenstufen. — Ueber A. Pencks Vorschläge s. S. 651. — J. Hann bietet im 2. Teil (Klimatographie) seines grossen Handbuchs weniger Klimatypen als Beschreibung der in den einzelnen Ländern ausgebildeten Klimate, wobei die Reihenfolge nach geographisch zusammengehörigen Gebieten erfolgt. — [207]) Hann, Handb. d. Klimatologie II, 1897, 10—43; II$_1$, 1910, 3—31.

auffallenden Unterschiede. Die Jahresmittel der Lufttemperatur bewegen sich etwa zwischen 20^0—28^0 C. Aber indem die Isothermen weit von einander abstehen, erreicht die jährliche Wärmeschwankung nur 1^0—5^0 C; auch die tägliche ist nicht gross und übersteigt nur in seltenen Fällen 10^0—12^0. Die Temperaturmaxima sind nicht aussergewöhnlich; sie werden allerdings bei der übergrossen Feuchtigkeit weit drückender empfunden als bei uns. Und wenn die Minima selten unter 15^0—20^0 herabgehen, so ruft eine Erniedrigung um 7^0—8^0 für den an die gleichmässig hohe Temperatur gewöhnten Tropenbewohner doch bereits die Empfindung des Frierens hervor. — Im übrigen wird ein jahreszeitlicher Wechsel nicht durch die Luftwärme, sondern durch die Niederschläge bedingt. Alles wird von dem Gegensatz einer Ueberfülle von Regen, der hauptsächlich zur Sommerszeit fällt, und der Trockenperioden beherrscht. Die Luftfeuchtigkeit pflegt hoch zu sein, die relative geht selten unter 70 % herab. Es herrscht im allgemeinen eine warmfeuchte „Treibhausluft". Die Tropen sind reich an Gewittern mit massenhaften, aber selten zündenden Blitzen. Daneben nehmen die Passatregen jedoch auch die Form des Landregens an. Schneefall kennt man im Gebiet der Tropen nur in den höheren und höchsten Stufen. Die Bewölkung ist nicht unbeträchtlich, der reichliche Wasserdampf der Atmosphäre lässt die Luft weisslich erscheinen im Gegensatz zur Bläue subtropischen Himmels. Bei grosser Durchsichtigkeit ist die Luft am Tage in höherem Grade lichterfüllt als bei uns. Die Dämmerungszeit ist stark verkürzt und beschränkt sich meist auf $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde, nach deren Verlauf des Abends völlige Dunkelheit eintritt, soweit nicht Sternenglanz und Mondlicht zur Erhellung beitragen.

Die Gefährlichkeit des Tropenklimas[208]) für die Bewohner höherer Breiten beruht weniger auf allgemeinen Verhältnissen als auf lokal ungünstig wirkenden Ursachen. Zwar wird man die geringere Lebensfrische des ganzen Organismus auf die gleichmässig hohe Temperatur, welche die Schweissabscheidung stark befördert, zurückführen müssen. Die Körperwärme nimmt an sich übrigens nicht zu, sie erscheint in den Tropen selbst oft unter der gewöhnlichen von $37^0{,}_5$ C zu sein. Alle Organe erschlaffen in ihrer Spannkraft. Je mehr nun in Küstengegenden frische Seewinde reine unverdorbene Luft ins Land wehen, um so günstiger für jene. Das Schlimmste ist die Stockung des Wasser- und Luftabflusses über dem erhitzten Boden, wie sie bei Landwinden in sumpfigen Küstenstrichen fast immer eintritt. Dann ist die Luft fiebererzeugend, mit Miasmen geschwängert. Das tropische Regenwasser führt in seinem Reichtum an salpetriger Säure dem Boden zwar ein wichtiges Element zu, übt aber dadurch auf ihn eine um so stärker zersetzende Wirkung aus. So ist ein tropisch erwärmter und bewässerter Boden der Herd einer nie absetzenden Fäulnis, dem bei starker Verdunstung üble und oft übelriechende Dämpfe entsteigen. Diese bringen nun den Menschen — auch den Eingeborenen — das Sumpffieber, die durch Mosquitos übertragene Malaria und andere, den Verdauungsvorgang störende Krankheiten. Vorsichtige Lebensweise nebst Schutz vor unmittelbarer Sonnenbestrahlung, die unbedeckte Körperteile oft den Hitzschlägen (Sonnenstich) aussetzt, und vor dem Einatmen der hart über dem Boden schwebenden Gase, Wechsel leicht verdaulicher

[208]) O. Schellong, Die Klimatologie der Tropen, Berlin 1891 (s. Pet. Mitt. 1892, L.-B. 512); Hann a. a. O. II$_1$, 1910, 25—31.

Speisen sind also notwendige Erfordernisse der sog. Akklimatisierung an tropisches Klima.

Innerhalb des tropischen Klimas lassen sich noch grössere Regionen unterscheiden. Zunächst das eigentliche Aequatorialklima mit den äusserst geringen Temperaturschwankungen, den gleichmässigen über das Jahr verteilten Niederschlägen, die freilich zumeist doppelte Maxima um die Zeit der Aequinoktien zeigen und in täglichen Gewittern grosse Mengen Wassers über weite Flächen ausschütten. Letztere sind grösstenteils vom tropischen Urwald (Amazonas- und Kongobecken) eingenommen. Doch fehlt es dazwischen nicht an trockneren Savannengebieten. — In Amerika und Afrika schliessen sich daran gürtelförmig bis etwa 18^0—20^0 Br. die Gebiete tropischen Klimas mit schärferer Ausprägung von Regen- und Trockenzeiten und je weiter ab vom Aequator mit dem Ueberhandnehmen der Savannen gegenüber dem Wald, der an Ueppigkeit mehr und mehr verliert. Nur in wenigen Gegenden trocknen die Flüsse zeitweise aus und es kommt kaum zur Wüstenbildung. Im Osten der alten Welt greift das tropische Klima vermöge der Aufschliessung des asiatischen Kontinents durch Halbinseln über den Wendekreis hinaus. Vom Himalaja bis Nordaustralien steht alles unter der Herrschaft der Monsune (tropisches Monsunklima).

2. Das subtropische Klima nimmt die Randzonen des tropischen ein und gehört insofern noch zu den wärmeren Klimaten der Erde, ja umfasst auf der nördlichen Halbkugel in den trockenen Regionen Landstriche, in denen die Sommerhitze diejenige der Tropen übertrifft (S. 583). Der Gürtel reicht etwa bis zum 35^0 Br. auf beiden Halbkugeln. Ein deutlicher Gegensatz der Ost- und Westseiten der Kontinentalmassen, der im tropischen Klima kaum hervortritt, prägt sich aus. Schmäler in Amerika zwischen 25^0—35^0 N. beginnend, erlangt der subtropische Gürtel im Norden seine grösste Breite in der Westhälfte der alten Welt, wo er in Nordafrika und Südeuropa vom 18^0—40^0 reicht, verjüngt sich in Westasien und verschwindet weiter östlich fast völlig, wo das Kontinentalklima Hochasiens ziemlich hart an das indische Monsungebiet grenzt, um erst in China und Japan wieder an Breite zu gewinnen. So wird durch die Eingliederung des Mittelmeeres in den Landblock der alten Welt einerseits und durch den südlichen Vorsprung Hochasiens andererseits im Gürtel subtropischen Klimas eine Gliederung in klimatische Regionen von weit schärferen Gegensätzen und von ausgeprägteren Grenzen als im tropischen bedingt.

Weitaus die grösste unter diesen Regionen wird durch das unter den Passaten gelegene regenarme Wüstengebiet der Sahara und seiner Fortsetzung nach Arabien gebildet[209]), die Südhälfte des grossen Steppen- und Wüstengürtels umfassend. Selten von Niederschlägen bedacht, wenn im Sommer Tropenregen aus dem Sudan oder Winterregen der

[209]) Daher wäre der Name „subtropisches Kontinentalklima“ für dies Gebiet treffender als für die Regionen subtropischen Sommerregens, für welche ihn Hettner angewendet wissen will (Anm. 206 a. a. O. 682).

Nordküste auf die Hochflächen gelangen, zeigt es die scharfen täglichen Temperaturschwankungen, die allen Trockengebieten eigen sind, und echt kontinentale Jahresamplitude der Temperatur (Atlas Taf. 7). Aber die Luft, meist in starker Bewegung, ist dem Menschen gesund. Dauernde Wasseradern fehlen. Die Oasen, in Senken gelegen und durch Quellen gespeist, zeigen tropische Fruchtbarkeit. Am Westende geht das Gebiet in kühles Saumland, wie es die subtropischen Westküsten aller Kontinente begleitet (S. 637), über.

Daran schliesst sich nördlich das Gebiet des subtropischen Winterregenklimas[210]), die Küsten des Mittelmeeres umfassend, aber nach Osten mit geringer Verschiebung der Regenzeiten auf den Frühling weit nach Westasien übergreifend. Mit gleichem Recht könnte man es das subtropische Gebiet des trockenen Sommers oder der Sommerdürre nennen. Die Ausbreitung immergrüner Gewächse in den Niederungen ist der Ausdruck subtropischen Klimas.

In ähnlicher Weise lagern im südlichen Nordamerika subtropisches Trockengebiet und subtropisches Regengebiet nebeneinander, aber gemäss der Gesamtordnung der amerikanischen Regionen das erstere nicht südlich, sondern südwestlich des anderen. Den Süden der Vereinigten Staaten beherrscht ebenso wie am Ostrande der alten Welt in China und Japan das subtropische Sommerregenklima, jene auf der Grenze der gemässigten Zone gelegenen Gebiete, die durch Reichtum und günstige Zeit der Niederschläge ganz besonders bevorzugt erscheinen. Es sind Ausläufer des tropischen Klimas, von dem sie nicht durch ähnliche Schranken geschieden sind, wie die Mittelmeerländer durch die Wüstenzone. Daher findet auch eine Mischung der Pflanzenwelt von Nord nach Süd und umgekehrt in ihnen statt.

Den gleichen Gegensätzen begegnen wir auch in den subtropischen Regionen der südlichen Erdteile. Hier ist aber allgemein eine Nebeneinanderordnung in ostwestlicher Richtung die Regel. Noch in den Zonen der Passate gelegen bringen diese den östlichen Landstrichen ausreichende Feuchtigkeit — das Laplatagebiet ist das begünstigtste der subtropischen Regionen im Süden. — Westwärts schliessen sich durchweg Trockengebiete an, in Australien den grössten Teil des Erdteils umfassend.

3. Das Klima der mittleren Breiten[211]) ist gemässigt nur hinsichtlich der mittleren Jahrestemperaturen zu nennen, die mitten zwischen den gleichmässig hohen Wärmegraden der Tropen und den ständig niedrigen der polaren stehen. Im übrigen ist es die Region grosser lokaler und jahreszeitlicher Schwankungen. Wirklich gemässigt und gleichmässiger sind die Verhältnisse mehr auf der süd-

---

[210]) Von Hettner nicht glücklich als „ozeanisch-subtropisches Klima" bezeichnet. Der trockene heisse Sommer spricht dagegen. Subtropisch-ozeanisch könnte nur das Klima des schmalen Westsaums in Portugal genannt werden, da hier wirklich ozeanisches Klima vorherrscht. Gleichzeitig schlägt Hettner den Namen „Etesien-Klima" vor (a. a. O. 681). — [211]) Hann, Handbuch, III, 1897, 1—22; II$_2$, 1911, 1 ff.

lichen Halbkugel. Im Norden tritt die fast gleiche Aufteilung des Erdraumes auf Meer und Land bestimmend ein, um einen ausgesprochenen Gegensatz zwischen See- und Landklima hervorzurufen. Die Westwinde sind die beherrschenden Luftströmungen namentlich im Winter (S. 611), die Witterung ist daher weniger konstant als in den Tropen. Schönes und schlechtes Wetter ist im Winter jedesmal weit verbreitet.

Im Gegensatz zur Zone subtropischen Klimas fehlt es in der des gemässigten an schärferer Abgrenzung einzelner Klimaregionen. Sowohl von Süden nach Norden als von den atlantischen Küsten nach dem Innern der Nordkontinente finden allmähliche Uebergänge statt. — Die Landstriche der Südkontinente, die in die gemässigte Zone reichen, können wir bei dieser in grossen Zügen schildernden Uebersicht übergehen. Dort sprechen sich die Hauptgegensätze im Begriff des Seeklimas auf der Westseite und des Landklimas im Innern und auf der Ostseite aus. Aber der vollkommen verschiedene Bau Nordamerikas und Eurasiens bedingt, dass das Seeklima dort auf einen schmalen Raum beschränkt ist, hier weit nach Europa hineingreift. Fast überall gliedert sich das Klima in vier Jahreszeiten, wenn auch die Niederschläge im ozeanischen Gebiet mehr im Herbst und Winter überwiegen, während sonst der Sommer Hauptregenzeit ist; Landklima mit kalten Wintern nimmt in beiden Erdteilen den weitesten Raum ein. Westliche Landwinde im Winter vorherrschend bedingen auch die Winterkälte der östlichen Küstenländer. Der Uebergang vom Winter zum Sommer ist oft ein rascher, sodass ein eigentlicher Frühling kaum besteht. Dafür ist meist ein langer Herbst vorhanden. Der gesamte Klimagürtel gehört zur Zone regelmässigen Schneefalls im Winter, stufenweise wächst im Landklima die Periode, in der die Gewässer zufrieren. Der Frühling bringt durchweg ein äusserst lebhaftes Erwachen der Vegetation, sodass geringe Kälterückfälle[212]), wie sie der zweiten Hälfte des Frühlings oft eignen, bedeutende Wirkungen hervorrufen. Die Gleichmässigkeit und ausreichende Fülle der Niederschläge bedingt im Gesamtgürtel die Ausdehnung zusammenhängender Wälder, in die von N und S allerdings trockenere waldärmere Strecken gelegentlich eingreifen, während der Mensch gewaltige Strecken in Kulturboden verwandelt hat.

Es sind die zentralen Teile am Südrand des Waldgürtels, die im Anschluss an die subtropischen Trockengebiete in der Form der grossen Steppenlandschaften und Prärien die Eigenheiten trockenen Klimas in Amerika nordwestwärts, in Asien nordostwärts forttragen, stückweise in echte Wüsten übergehend. Die Winter sind kalt, Gräser und Stauden erwachen, wenn die Frühlingsregen eintreten. Im heissen Sommer ist Dürre. Der Wald ist auf die wenigen fliessenden Gewässer, die im Sommer auch meist austrocknen, angewiesen.

---

[212]) Ausführliches hierüber in v. Bebbers Handb. d. Witterungskunde I, 1885, 197 ff.

Es ist der Wechsel der kalten und warmen Jahreszeit, der innerhalb dieses Gürtels das Anregende für den menschlichen Organismus mit sich bringt[213]). Die vermehrte Wärmeentziehung spannt die Hautnerven an, und dieser Reiz verbreitet sich weiter im Körper, einen regen Stoffwechsel hervorrufend. So steigert die kältere Jahreszeit Wohlbefinden und Gesundheit. Der Wechsel ist es auch, der dem Körper eine grössere Widerstandskraft verleiht und seine Spannkraft tätig erhält. Auch in geistiger Hinsicht haben sich die Bewohner der gemässigten Zone stets von grösserer Ausdauer gezeigt. Eben durch letztere haben sie sich zu höherer Kultur aufgeschwungen.

4. Das arktische Klima[214]) erstreckt sich wiederum gleichmässiger über die nördliche polare Kappe. Geringe Sommertemperatur ist neben Kürze des Sommers das Kennzeichnende. Die Sonnenstrahlung wird in dieser Jahreszeit zum grossen Teil verbraucht, um die Schnee- und Eismassen, die sich im langen Polarwinter aufgehäuft haben, zu schmelzen. Wo bei ebenen Flächen ein Abfluss der Schmelzwasser nicht erfolgen kann, frieren diese alsbald wieder zu und schliessen jede Vegetation aus. Die Jahrestemperatur mag $+ 5^0$ am Aussenrand und $- 20^0$ in den kältesten Gebieten betragen. Der Sommer erreicht höchstens 10^0 im Juli, am Pol wird er sich nicht auf 0^0 erheben. Die Winterkälte ist aber nicht bedeutender als in den Gegenden des exzessiven Landklimas (S. 586). Der Herbst ist wesentlich wärmer als der (fast fehlende) Frühling. Sehr gering sind die täglichen Temperaturschwankungen besonders im Winter. Typisch ist die grosse Lufttrockenheit des Winters. Die Nebel fehlen über den Land- und Eismassen und zeigen sich nur über offenen Gewässern. Die Niederschläge sind alsdann auch gering, nur weil sie als feinere Eisnadeln und Schnee herabfallen, häufen sie sich massenhaft auf. Die schauerliche Einsamkeit des Polarwinters ist bedingt durch den völligen Mangel der Wetteränderung mit eintretendem Tauwetter; er überdauert noch die Polarnacht. Die letztere wird durch die länger währende Dämmerung, die Klarheit des Mondscheins und die Polarlichter ein wenig erhellt.

Es ist bemerkenswert, dass das polare Klima dem menschlichen Organismus im allgemeinen nicht schädlich ist. Die Reinheit der Luft, die Abwesenheit jeglicher Miasmen trägt dazu wesentlich bei. Selbst wenn die Bewohner im Winter sich aus der warmen Behausung in die eisige Luft hinaus begeben, ertragen sie plötzliche Temperaturwechsel von $50^0 — 60^0$ ohne Beschwerden; ebenso die grössten Kältegrade, jedoch nur wenn die Luft trocken und wenn es windstill ist. Bei grösserer Feuchtigkeit stellt sich sofort Kältegefühl ein, sodass man im Sommer, wo die Luft stärker bewegt ist, mehr als im Winter friert. Im hohen Grade ungünstig wirkt indessen die Länge und Einförmigkeit der Polarnacht auf den Menschen; sie lähmt die Spannkräfte des Körpers wie der Seele in ähnlicher Weise wie die gleichmässige hohe Temperatur der Tropen. Der Stoffwechsel ist im übrigen bei der geringen Temperatur ein äusserst reger. Sonst vermöchten die Eskimos nicht täglich so ungeheuere Mengen von Tierfetten zu sich zu nehmen. Bei dem hohen Wärmewert der letzteren sind sie ihnen Bedürfnis. Die

---

[213]) Dem Studium der Wirkung des Klimas auf den menschlichen Organismus in unsern Breiten widmet sich eine neue Disziplin, die sich Klimatik nennt. Vergl. R. Dove und F. Frankenhäuser, Deutsche Klimatik, Berlin 1910, Kap. II. — [214]) Hann, Handbuch II2, 1911; Klima der Polarzonen.

Körpertemperatur erhöht sich damit jedoch nicht. Aber die unausgesetzte Sorge für den Erwerb dieser Nahrung ebenso wie die Ansprüche an den Stoffwechsel stumpfen den Polarmenschen gegenüber höherer Betätigung des Geistes ab.

Kennzeichnung der Klimate der Erde nach ihren Wirkungen. Da das Leben der Organismen in erster Linie auf der Landfläche vom Klima abhängig ist, erscheint es begreiflich, dass man zur Schilderung seiner Eigenheiten oft die Wirkungen heranzieht, welche sich in der Entwickelung und Verbreitung der Tier- und Pflanzenwelt — und ganz besonders der letzteren — kundgeben. Nicht minder treten solche auch in der Umbildung der oberflächlichen Schichten des Bodens zutage. Die Fragen der Verwitterung, Abtragung, Umlagerung derselben haben uns früher lange beschäftigt. Dauer und Intensität der Niederschläge, die Form derselben, ob sie als rasch abfliessender Regen oder die Landschaft umhüllender Schnee und daraus sich entwickelnder Eisströme (Gletscher) den Boden erreichen im Gegensatz zu den Trockenklimaten, in denen der Wind zur Herrschaft gelangt, spielen dabei eine grössere Rolle als die Gegensätze der Luftwärme.

Man hat daher auch versucht, nach diesen Gesichtspunkten gewisse Klimatypen zu unterscheiden[215]), wenn man vielleicht auch besser davon spricht, dass uns damit klimatische Regionen der Wasserführung[216]) zum Bewusstsein gebracht werden.

Als nivales Klima gilt hiernach das gewisser polarer Gebiete und höherer Berge, bei dem infolge der niedrigen Temperatur die Niederschläge ausschliesslich oder vorzugsweise als Schnee erfolgen. Wirkungsvoll wird dieser für die Umbildung des Bodens, wenn er als ewiger Schnee zu Gletscherströmen Anlass bietet.

Die Gebiete humiden oder feuchten Klimas werden nach der einen Seite von der ausgesprochenen Schneegrenze, nach der anderen Seite von dem schwerer bestimmbaren Gürtel einer Trockengrenze gegen das nivale und das aride Klima abgegrenzt. Das Typische des humiden Klimas ist, dass die Niederschläge, die mehr als Regen denn als Schnee fallen, den Betrag der Verdunstung übersteigen, daher Quellen und Flüsse dauernd speisen, sodass ein Ueberschuss zum Abfluss ins Meer oder in Trockengebiete verbleibt. Im polarhumiden Klima bildet sich Bodeneis und die Flüsse sind für Monate zugefroren. Mechanische Verwitterung des Bodens herrscht daher vor. Alle übrigen Gebiete humiden Klimas lassen je nach der Durchlässigkeit des Bodens die Bildung von Grundwasser zu, wodurch die chemische Verwitterung des Bodens bedingt ist. Man hat ein Klima, das dies zu Wege bringt, mit dem wenig glücklichen Namen eines brunnenspeisenden oder phreatischen[217]) Klimas belegt. Als Unterabteilungen kann man dann noch subnivale, voll- und semihumide Klimate unterscheiden.

Ebenso lässt sich die dritte Form des ariden oder Trockenklimas noch in voll- und semiarides gliedern. Das Typische des Trockenklimas ist, dass die Verdunstung den Ertrag der Niederschläge mehr oder weniger aufzehrt, weshalb in seinem Bereich eigentliche Flüsse nicht entstehen. Treten solche auf, so sind es Fremdlinge, die aus humiden Nachbargebieten stammen, im ariden Klima versiegen oder Endseen bilden. Einzelne Regengüsse können Sturzbäche (Torrenten) bilden.

---

[215]) A. Penck, Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitzungsber. d. k. Preuss. Akad. d. Wiss. Math. Phys. Kl., Berlin 1910, 236—46. — [216]) A. Hettner, Die klimatischen Regionen der Wasserführung nach A. Penck. (Geogr. Zeitschr. XVI. 1910, 645 ff.). — [217]) Von phreatischen (τὸ φρέαρ, der Brunnen) oder wasserführenden Schichten spricht man wohl in der Geologie.

§ 255. Phänologische Beobachtungen. Neben dem Verlauf der klimatischen Elemente dient zur Kennzeichnung und Abgrenzung klimatischer Provinzen eine Summe von Erscheinungen, die mit dem Aufleben wie dem Absterben der gesamten irdischen Natur im Laufe des Jahres im Zusammenhang stehen und in erster Linie von örtlichen klimatischen Bedingungen abhängen. Es handelt sich innerhalb dieses jüngsten Zweiges der angewandten Klimalehre, die als Phänologie[218]) (wörtlich Erscheinungslehre) bezeichnet wird, um Feststellung der Eintrittszeiten der fraglichen Erscheinungen in den einzelnen Jahren und an verschiedenen Orten oder auch der Dauer derselben.

Auch die unorganische Natur liefert Bausteine hierzu. Dahin gehören die Eintrittszeit der Schneeschmelze, des Auftauens und Zufrierens von Flüssen und Küstengewässern, die regelmässigen Schwellzeiten der Ströme, die Schwankungen der Seespiegel im Laufe des Jahres und Aehnliches.

Der Pflanzenphänologie[219]) hat man sich im besonderen Masse zugewendet und aus der Fülle der Flora eines Landes eine Reihe von Gewächsen — besonders Holzgewächse — ausgewählt, bei denen der Eintritt der Blüten- oder Fruchtreifezeit, der Belaubung oder Entlaubung leicht festzustellen ist. Haselnuss, Rosskastanie, Johannisbeere, Birke, Kirsch-, Birnen- und Apfelbaum sind z. B. solche Gewächse, die im Frühling bei uns die phänologischen Beobachtungen einleiten. Bereits hat man begonnen, phänologische Jahreszeiten[220]) zu unterscheiden, und ersetzt die vier üblichen bei uns z. B. durch den Vorfrühling, Erst- und Vollfrühling, Früh-, Hoch- und Spätsommer u. s. f. Die klimatische Begünstigung mancher Orte gibt diesen nicht selten einen Vorsprung von 8, ja 14 Tagen gegenüber solchen desselben natürlichen Landstrichs. So ist Frankfurt a. M. in vielen dieser Erscheinungen um 6—8 Tage vor dem nahen Giessen voraus[221]). Trägt man die Beobachtungen einer grösseren Zahl von Stationen auf Karten[222]) auf, so erhält man Gebiete gleichzeitiger Vegetationserscheinungen. Es verschiebt sich z. B. die Eintrittszeit des Frühlings, wenn man sie durch das Aufblühen obengenannter Gewächse kennzeichnet, im Bereich Europas um mehr als zwei Monate. Wir haben es hierbei zugleich mit einem Zweige der Pflanzengeographie zu tun.

Weniger ist die Tierphänologie gepflegt. Und doch gehören die Beobachtungen über die Entwickelungsphasen vieler Tiere hierher,

---

[218]) Der Begriff der Phänologie wird hier im erweiterten Sinn gefasst. Es erscheint vom allgemein geographischen Standpunkt nicht gerechtfertigt, ihn ausschliesslich auf die Lebewesen, oder gar, wie es meist geschieht, auf die Pflanzenwelt zu beschränken. — [219]) S. Günther, Die Phänologie, ein Grenzgebiet zwischen Biologie und Klimakunde, Münster 1895; O. Drude, Handb. d. Pflanzengeographie, 1890, 17—48; H. Hoffmann, Phänologische Untersuchungen, Giessen 1887. S. ferner E. Ihnes jährl. Berichte in Ber. d. Oberhess. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde, Giessen, seit 1905 a. a. O. — [220]) O. Drude a. a. O., Isis 1891; Ihne, Phänol. Jahreszeiten, Naturwiss. Wochenschr., Berlin 1895, X, Nr. 4. — [221]) J. Ziegler und W. König, Das Klima von Frankfurt a. M., 1896, S. LXXXII. — [222]) E. Ihne, Phänol. Karte von Mitteleuropa, Pet. Mitt. 1905, 97 ff. mit Taf. 9, 1 : 3400000; W. Hoffmann, Frühlingskarte von Europa in: Resultate der wichtigsten pflanzenphänol. Beobachtungen, Giessen 1885.

besonders der Insekten, die in wärmeren Gegenden früher im Jahre zum flugbegabten Tiere werden als in kälteren; ferner das Wandern der Zugvögel, ihre Ankunftszeit im Frühling und ihr Abzugstermin im Herbst. Die Zeiten der Fischzüge, das Verfallen vieler Tiere in den Winterschlaf etc. sind gleichfalls Erscheinungen phänologischer Natur.

Es ist verständlich, dass dieses Grenzgebiet zwischen Biologie und Klimakunde seine Pflege vorwiegend in gemässigten und höheren Breiten hat; nur hier prägen sich die phänologischen Jahreszeiten schärfer aus.

§ 256. Klimaschwankungen. Seit langem hat man die Frage, ob das Klima eines Landes, von den unregelmässigen Abweichungen aller klimatischen Elemente in einzelnen aufeinander folgenden Jahren abgesehen, konstant bleibe oder dauernden Aenderungen unterworfen sei, in verschiedenem Sinn beantwortet[223]). Wirkliche Messungen der Wärme und Niederschläge schienen aus viel zu kurzer Zeit vorzuliegen, um diese hierbei mitreden zu lassen. Aber ein Studium historischer Quellen über Anbau von Kulturgewächsen, die heute in den gleichen Gegenden nicht mehr fortkommen, und über sonstige Ausnutzung des Bodens in frühester Zeit leistete der Meinung Vorschub, dass eine Klimaänderung die Schuld sein müsse. Der Rückgang der Polargrenze des Weinstocks in Europa, den man früher im südlichen England und in Norddeutschland anbaute, spielt dabei eine Hauptrolle. In den Mittelmeerländern war es mehr die Abnahme der Regenmenge, die man aus der Verödung vieler einst blühender Niederlassungen entnahm und meist auf die starke Entwaldung zurückführte. Viele Seen sind in historischer Zeit verschwunden. Bei näherer Betrachtung sind nun fast alle diese Beobachtungen auf anderweitige, vom Klima unabhängige Vorgänge zurückgeführt[224]). Aber es stehen sich dennoch die Ansichten über dauernde Klimaänderung in historischen Zeiten noch ziemlich unvermittelt gegenüber.

1. Mehr geklärt haben sie sich über periodische Schwankungen des Klimas. Zunächst erforschte man den Zusammenhang einzelner meteorologischer Elemente mit der mittlerweile entdeckten Sonnenfleckenperiode von etwa $11\frac{1}{3}$ Jahren (S. 179). Danach scheinen[225]) Zyklonen und Windstärke, Niederschläge und Hagelfälle mit der Häufigkeit der Sonnenflecke zuzunehmen, während über die Beziehungen zur Temperatur noch nichts Näheres feststeht.

Reichliches Beobachtungsmaterial boten eine Reihe phänologischer Tatsachen in ihrem längeren periodischen Wechsel. Unter diesen haben die Gletscherschwankungen[226]) am frühesten die

[223]) Das mit umfassender Literaturkenntnis geschriebene Hauptwerk ist: E. Brückner, Klimaschwankungen seit 1700, Wien 1890 (auch als Pencks Geogr. Abhandl. IV, 2 erschienen); siehe das. S. 10—34. — [224]) Vergl. u. a. H. Leitner, Die Frage der Klimaänderung während der geschichtlichen Zeit in Nordafrika. (Abhandl. d. K. K. Geogr. Ges., Wien VIII, 1909). — [225]) v. Bebber, Handb. d. Witterungskunde I, 1885, 199—258, Einfluss der Sonnenflecke auf die Witterung. — [226]) E. Richter, Geschichte d. Schwankungen d. Alpengletscher (Zeitschr. d. Deutsch. u. Oesterr. Alpenvereins 1891, 1—74).

Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. Man lernte deutlich Zeiten unterscheiden, in denen ein allgemeines, wenn auch nicht ganz gleichzeitiges Wachsen der Gletscherzungen erfolgt, von solchen, in denen sie unaufhaltsam zurückweichen, und die Talsohlen mit Moränenschutt bedeckt zutage treten. In den Alpen waren z. B. die Jahre 1814, 1836, 1875 Zeiten beginnenden Vorstosses der Gletscher. Die Erscheinung wiederholt sich in Perioden, deren Länge zwischen 20 und 45 Jahren zu schwanken scheint. Desgleichen [227]) zeigen viele abflusslose Seen wie besonders das Kaspische Meer Perioden der Auffüllung, der Erhebung des Seespiegels und solche des Sinkens, die man in engen Zusammenhang mit dem Steigen der Temperatur und besonders der Niederschläge innerhalb des Einzugsgebietes dieser Seen zu bringen vermochte. Trockene Perioden scheinen allen Erdteilen in den Jahren 1831/40, 1861/65, nasse in den Jahren 1844/55 und 1876/80 gemeinsam gewesen zu sein. Auch die Dauer der Eisdecken auf den Flüssen Russlands, die Schwankungen der Häufigkeit besonders strenger Winter, deren Chronik man bis zum Jahre 800 n. Chr. zurück verfolgen kann, des Termins der mitteleuropäischen Weinernte in den letzten vierhundert Jahren hat man herangezogen und für diese Erscheinungen einen periodischen Klimawechsel von etwa 35 Jahren wahrscheinlich gemacht (Brücknersche Periode der Klimaschwankungen).

In bezug auf die Temperatur halten sich die Differenzen kälterer und wärmerer Perioden allerdings in ziemlich engen Grenzen; die Abweichung vom Mittel beträgt höchstens $\pm {}^1/_2{}^0$. Greifbarer sind sie beim Regenfall. Wenn man im allgemeinen vielleicht Schwankungen bis zu 25 % annehmen darf (sobald man gewisse Ausnahmegebiete ausscheidet), übertrifft die Regenmenge nasser Perioden in Westsibirien diejenigen trockener um das Doppelte. Uebrigens bedarf die Periodisierung klimatischer Elemente noch weiterer Bestätigung. Für Erkenntnis der Ursachen dieser 35jährigen Klimaschwankungen ist es bedeutungsvoll und bestätigt zugleich ihre Existenz, dass neuere Untersuchungen auch eine 35jährige Periode der Sonnenflecken (neben der feststehenden von $11{}^1/_3$ J.) wahrscheinlich gemacht haben [228]).

Während die Mehrzahl obengenannter phänologischer Tatsachen als unmittelbare Folgen kalter und warmer, nasser und trockener Jahre erscheint, folgen die Gletscher diesen Faktoren nicht sofort. Im allgemeinen beginnt der Vorstoss erst jahrelang nach vermehrten Niederschlägen, aber der Stillstand fängt meist sofort nach Eintritt einer wärmeren Trockenperiode an.

Bestätigen sich diese kürzeren Schwankungen des Klimas und vielleicht noch solche von grösserem Kreislauf, so wird man alle Mittelberechnungen klimatischer Elemente zum mindesten auf ganze Perioden dieser Schwankungen ausdehnen müssen, um sie einigermassen zu verbürgen (S. 576).

2. Neben diesen kürzeren Klimaschwankungen, die kaum geeignet sind, bleibende Spuren im Erdantlitz zu hinterlassen, muss

[227]) Für diese und die folgenden Punkte s. Brückner (Anm. 223). — [228]) W. Lockyer, Die Sonnentätigkeit 1833—1900 in Meteorol. Zeitschr. 1902, 59, woselbst die von R. Wolff vermutete Sonnenfleckenperiode von 55 Jahren als nicht vorhanden abgewiesen wird; J. Liznar, Ueber eine 33jähr. Periode der Sonnenflecken (Meteorol. Zeitschr. 1902, 237).

man jedoch auch solche säkularen Verlaufes annehmen, also Schwankungen in weit längeren Zeiträumen, über deren Dauer wir uns jedoch noch kaum eine Vorstellung bilden können.

Man entnimmt solche zunächst dem mehrfachen Wechsel von vegetabilischen Resten, die in einzelnen Gegenden der Erde wie z. B. in Skandinavien die Torfmoore zusammensetzen[229]). Dort hat man drei bis vier übereinanderliegende Torfschichten gefunden, welche von Wurzelschichten getrennt sind. Aus ihrer Zusammensetzung muss auf einen verschiedenartigen Waldbestand geschlossen werden. Enthalten die untersten Schichten Wurzeln und Torf von Birken und Espen, so die zweiten solche von Kiefern; dann folgen Eichenreste und erst unter dem heutigen Waldboden finden sich Torfschichten mit solchen von Buchen und Erlen. Die Perioden der Waldverbreitung scheinen auf ein trockenes, wohl auch allmählich wärmer gewordenes Klima zu deuten, das von feuchtkalten Zeiten unterbrochen war, in denen die Torfbildung vor sich ging.

Nach anderen Forschern[230]) ergeben eben diese Veränderungen innerhalb der Torfmoore jedoch nur den Beweis, dass seit Beginn ihrer Bildung die Wärme des Klimas allmählich steigend nur einmal einen Höhepunkt erreicht hat, um seitdem wieder langsam zu sinken; namentlich deute in Schweden die frühere Verbreitung der Haselstaude innerhalb des Bereiches niedriger Isothermen auf einstiges wärmeres Klima.

3. Alle diese Schwankungen gehören aber der geologischen Jetztzeit an und müssen sich erst nach jener Periode vollzogen haben, die im Zeitalter des Diluviums als Eiszeit so grossartige Umgestaltungen der äusseren Bodenbedeckung innerhalb eines grossen Teiles der Landflächen hervorgerufen hat (vergl. S. 344).

Man hat, wie dort erwähnt, allmählich aus dem übereinander geschichteten lockeren Bodenmaterial mehrere Eiszeiten unterscheiden gelernt, die durch Zwischenzeiten (Interglazialzeiten) getrennt waren; in letzteren waren die meist eisbedeckten Gebiete einem wesentlich trockneren Klima ausgesetzt (S. 370). Damit stellte man zugleich säkulare Klimaschwankungen noch weit höherer Ordnung als die bisher betrachteten fest.

Auch für diese fehlt uns ein Massstab zur Schätzung ihrer Dauer; eher lässt sich aus den Verhältnissen der heutigen Gletscherschwankungen, sowie aus der Höhe, bis zu welcher in den Eiszeiten die Gletscher die Gebirgstäler ausgefüllt haben müssen oder andererseits die Schneelinie herabgestiegen sein wird, auf den Betrag der erforderlichen Temperaturerniedrigung schliessen. Man hat diese Bedingung für den Eintritt einer Eiszeit früher stark überschätzt. Wenn die Schneegrenze damals in unseren Breiten etwa 1000 m — 1200 m niedriger lag, als heute — wie es scheint, rückte sie seit den ältesten Eiszeiten allmählich höher hinauf — so würde man auf ein vielleicht nur 3° — 4° kälteres Klima schliessen müssen[231]). Daneben spricht die Ausbreitung ungeheurer diluvialer Binnenseen

---

[229]) A. Blytt, Zwei Kalktuffbildungen in Gudbrandsdalen (in Englers Botan. Jahrb. XVI, 1892, Beibl. Nr. 36, s. Pet. Mitt. 1892, L.-B. 925). — [230]) Gunnar Andersson, Klimatet i Sverige efter Istiden. Stockholm 1903. Ausführl. Ref. v. O. Drude, Geograph. Jahrbuch XXVIII, 1905, 216. — [231]) E. Brückner, Klimaschwankungen, 1890, 305 ff.

(S. 448), die heute nur noch in kleineren Resten vorhanden oder ganz trocken gelegt nur noch durch einstige Strandterrassen erkennbar sind, für lange Perioden äusserst reicher Niederschläge oder sog. Pluvialzeiten[232]). Da man an den Seen die gleiche Zahl von Schwankungen des Seespiegels erkannt hat, wie sich an benachbarten Gletschergebieten Zeiten der Eisausbreitung und des Rückgangs derselben nachweisen lassen, darf weiter auf die Gleichzeitigkeit beider Erscheinungen geschlossen werden. Solche starken Niederschläge setzen nun im Vergleich mit den heutigen Verhältnissen weit weniger einen wesentlich kälteren Winter als einen kühleren Sommer voraus, in welchem einer wasserdampfreichen Atmosphäre auch noch Schneemassen entlockt werden, und die Schneedecke des Winters jedenfalls nicht völlig wieder entfernt wird, sondern sich mit den Jahren anhäufen kann. Eine Eiszeit fordert nach diesen Anschauungen also geringere Gegensätze der Jahreszeiten, ein kühleres Seeklima, reichlichere Niederschläge[233]).

Ein echtes Landklima mit kalten, schneearmen Wintern und heissen Sommern scheint auch während jener Eiszeiten im Innern Asiens und in Ostsibirien geherrscht zu haben, da man dort fast nichts von Gletscherspuren ausserhalb der Hochgebirge findet[234]). Die atlantische Seite Europas macht mit ihrer Eisbedeckung dann keine Schwierigkeit, da wir noch heute dort das Seeklima finden; wohl aber diejenige Nordamerikas, zum wenigsten in seinem westlichen, ganz kontinentalen Teile. Für die Osthälfte darf vielleicht an das gelegentliche Eindringen ozeanischer Winde, die im Winter Kanada mit mächtiger Schneedecke versehen, erinnert werden[235]). Grönlands Eismantel verdankt sicher seine Speisung dem Umstand, dass diese Insel zwischen zwei verhältnismässig kalten, aber nicht zufrierenden Meeresarmen liegt; der diesen letzteren entnommene Wasserdampf schlägt sich auf den kalten Hochflächen alsbald als Schnee nieder[236]). So ähnlich liesse sich die Eisdecke des nordwestlichen Amerikas erklären, wenn sich nachweisen liesse, dass die Gewässer im Norden Amerikas zu Zeiten offener waren als heute, also mit den Ozeanen in einer besseren Verbindung standen. Bei allen diesen Fragen ist jedenfalls der Verlauf der Meeresströmungen von hervorragender Bedeutung.

3. Wenden wir uns zum Schluss zu den Ursachen der säkularen Klimaschwankungen, so können hier aus der grossen Zahl von Vermutungen nur einige der wichtigsten berührt werden[237]). Die eine Gruppe von Forschern stellt den periodischen Wechsel in den Vordergrund und sucht ihn in der wechselnden Entfernung der Erde von der Sonne oder in der verschiedenen Lage ihrer Bahn in der Ekliptik.

Die Aenderung in der Schiefe der Ekliptik, die nur gering sein kann, spielt allein dabei kaum eine Rolle, ebensowenig eine etwaige Verschiebung der Rotationsachse; höchstens könnte erstere herangezogen werden, um die kleineren Wärmeschwankungen in säkularen Zeitläufen zu erklären. Jetzt beträgt die Schiefe der Ekliptik 23° 27′ (S. 152), soll aber nach Stockwell vor 11000 Jahren ein Maximum von 24° 14′ besessen haben. Damals lagen also die Polarkreise (65° 46′) um $^3/_4$° näher dem Aequator und die Sonnenbestrahlung hätte durch diese abweichenden Neigungsverhältnisse bei geringerem Einfallswinkel und längerer

---

[232]) E. Hull schuf diesen Ausdruck 1885 (Mount Seir, Sinai and Western Palestine, London 1885. Vergl. Pet. Mitt. 1885, L.-B. 211). — [233]) A. Woeikof, Gletscher und Eiszeiten in ihrem Verhältnis zum Klima, Zeitschr. f. Erdk. XVI, Berlin 1881, bes. S. 257 ff. — [234]) Woeikof, Geologische Klimate, Pet. Mitt. 1895, 252–66. — [235]) Woeikof a. a. O. — [236]) Woeikof a. a. O., 241 ff. — [237]) Hann, Klimatologie I, 1908, Kap. Klimaänderungen, 345—86, mit lit. Nachweisen; im übrigen s. Rudolphs u. Tams' Jahresberichte im Geogr. Jahrb.

Dauer eine grössere Wirkung gehabt, die sich um so grösser zeigte, je näher wir dem Pol kommen. Man glaubt[238]), dass hierdurch den mittleren und nördlichen Breiten eine Temperaturerhöhung von $1^1/_2 - 2^\circ$ C habe zukommen können. — Wirkungsvoller würde eine Aenderung in der Exzentrizität der Erdbahn sein. Während die Wärmezufuhr bei der jetzigen Exzentrizität von $^1/_{60}$ im Perihel um $^1/_{15}$ grösser als im Aphel ist (S. 567), müsste sich der Unterschied bei einer solchen um $^1/_{13}$ (= 0,0745), welche die Erdbahn vermutlich erreichen kann[239]), auf mehr als $^1/_3$ steigern[240]). Auch der Unterschied in der Dauer der Jahreszeiten muss dadurch beeinflusst werden. Jetzt ist bekanntlich das Sommerhalbjahr um 7 — 8 Tage länger, weil die Erde in der Mitte des Winters durch die Sonnennähe läuft (S. 168). Wenn die Exzentrizität einmal = $^1/_{13}$ ist, so muss der Unterschied beider Jahreszeiten auf 36 Tage wachsen (aus $x : {}^1/_{13} = 7{,}8^d : {}^1/_{60}$). Fällt dann noch gelegentlich das extreme Aphel in die Wintermitte einer Halbkugel, so werden sich geringere Wärmezufuhr und längere Dauer der kalten Jahreszeit in ihren Wirkungen summieren und den Gegensatz von Sommer und Winter verstärken, für die andere Halbkugel letzteren aber abschwächen.

Meist werden die Gesamtwirkungen derartiger kosmischer Konstellationen überschätzt[241]). Die darauf aufgebauten Theorien sind hinfällig, sobald es feststeht, dass die Eiszeiten beide Hemisphären gleichzeitig betroffen haben.

Eine andere Vermutung geht von astrophysischen Ursachen aus und sieht in den Veränderungen des Sonnenkörpers[242]) und seines Strahlungsvermögens die Ursache der grossen, die ganze Erde gleichzeitig beeinflussenden Klimaänderung in geologischen Zeiten, ohne freilich damit Ursache und Notwendigkeit eines periodischen Wechsels nachweisen zu können. Indem die Sonne aus dem Zustand eines weissen Sterns von höchstem Hitzegrad in den jetzigen eines gelben übergegangen sei, erlebe sie Zeiten der Verdunkelung (rötliche Färbung), in denen sie weniger Wärme ausstrahle. Solche seien die Glazialzeiten.

Je nach der Zusammensetzung der Atmosphäre der Erde muss ferner die Wirkung der Strahlung auf der Erdoberfläche auch verschieden sein. Hinsichtlich des grösseren und geringeren Reichtums an Wasserdampf, soweit er die Wolkenbildung vermehrt, ist dies selbstverständlich. Aber es scheint, dass auch der Kohlensäuregehalt Einfluss auf die Wärmeausstrahlung des Erdbodens hat.

---

[238]) Nils Ekholm, Om klimatets ändringar i geologisk och historisk tid samt deras orsaker (Zeitschr. Ymer. Stockholm 1899, 353—405; s. Pet. Mitt. 1900, L.-B. 291). — [239]) Nach Leverrier u. Stockwell, s. Mc Farland, R. W., Perihelion and Eccentricity (Amer. Journ. of Science III, Ser. XX, 1880, 105). — [240]) Aus $A : P = ({}^{12}/_{13})^2 : ({}^{14}/_{13})^2 = 144 : 196 = 1 : 1{,}36$. — [241]) Hann, Klimatologie I, 1908, 374. Siehe dort die Einwände gegen die eine Zeit lang sehr anerkannte, aber mehr und mehr verlassene Crollsche Theorie der Eiszeiten; sie ist von neuem in erweiterter Form aufgenommen von L. Pilgrim, Versuche einer rechnerischen Behandlung des Eiszeitproblems 1904. Vergl. Pet. Mitt. 1905, L.-B. 456. — [242]) E. Dubois, Die Klimate der geol. Vergangenheit und ihre Beziehung zur Entwickelungsgeschichte der Sonne, Leipzig 1893 (London 1895); s. Pet. Mitt. 1893, L.-B. 638. Die Ansicht, dass die diluviale Eiszeit auf Aenderung der Sonnenstrahlung zurückzuführen sei, aufgebend, will der Verf. jetzt nur die ältere Eiszeit damit erklären: Les causes probables du phénomène paléoglaciniaire permo-carbonifériens dans les basses altitudes; Haarlem 1901. Vergl. Pet. Mitt. 1902, L.-B. 16.

Indem sie die Wärmestrahlen absorbiert, verhindert sie den zu starken Wärmeverlust, welchen die Erde durch die Ausstrahlung erleidet.

Freilich gehen die Meinungen der Physiker über den Grad der Abkühlung oder Erwärmung der Luft infolge einer Abnahme oder einer Zunahme des Kohlensäuregehalts in ihr noch weit auseinander, sodass manche überhaupt diese Kohlensäuretheorie der Klimaänderungen ablehnen.

Eine der letzten hierher gehörigen Berechnungen[243]) glaubt, dass eine Steigerung des Gehalts um den vierfachen Betrag die Temperatur der Luft um 9° C erhöhen könne, womit man ein Klima erreicht, wie es die Geologen wohl für die Eozänzeit bei uns annehmen. Umgekehrt soll eine Verminderung des Kohlensäuregehalts um rund 50 — 60 % das Sinken der Mitteltemperatur unserer Breiten um $4°{,}_5$ bedingen, wie es für den Eintritt der Eiszeit von mancher Seite als erforderlich angenommen wird. Hierbei entfällt nach dieser Anschauung im letzteren Falle nicht die gesamte Wirkung auf die Verringerung der Absorption der Erdstrahlung. Vielmehr wird durch die Abkühlung, die dadurch hervorgerufen wird, auch Wasserdampf aus der Luft ausgefällt werden, und diese Abnahme des Wasserdampfes verstärkt die Abkühlung der Luft um annähernd den gleichen Betrag.

Wenn gesteigerte vulkanische Tätigkeit auf der Erdoberfläche die Vermehrung an Kohlensäure in der Luft vielleicht hervorrufen kann, so fehlt es zur Zeit an der Kenntnis ausreichender Ursachen, die eine Verminderung mit sich bringen. Erst eine Verdoppelung der gesamten Organismenwelt (die an sich sehr unwahrscheinlich[244]) ist) würde der Atmosphäre $^1/_3$ ihres heutigen Kohlensäuregehalts entziehen (vergl. § 261). Die Bildung von Kalkgesteinen entzieht allerdings der Luft auch Kohlensäure.

Die mutmassliche Ursache des Herabsinkens der Mitteltemperatur der Erdoberfläche und damit der Eiszeiten sieht eine andere Ansicht in dem Ueberhandnehmen vulkanischer Höhenstaubwolken.

Auf die Erscheinung solcher nach dem explosiven Ausbruch des Krakatoa-Vulkans 1883 ist früher hingewiesen (S. 312). Gesetzt es hat eine sehr gesteigerte vulkanische Tätigkeit in der gleichen Form der Bildung von Kesselbrüchen und alsdann gewaltigen Explosionen in der Diluvialzeit stattgefunden, so liesse sich eine öfters wiederkehrende Trübung der Atmosphäre durch solche Höhenstaubwolken denken, die eine beträchtliche Erniedrigung der Luftwärme hervorbringt[245]). Andererseits ist die gesteigerte vulkanische Tätigkeit nicht gut ohne Vermehrung des Kohlensäuregehalts der Luft denkbar, was, wie oben dargelegt, wieder eine Erhöhung der Lufttemperatur zur Folge haben müsste.

---

[243]) Die Kohlensäuretheorie ist besonders von dem schwedischen Physiker Svante Arrhenius aufgestellt, 1896. Die Resultate seiner Berechnungen weichen nicht unbedeutend von einander ab, daher sie zahlreiche Entgegnungen fanden. Vergl. die letzte Verteidigung seiner Theorie in „Die physikalischen Grundlagen der Kohlensäuretheorie der Klimaveränderungen“ (Zentralbl. für Mineralogie, Geologie etc. 1909, 481—91). — [244]) Ein leidiger Druckfehler („wahrscheinlich“ statt „unwahrscheinlich“) hat in 7. Auflage, 1903, S. 584 die schon 1899 ausgesprochene Ansicht (s. Lehrbuch 1900, 561) ins Gegenteil verwandelt. — [245]) P. u. Fr. Sarasin, Ueber die mutmassliche Ursache der Eiszeit, Verh. d. Naturf. Gesellsch., Basel 1902, XIII.

Buch III.

Biologische Geographie.

§ 257. Literarischer Wegweiser. Die Biogeographie, welche die Verbreitung aller Arten von Lebewesen nach gemeinsamen Gesichtspunkten behandeln will, ist bis jetzt noch nicht viel über allgemeine Betrachtungen hinausgekommen. Mit einigen Grundstrichen zeichnet sie schon Humboldt in seinem Kosmos (I, 1845, 368—378). Gewisse methodische Ideen, die bei der Biogeographie in Frage kommen, stellte F. Ratzel (Anthropogeographie II, 1891, Einleitung) auf, führte dann aber die wichtigeren Gesichtspunkte im Abschnitt „Biogeographie" seines Werkes „Die Erde und das Leben", II, Leipzig 1902, 549—616 spezieller aus. In konkreterer Form versuchte Arn. Jacobi („Lage und Form biogeogr. Gebiete", Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. XXXV, 1900, 147—238) Ratzel'sche Gedanken durchzuführen, sich jedoch fast ausschliesslich auf die Tierverbreitung stützend. Ein gross angelegtes, viel auf Quellenschriften zurückgreifendes Werk von Th. Arldt, Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt (ein Beitrag zur vergleichenden Erdgeschichte, Leipzig 1907), bietet in den Abschnitten „Palaeogeographie" und „Biogeographie der Jetztzeit und Vorzeit" fleissig zusammengetragenes Material zur Gliederung der Erdoberfläche in Reiche und Regionen, gleichfalls ausschliesslich die Tierformen berücksichtigend. Einen der ersten Versuche, Pflanzen- und Tiergeographie in möglichst paralleler Betrachtung vorzuführen, machte Pokorny (Allg. Erdkunde III, 1881, 4. Aufl. 1886). Dieser Abschnitt ist von A. Kirchhoff (III, 5. Aufl., „Pflanzen- und Tierverbreitung", Wien 1899) zeitgemäss umgearbeitet worden.

Pflanzengeographie. Seitdem Willdenow (1792) und Humboldt (1805—1815) die Grundideen für eine Geographie der Pflanzen ausgesprochen hatten, ist namentlich in Deutschland mehrfach der Versuch gemacht, sie systematisch auszugestalten. Die Geschichte dieser Zweigwissenschaft von Botanik und Geographie hat O. Drude eingehend und kritisch dargestellt in seinem Werk „Die Florenreiche der Erde" (Ergänzungsheft Nr. 74 zu Pet. Geogr. Mitteil. 1884); erschöpfender behandelt A. Engler diese Geschichte der Pflanzengeographie (Humboldt-Centenarfeier, Festschr. z. VII. Int. Geogr.-Kongr. 1899, Berlin), Drude's Berichte über die neueren Fortschritte der Pflanzengeographie im Geogr. Jahrbuch (1884—1905), fortgesetzt von L. Diels, orientieren, weil mit besonderem Verständnis für die Bedürfnisse des Geographen ausgewählt, vortrefflich. Einheitlich fasst H. Graf zu Solms-Laubach „Die leitenden Gesichtspunkte der allg. Pflanzengeographie" in kurzer Darstellung (Leipzig 1905) zusammen.

Nach den von einem Atlas begleiteten „Grundzügen der allg. Pflanzengeographie" des Dänen Schouw (aus dem Dänischen, Berlin, 1823) galt A. de Candolle's Géographie botanique raisonnée (2 Bde., 1855) lange als das Hauptwerk, in dem die speziellen Grundsätze für die zu lösenden Aufgaben dargelegt und durchgeführt wurden. Diesem stellten sich später zwei sehr verschiedene Werke von hervorragender Bedeutung zur Seite. A. Grisebach's „Vegetation der Erde

in ihrer klimatischen Anordnung“ (2 Bde., 1872; 2. Aufl. 1884) gab in schöner Sprache eine zusammenhängende Schilderung der heutigen Vegetationsgebiete, die zugleich als eine Darstellung unmittelbarer klimatischer Wirkungsweise gelten kann. Trotz der etwas zu einseitigen Betonung des klimatischen Faktors und Vernachlässigung des Einflusses erdgeschichtlicher Entwicklung auf die Pflanzenbezirke behält das Buch den Wert eines klassischen Werkes der geographischen Literatur. Ein Gegengewicht bot A. Englers „Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt“ (2 Bde., 1879 u. 1882), der am Schluss gleichfalls in einer bedeutsamen Einteilung der Landoberfläche in Vegetationsgebiete gipfelt. Knapp und übersichtlich fasste A. Ascherson das gesamte Material in Leunis' Synopsis des Pflanzenreichs (Bd. I, 1883 herausg. von A. B. Frank, S. 724—834) zusammen, während O. Drude seitdem mehrfach die gleichen Versuche machte, den anschwellenden Stoff nach systematischen Gesichtspunkten durchzuarbeiten und zugleich in kartographischer Form niederzulegen. Zunächst in den oben genannten „Florenreichen“ (mit 2 Karten, 1884), sodann in den acht Karten des „Atlas der Pflanzenverbreitung“, welcher 1887 als Teil des Phys. Atlas von H. Berghaus erschien, und endlich in seinem „Handbuch der Pflanzengeographie“ (Stuttgart 1890), das einen Band der Ratzelschen Geogr. Handbücher umfasst. In kürzerer Fassung behandelt Drude den Gegenstand in Neumayers Anleitung zur wiss. Beob. 1888, II, 139—190; 3. Aufl. II, 1906, 321—388 und Scobels Geogr. Handbuch, 5. Aufl., Leipzig 1909, I, 237—321. In eigenartiger Behandlung führt E. Warming den für den Geographen wichtigsten Zweig der Pflanzengeographie in seinem „Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie“ (deutsch von E. Knoblauch, Berlin 1896; 2. Aufl. 1902 v. P. Gräbner) vor. Hier tritt der floristische Gesichtspunkt zurück. Es werden die wichtigsten eine Landschaft erfüllenden Vegetationsformationen (§ 277) im Anschluss an die gemeinsamen Bedingungen ihres Haushalts geschildert. Von neuen Gesichtspunkten geht das hervorragende Werk von A. F. W. Schimper, „Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage“, Jena 1898, aus. Es ist kein systematisches Lehr- oder Handbuch, sondern sucht die physiologischen Wirkungen der klimatischen Faktoren und Bodeneinflüsse auf die Vegetation und ihre räumliche Gruppierung in schärferem Masse, als es von Grisebach geschah, nachzuweisen. Der Schwerpunkt liegt in der Behandlung der tropischen Zonen. Das Werk ist reich mit ausgezeichneten Abbildungen ausgestattet. Zur Einführung in die Kenntnis der Florenreiche eignet sich F. Höck, Grundzüge der Pflanzengeographie, Breslau 1907, nebst M. Kronfeld, Bilderatlas zur Pflanzengeographie, Leipzig 1899. Von den Lehrbüchern der allgemeinen Erdkunde verweilen besonders Pokornys Allg. Erdk. (s. o.) und Supans Phys. Erdkunde, sowie E. de Martonnes Traité de géogr. physique länger bei der geographischen Verbreitung der Pflanzen. Der betreffende Abschnitt im ersten Werk ist durch A. Kirchhoff (in 5. Aufl. 1899) durch treffliche Schilderungen bereichert. Eine knappe Zusammenfassung gibt H. Diels (Sammlung Göschen 1908). Wegen der ausgezeichneten Abbildungen wichtiger Vegetationsformen muss auch Kerners Pflanzenleben (2. Aufl., Leipzig 1896, 2 Bde.) genannt werden.

Tiergeographie. Seit E. A. W. Zimmermann 1877 seine „Geographische Zoologie“, die Wohnsitze und Wanderungen der Vierfüssler umfassend schrieb, ist die Tiergeographie nur langsam fortgeschritten. Man findet eine übersichtliche, aber etwas einseitig kritisierende Geschichte ihrer Entwicklung (seit 1844) in A. Ortmanns Schrift „Grundzüge der marinen Tiergeographie“ (Jena 1896). Der eine Zweig der Literatur bewegte sich stets in sorgfältiger Sammlung der Angaben des Vorkommens der einzelnen Tiere oder Tiergruppen und Zusammenfassung dieser Erfahrungstatsachen, der andere strebte eine Einteilung der Erdoberfläche in tiergeographische Reiche und Provinzen an. Letzteres geschah in umfassender, aber etwas willkürlicher Weise von L. K. Schmarda,

von dessen Werk „Die geographische Verbreitung der Tiere“ (Wien, 3 Bde., 1853) heute die Einleitung über die Bedingungen des Tierlebens noch lesenswert erscheint. (Vergl. auch Schmarda: Die Tiergeographie und ihre Aufgabe. Geogr. Jahrbuch I, 1866, 402—427.) Seit durch Darwins Schriften weite Kreise zu tiergeographischen Fragen angeregt wurden, haben namentlich Engländer planmässige Untersuchungen über einzelne Tiergruppen angestellt. A. R. Wallace, „The geographical Distribution of Animals“ (2 Bde., 1876, deutsch von A. B. Meyer, 1876), ergänzt durch sein „Island Life“ (1880), ist dann für lange Zeit das massgebende Hauptwerk geblieben und hat besonders durch das Eingehen auf die Ursachen der Verbreitung und die Beziehungen der heutigen zu den ausgestorbenen Faunen bestimmend auf spätere Arbeiten gewirkt. Wallace beschränkt sich übrigens wie seine Vorgänger wesentlich auf Säugetiere, Vögel und Reptilien. Mittlerweile wurden die Ergebnisse der Tiefseeforschungen (s. o. S. 498) bekannt, sodass seitdem auch in den zusammenfassenden Darstellungen die marinen Tiere mehr Berücksichtigung fanden. A. Heilprins Schrift, The geographical and geological Distribution of Animals (The internat. scient. Series N. 68, London 1887, 2. Aufl. 1894), in der dies der Fall ist, zeichnet sich daneben aus durch Hereinziehung der geologischen Veränderungen der Erdoberfläche zur Erklärung der heutigen Verbreitung der Tierwelt. Neben den kurz zusammenfassenden Werken wie E. L. Trouessart, La géographie zoologique (Paris 1890, deutsch von W. Marshall, Leipzig 1891) und der lichtvollen Darstellung in Fr. E. Beddard, A Textbook of Zoogeography (Cambridge Natural Science Manuals, 1895) mag auch auf A. Jacobis Tiergeographie (Sammlung Göschen 1904) hingewiesen werden. Das Werk W. Kobelts „Die Verbreitung der Tierwelt“, Leipzig 1902, beschränkt sich auf die gemässigte Zone und gipfelt in ansprechender Schilderung der Lebensweise von Säugetieren und Vögeln in den einzelnen Landschaften, während systematische Grundfragen kaum berührt werden. An den Abschnitt „Biogeographie“ von Pokorny in der Allg. Erdkunde, von A. Kirchhoff, 5. Aufl. 1899, neu bearbeitet, muss wieder erinnert werden. Ebenso an Arn. Jacobis Aufsatz und Arldt, Entwicklung der Kontinente (s. oben), da sie sich fast ausschliesslich mit der Tierverbreitung beschäftigen. — Von methodischem Interesse ist Ortmanns obengenannte Schrift, Grundzüge der marinen Tiergeographie (1896), in der versucht wird, für die Meerestiere gewisse grosse Lebensbezirke zu konstruieren, ähnlich wie dies von Joh. Walther in Bd. 1 seiner „Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft“: Bionomie des Meeres und Lebensweise der Meerestiere (1893—1894) geschehen ist. Es mehren sich auch die Versuche, niedere Tiergruppen in die allgemeine Betrachtung zu ziehen, ohne dass es immer zu einer abschliessenden Zusammenfassung käme. — Der Mehrzahl obiger Werke sind Karten der tiergeographischen Reiche beigegeben. Der Abschnitt „Tierverbreitung“ in Berghaus' Phys. Atlas von W. Marshall u. A., 1887, bietet in 8 Tafeln Verbreitungsgrenzen einzelner Tier-Familien oder Gattungen.

Die von Schmarda 1866—1889 verfassten Jahresberichte über die Fortschritte der Tiergeographie im Geogr. Jahrbuch sind leider erst 1899 (Bd. XXII) fortgesetzt worden, und zwar von A. E. Ortmann, der besonders in Bd. XXXI, 1908, Stellung zu vielen methodischen Fragen nahm.

I. Die Biosphäre.

§ 258. Die Biosphäre. Ob die Fähigkeit, unorganische Stoffe in organische umzusetzen, oder, was dasselbe ist, ob das Vorhandensein von Lebewesen eine ausschliesslich tellurische Erscheinung, eine unserer Erde vorbehaltene Eigentümlichkeit ist, wissen wir nicht. Ebensowenig kennen wir Zeitpunkte und Oertlichkeiten des ersten Entstehens solcher.

Da jedoch die Tierwelt in letzter Linie die Pflanzen zur Voraussetzung hat, indem diese allein im stande zu sein scheinen, jenen Stoffwechsel zu vollziehen und organische Nahrung zu erzeugen (§ 262), dieser Vorgang aber an die Einwirkung des Sonnenlichts gebunden ist, so muss die durchleuchtete Erdoberfläche die Heimat der Lebewesen gewesen sein. An diese ist auch jetzt noch weitaus die grösste Mannigfaltigkeit und Fülle der Lebewelt gebunden; und bis vor kurzem glaubte man letztere auf den vom Sonnenlicht durchleuchteten Erdraum beschränkt. Wir wissen jetzt, dass sich der Wohnraum der Tierwelt nach unten bis in die grössten Meerestiefen erweitert. Diesen Wohn- und Spielraum der Lebewesen können wir als Biosphäre den drei unorganischen Kugelschalen der Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre zur Seite stellen. Sie durchdringt alle drei längs der physischen Erdoberfläche; Luft und Meer bis zu beträchtlichen Höhen und Tiefen, den festen Boden freilich nur in seiner obersten Schicht. Die Biosphäre ist aber zugleich der Inbegriff aller Bewohner der Erde, den Menschen nicht ausgeschlossen. Diese bilden ihren Bestand und Stoff und, wenngleich aus Milliarden von kleinen und grossen Einzelwesen bestehend, umkleiden sie als Gesamtheit die Erdoberfläche wie mit einem locker gewebten Gewand. Es kommt der Biosphäre eine gewisse Masse organischen Stoffes zu.

Wie das Antlitz der Erde, dessen rohe Züge sich in der Verteilung des Landes und Wassers an der Oberfläche ausprägen, in den verschiedenen Zeitaltern ein wechselvolles Aussehen besass, so hat auch die Biosphäre nach ihren einzelnen Bestandteilen, der Gruppierung der Lebewesen in Rücksicht auf Formenreichtum und Individuenzahl, sowie der Art ihres Zusammenwohnens gewechselt. Von den ersten Zeiten des sich allmählich über die Erdoberfläche ausbreitenden Hauches wissen wir, wie gesagt, nichts. Nur ein Bruchteil der einst lebenden Generationen hat in versteinerter Form Spuren seines Daseins hinterlassen. Denn hierzu können im allgemeinen nur Lebewesen mit irgend welchen Hartgebilden, seien es äussere Schalen und Panzer oder innere Skelettteile, holzige Fasern und Blattrippen oder Fruchthüllen und Kerne u. s. f. gelangen. Millionen von zarteren Gebilden, falls sie nicht gewaltsam durch andere Lebewesen vernichtet werden, zergehen und zerfliessen, ehe eine schützende Decke weichen Erdreichs ihre Gestalt abgeformt hat. Wir werden also von zahllosen Formen, die einstmals bestanden, überhaupt nie mehr etwas erfahren können. Versteinerungen kennen wir erst aus den ältesten paläozoischen Schichten, dem Kambrium. An Formen ungleich ärmer als die späteren Zeiten treten sie uns dort dennoch schon in solcher Mannigfaltigkeit entgegen, dass jener Lebewelt bereits eine lange Geschichte vorausgegangen sein muss. Ununterbrochen, wenn auch wohl mit wechselnder Raschheit, ist, wie wir heute annehmen, die Entwickelung weiter vor sich gegangen. Neue Formen haben sich von den älteren abgezweigt, ältere sind untergegangen, die neueren haben sich reicher ausgestaltet. Diesem langsam vor sich gehenden zeitlichen Wechsel hat ein solcher in räumlicher Hinsicht Vorschub geleistet, je nachdem

eine von Landpflanzen und Tieren bewohnte Fläche von neuem vom Meer überspült, ein Stück des Meeresbodens tiefer gesenkt oder trocken gelegt ward oder klimatische Aenderungen an der Erdoberfläche die Grenzen der Verbreitung der Lebewesen verschoben haben. Alle diese Verhältnisse sind uns für die älteren Zeiten nur in Bruchstücken bekannt, sodass wir nicht im stande sind, den jeweilig für die vorhandene organische Welt bewohnbaren Erdraum nach seiner Ausdehnung mit Sicherheit zu bemessen, noch die Frage zu beantworten, ob derselbe in den verschiedenen Erdperioden bis an seine äussersten Grenzen auch wirklich bewohnt war, und ob vielleicht bereits zeitweilig eine Art von allgemeiner Uebervölkerung stattgefunden hat. Bei der Länge der Zeit, die wir für die Dauer der meisten Zeitabschnitte der Erdgeschichte annehmen müssen, und bei der Kleinheit der Erde ist dies allerdings wahrscheinlich. Für die jüngeren Epochen und die Jetztzeit lassen sich die angeregten Fragen etwas besser übersehen.

§ 259. Ausdehnung und Grenzen der Biosphäre. Der Boden des Luftmeeres über dem Festlande ist die Verbreitungssphäre des reichsten organischen Lebens. Die Atmosphäre ist von zu geringer Dichte, als dass sie Organismen von nennenswertem Gewicht in sich zu tragen vermöchte, wie es das Wasser tut. Auch fehlen den oberen Luftschichten, in denen zwar gewisse Grundstoffe für die Bildung organischer Substanz, wie Stickstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff und Wasser vorhanden sind, die an den festen Erdboden oder das tropfbare Wasser gebundenen Nährsalze.

Nur verhältnismässig wenige flugbegabte Tiere vermögen sich in die Lüfte zu schwingen, und unter diesen steigen nur die Vögel zu beträchtlichen Höhen empor. Wandervögel sollen in Höhen von 4000 m — 5000 m über uns hinwegziehen (?), offenbar um auf diese Weise den Luftwiderstand besser besiegen zu können. Unwahrscheinlich ist jedoch, dass diese Fluglinien noch jene Erhebungen übersteigen, bis zu denen der Mensch, dem seit Erfindung des Luftschiffes gleichfalls die Atmosphäre als Spielraum erschlossen ist, bereits gelangt ist[1]) (10500 m, S. 564). Die Luftströmungen nehmen sicher zahllose kleinste Lebewesen zu unfreiwilligen Wanderungen sehr hoch mit empor.

Die oberen Luftschichten sind somit nur Spielraum für einzelne Lebewesen; der eigentliche Wohnraum ist auch für diese der feste Erdboden oder die Wasseroberfläche, auf denen sie ihre Entwickelung und ihre Nahrung finden.

Fast ein reicheres Tierleben als an der freien Erdoberfläche zeigt sich in der lockeren obersten Erdschicht, besonders in dem an organischen Stoffen reichen, aber immer noch von Luft durchtränkten Humusboden. Sie arbeiten dort an einer Umgestaltung mit (S. 371). Mehr als einige Meter dringt aber auch das organische Leben wohl niemals ein, abgesehen von den für Luft und Licht nicht völlig ab-

[1]) Der Engländer T. G. Longstaff erstieg 1907 im Karakorumgebiet (Pionier-Pik) die Höhe von 7134 m; s. Wichmann in Pet. Mitt. 1907, 215; der Herzog der Abruzzen erreichte 1908 im Karakorumgebiet sogar 7500 m (s. o. S. 564).

gesperrten Höhlen, die mitunter einen schwachen Anflug von Flechten und anderen niederen Pflanzen haben.

Zur Erkennung dieser Tatsachen bedurfte es keiner weiten Reisen. Dagegen hat uns die räumliche Erweiterung unserer Kenntnisse von der Erdoberfläche, die uns das 19. Jahrhundert gebracht hat, annähernd mit den äusseren und inneren Grenzen der Biosphäre bekannt gemacht, soweit sie sich längs des Bodens der Lufthülle und in den Tiefen der Ozeane hinziehen.

Auf dem Festlande wird der Lebewelt im allgemeinen durch das ständige Eis und die völlige Trocknis des Wüstensandes oder den reinen Salzboden eine Grenze gesetzt, wenn auch der Rand des ewigen Schnees gelegentlich mikroskopischen Algen eine Stätte bietet (Roter Schnee). Zwischen dem Gletschereis schieben sich polwärts wie aufwärts im Hochgebirge genügsame Flechten und Moose, auch einige Blütenpflanzen noch weithin vor, ebenso wie in den Wüsten fast jede Stelle, an der Wasserspuren auftreten, noch mit versprengten Organismen besetzt ist. In der Arktis oder den Gegenden rings um den Nordpol hat man eine verhältnismässig reiche Vegetation, die dem Moschusochsen zur Nahrung dient, noch jenseits des 82° N Br. gefunden[2]); im Süden ist bis jetzt ein pflanzliches Leben nur bis zu 74° S Br. festgestellt[3]). Indessen ist damit nicht gesagt, dass ein solches nicht noch in den unbetretenen Küstenstrecken der Antarktis nachgewiesen werden könnte. Wenn die Schneegrenze gelegentlich bis auf 6000 m zurückweicht (S. 642), so ist damit auch annähernd die äusserste Erhebung von Vegetation über der Meeresfläche angedeutet[4]).

In den Oberflächenschichten des Meeres hat man bisher kaum eine Region völlig organismenleer gefunden. Da es sich auch in polaren Gegenden nur oberflächlich mit Eis bedeckt, sonst aber nirgends unter — 2° bis — 3° C sinkt, scheint in horizontaler Richtung kaum eine Grenze für die Existenzmöglichkeit zu bestehen. Was aber die Tiefen betrifft, so hat man die Pflanzen allerdings bis jetzt auf jene oberen Schichten beschränkt gefunden, bis zu denen noch Lichtwirkungen beobachtet sind[5]), also etwa bis 400 m (S. 522). Die Tierwelt aber hat man entgegen früheren Vermutungen weit darüber hinaus verfolgt, und nach dem Befund der Fangnetze, die man selbst bis gegen 6000 m gesenkt hat[6]), scheint tatsächlich kaum eine Tiefenschicht des Meeres ohne tierisches Leben zu sein.

Also auch der gewaltige Wasserdruck von Hunderten von „Atmosphären", wie er in jenen Tiefen vorherrscht — 10 m Seewasser entspricht etwa einem nor-

---

[2]) Auf Grinell Land, westl. v. Grönland; s. Greely, Three years of Arctic Service Append. 1886, Grinell Land Flora. — [3]) Geogr. Jahrb. XXVIII, 1905, 289. — [4]) Die Gebr. Schlagintweit fanden im Karakorumgebirge bei 6038 m Höhe noch mehrere Phanerogamen. Results of a scient. Mission to India, II, 1862, 336. — [5]) Ganz vereinzelt sollen lebende pflanzliche Organismen (einzellige Algen) durch die Plankton-Expedition 1885 aus viel grösserer Tiefe (1000 m — 2000 m) hervorgeholt sein. S. Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 292. — [6]) In 5700 m fand die Challenger-Expedition noch Ringelwürmer, woraus auf ein Tierleben auch in grösseren Tiefen geschlossen werden kann. Chall. Exped. Summary Results 1895, 1431.

malen Atmosphärendruck (S. 561 Anm. 2) —, verscheucht die Tiere nicht aus diesen Tiefenregionen. Indem alle inneren Gase dem gleichen Druck wie die äussere Körperoberfläche ausgesetzt sind, können die Gewebe jenem Druck widerstehen. Nur muss ein plötzliches Emporheben in Schichten geringeren Drucks ein Zerreissen derselben und damit den Tod hervorrufen. Dies wird besonders an den Tiefseefischen mit einer Schwimmblase beobachtet, aber überhaupt können Tiefseetiere schwer lebend an die Erdoberfläche gebracht werden.

Der von der Tierwelt bewohnbare Raum der Biosphäre ist demnach vielleicht fünfmal grösser als der der Pflanzenverbreitung und reicht bis zum Grunde des Meeres. Nachdem früher (S. 278) das Volumen des Meeres zu etwa 1336 Mill. kbkm berechnet ist, könnte man den der Biosphäre zukommenden Raum zu rund 1350 Mill. kbkm annehmen, indem man über der Landfläche eine Schicht von rund 100 m hinzurechnet (149 Mill. qkm $\times$ 100 m = 15 Mill. kbkm). Diese Zahl würde sich alsbald vervierfachen, wenn man den Spielraum für die flugbegabten Tiere mit rund 8000 m Höhe hinzunehmen wollte. Tatsächlich werden innerhalb dieses mächtigen Raumes zahlreiche Gebiete völlig der Organismen entbehren.

§ 260. Dichte und Masse der Biosphäre. Die Frage, ob heute die Lebewelt bereits die Erdoberfläche in horizontaler und vertikaler Richtung soweit umsponnen hat, wie nach der tatsächlichen Verteilung der Meeresräume in bezug auf Umriss und Tiefe und nach den jetzt wirksamen klimatischen Verhältnissen möglich ist, dürfte zu bejahen sein. Seit kurzem darf man es auch wagen, der Frage ihrer Dichte näher zu treten. Es bestehen jedenfalls die grössten Unterschiede in der Dichtigkeit des Gewebes der organischen Welt, wenn wir sie als ein Ganzes auffassen. Einem Hauche gleich scheint sie uns in den polaren Breiten oder auf hohen Bergen. Moose und Flechten bewohnen dort, eng an den Boden sich anschmiegend, doch nur ganz vereinzelte Strecken. Wir sprechen von einer Tundrenzone (§ 280) rings um die Arktis, in der kein Strauch sich meterhoch erhebt. Die Tierwelt lässt sich, wenn auch an einzelnen Uferstrecken des Meeres in ungeheuren Gesellschaften auftretend, leichter überschauen. Die Baumgrenze überschreitend finden wir in den weiten Regionen Kanadas oder Sibiriens nur niedrigen und lichtstehenden Wald, durch Moor und Sumpfstrecken unterbrochen. Allmählich werden die Wälder südwärts dichter und höher, aber die Lichtungen zugleich grösser. Denn in den gemässigten Breiten nimmt die Kultur des Bodens mit dem Bau von Getreide oder Futterkräutern und mit den Graslandschaften immer beträchtlichere Flächen ein. Es folgt ein Gürtel von Steppen und Wüsteneien, in dem aller höhere und dichtere Pflanzenwuchs sich auf wenige Flussbetten zurückzieht. Die Graslandschaften der Tropen zeichnen sich durch höheres und dichteres Wachstum der Gräser aus. Die grösste Pflanzenfülle aber bietet der tropische Urwald, in dem die Wälder oft in mehreren Stockwerken übereinander geschichtet und von Schlinggewächsen durchzogen sind. Gegenüber der Masse der Vegetation verschwindet auf dem Lande alles, was die Tierwelt an grossen Gesellschaften zu stellen vermag.

Hinsichtlich des Meeres haben sich die übertriebenen Vorstellungen von dem unerschöpflichen Reichtum der dortigen Lebewelt ge-

klärt, seit man sich bei wissenschaftlichen Beobachtungen wie hinsichtlich der Fischereien von den Küsten und der Flachsee losgesagt und das hohe Meer ins Auge gefasst hat. Nur in flachen Gewässern kommen die für den Fischfang erwünschten „Fischberge" vor. Im übrigen zeigt sich, dass die Verbreitung der Tiere nach unten rasch abnimmt, sodass die eigentlichen Tiefen ähnlich dürftig bevölkert sind, wie die polaren Gebiete auf dem Festlande oder die höheren Bergregionen.

Fassen wir nun die Masse organischen Gebildes ins Auge, wie es zeitweilig in den Milliarden und aber Milliarden einzelner lebender Pflanzen und Tiere verkörpert ist, so verschwindet die Biosphäre als Inbegriff dieser Masse hinter der der Hydrosphäre und beträgt wohl kaum $^1/_{2000}$ vom Gewicht der Atmosphäre. Denn eine Schätzung, aus zahlreichen Einzelberechnungen zusammengefügt, lässt vermuten, dass die gesamte organische Schicht, wenn zu einer homogenen Masse verdichtet, wie wir uns dies von der homogenen Atmosphäre vorstellten (S. 561), die Erdoberfläche wohl nicht höher als 5 Millimeter bedecken würde.

Es kann sich zur Zeit nur darum handeln, eine obere Grenze für diesen Wert zu gewinnen[7]). Das organische Gebilde wird dabei nur nach seiner formlosen Masse oder nach dem Raum in Rechnung gestellt, den jede Pflanze oder jedes Tier unter Ausschluss aller ihre äussere Gestalt so mächtig vergrössernden Hohlräume in Anspruch nehmen würde. Das mittlere spezifische Gewicht solchen organisch geformten Stoffes wird wenig von dem des Wassers verschieden sein. Die Rechnung vereinfacht sich für alle Bestandteile, welche sich in einer gewissen mittleren Dichte flächenförmig über grössere Teile der Erde ausbreiten wie für die Pflanzendecke des Festlandes oder das Plankton (S. 516) des Meeres.

Diese pflanzliche Bodenbedeckung (§ 287) kann hierbei kurz in vier Abteilungen zusammengefasst werden. Nicht in Betracht kommen für unseren Zweck die fast vegetationslosen Wüsten; zu den natürlichen Graslandschaften können neben Steppen auch Moore, Heiden gerechnet werden; diesen mageren Graslandschaften (Steppen) im weitesten Sinne wollen wir drittens das Kulturland der Felder, die Schöpfung des Menschen, mit reicherem Ertrag, aber doch nur von jährlicher Dauer der Vegetation gegenüberstellen, die Savannen hinzurechnend. Beim Walde endlich treten zwar die beträchtlichsten Unterschiede hinsichtlich der Masse aufgespeicherten organischen Stoffes auf, vom niedrigen Buschwald, den lichten Beständen der nordischen Birken- und Kiefernwälder bis zu dem dunklen Tannendickicht und der Fülle des tropischen Urwaldes, immerhin aber summiert sich hier der Jahresertrag für eine stattliche Reihe von Jahrzehnten. Die Ausdehnung der von diesen vier Arten der Bodenbedeckung eingenommenen Flächen lässt sich heute einigermassen abschätzen (§ 287). Land- und Forstwirtschaft belehrt über den mittleren Ertrag einer mit Wiese, Feldfrucht oder Wald verschiedener Holzart bestandenen Flächeneinheit. Wenn ein Hektar eines Rüben- oder eines Getreidefeldes rund mindestens 4000 kg Trockensubstanz erzeugt[8]) und die frischen Pflanzen 80 % Wasser enthalten, so erhält man 20000 kg als Gewicht der Ernte im frischen Zustande, oder rund 20 kbm, die auf 10000 qm ausgebreitet diese Fläche in Höhe von 2 mm bedecken würden. Für die Steppen (s. o.) wird alsdann 1 mm Durchschnittshöhe schon beträchtlich sein. Beim Walde

[7]) Die nähere Begründung dieser erstmaligen Schätzung kann hier nur angedeutet werden. — [8]) Ebermayer, E., Physiol. Chemie der Pflanzen, Berlin 1882, 39.

unserer Breiten darf man vielleicht 500 Festmeter pro Hektar (d. h. 50 mm Bedeckung) als mittleren Ertrag der in ihm aufgespeicherten Holzmasse (im frischen Zustande) annehmen und den Mehrgehalt der tropischen Wälder durch den Mindergehalt der nordischen Waldungen als ausgeglichen betrachten. Nimmt man als erste Annäherung (§ 287) Steppen und Felder zu je $^1/_5$ der Landfläche der Erde, also zu je 30 Mill. qkm an, so ergibt sich, dass die dem Grasland entnommenen organischen Massen einen Raum von rund 30 kbkm (= 30000000 qkm × 0 km,000001), die der Felder einen solchen von 60 kbkm einnehmen werden. In gleicher Weise den Wäldern $^3/_{10}$ der Landfläche zuweisend (= 45 Mill. qkm), stellen wir 2250 kbkm für diese ein. Auf 510 Mill. qkm ausgebreitet, würde sich die Schicht von zusammen 2340 kbkm nur auf 4,6 mm erheben.

Bei der Tierwelt des Landes bleibt nichts übrig, als die Zahl der grösseren Formen zu schätzen und nach ihrem durchschnittlichen Gewicht die Masse zu bestimmen. Dies wird uns durch die annähernde Kenntnis der Zahl der Menschen, sowie der Haustiere auf der Erde erleichtert, für welche Volks- und Viehzählungen innerhalb der meisten Kulturstaaten die Grundlage bilden. Eine Einzelschätzung ergibt, dass die gesamte Tierwelt des Festlandes, wenn in obiger Weise verdichtet, sicher nicht 1 Kubikkilometer an Raum in Anspruch nehmen wird, daher hier gegenüber der Masse der Pflanzenwelt verschwindet.

Nachdem ein erster Versuch, die Masse des Plankton, der frei im Meere schwimmenden Lebewesen, in Küstengewässern zu bestimmen, zu dem Ergebnis geführt hat, dass man als Jahresertrag den einer mässigen Wiese (etwa zu 1500 kg Trockensubstanz pro Hektar) annehmen könne[9]), wird die Schätzung, dass durchschnittlich jedes Hektar der Meeresfläche, wenn auch bis in die grössten Tiefen ausgeschöpft, 300 kg solchen Stoffes enthält, eine sehr hohe sein; denn weite Räume sind fast unbewohnt, und nach unten nimmt die Tierwelt rasch ab. Die grösseren Seetiere spielen hierbei ihrer geringen Zahl wegen keine Rolle. Baut man die Meeresorganismen wieder aus 5% Trockensubstanz und 95% Wasser auf, sodass 6000 kg etwa = 6 kbm organischer Meeresgebilde ein Hektar nur bis 0,6 mm hoch bedecken würden, so finden sich aus 361 Mill. qkm Meeresfläche eine organische Masse von 217 kbkm, welche auf die gesamte Erdoberfläche verteilt eine Schicht von nur 0,4 mm ergeben würde.

Insgesamt findet sich also als erste Annäherung ein Raumgehalt von 2558 kbkm (2340 + 1 + 217), rund 2550 kbkm, welche, auf 510 Mill. qkm ausgebreitet, die Erdoberfläche mit einer Schicht von nur 5 mm bedecken würde. Bei dem von 1 kaum verschiedenen spezifischen Gewicht entspricht dies einer Zahl von 2550 Bill. kg, also etwa $^1/_{2000}$ des Gewichts der Atmosphäre, wenn wir letzterer ein solches von 5110000 Bill. kg beilegen (S. 562).

§ 261. Verhältnis der organischen Masse zum Kohlensäuregehalt der Luft. Die Frage, ob die Lebewelt heute bereits den höchsten Grad der Dichte erreicht hat, ist wohl zu verneinen. Die Gesamtheit der lebenden Wesen scheint noch einer beträchtlichen Vermehrung fähig. Zunächst ist daran zu erinnern, dass die Biosphäre nichts Feststehendes, in der Zusammensetzung Dauerndes ist, sondern sich in einer unausgesetzten Umbildung, einem steten Wechsel von Aufbau und Zerstörung befindet. Die Arbeit der Pflanzen setzt jahraus jahrein Milliarden von Kilogrammen unorganischen Stoffes in organischen um. Diese ermöglichen, soweit sie nicht alsbald wieder in Gase und Asche zerfallen, oder wie in den Holzteilen besonders den Sträuchern und

[9]) W. Hensen im V. Bericht der Kommission f. wiss. Untersuchung der deutschen Meere, 1887, 96 ff.

Bäumen, für eine Reihe von Jahren aufgespeichert werden, das Wachstum einer allerdings auch schnell im Bestand wechselnden Tierwelt. Im ganzen scheint jedoch schon seit Jahrtausenden ein gewisser Gleichgewichtszustand in diesen Vorgängen zu bestehen. Wenigstens beweist die Fortdauer des Lebens, dass das Bilden nicht wesentlich hinter dem Zerstören zurückgeblieben ist[10]). Es ist aber schwer, aus den deutlich zutage tretenden örtlichen Veränderungen in der Ausdehnung und Dichte der Pflanzendecke oder der Tiermenge zu beurteilen, ob insgesamt eine Verdichtung oder Auflockerung der Biosphäre vor sich geht.

Scheinbar trägt der Mensch, besonders seit er sich mit seiner Bodenkultur weit ausgebreitet hat, zu einer dauernden Vermehrung des organisch gestalteten Stoffes auf dem Festlande bei. Wo magere Steppen in Kornland verwandelt, Weiden durch regelmässige Abtrift, Wiesen durch mehrfachen Schnitt, Felder durch Düngung zu reicherem Ertrage gebracht oder wie in manchen tropischen Landstrichen doppelte Ernten erzielt werden, da ist eine Verdichtung der Lebewelt möglich. Sie spricht sich in der ungemein raschen Vermehrung des Menschengeschlechts wie der Haustiere, besonders im letzten Jahrhundert, aus. Aber es erscheint durchaus fraglich, ob diese so offenbar in die Erscheinung tretende Produktion an organischen Gebilden den Verlust aufwiegt, welcher in der masslosen Vernichtung von Waldflächen gerade in den letzten zwei Jahrhunderten zu sehen ist. Denn diese sind ja auch nur zum Teil durch Ackerboden und Weide wieder ertragsfähig gemacht.

Der Kohlenstoff ist der für die Pflanze wichtigste Nahrungsstoff (§ 263) und dieser wird vornehmlich der der Luft beigemengten Kohlensäure entnommen. Man müsste eine zunehmende Verdichtung der Pflanzendecke allmählich an der Verminderung des Gehalts der Luft an Kohlensäure merken. In der Tat hat man früher dieser Ansicht gehuldigt[11]). Indessen werden jährlich gewaltige Mengen Kohlensäure der Atmosphäre zurückgegeben, und man kann behaupten, dass diese Quantitäten durch die menschlichen Kulturfortschritte gerade in unserer Zeit nicht ganz unbedeutend vermehrt werden[12]).

Der Ausatmungsvorgang des vermehrten Menschengeschlechts wie der Haustiere spielt hierbei eine nicht zu unterschätzende Rolle. Da ein Mensch im Mittel täglich 700^{gr} — 800^{gr} Kohlensäure beim Ausatmen erzeugt[13]), also jährlich 250^{kg} — 300^{kg} oder rund 275^{kg}, so macht dies (bei 1600 Mill. Menschen — sicher ist die Zahl der Menschen heute beträchtlich grösser (§ 300) — etwa $0,_{42}$ Bill. kg); für das Jahr also immer schon $^1/_7$ Bill. kg mehr als vor hundert Jahren aus, wo es gering gerechnet 500 Mill. Menschen weniger gab. Und während man früher meist nur zur Erwärmung und Speisebereitung pflanzliche Stoffe verbrannte, ist mit der wachsenden Grossindustrie und dem Dampfverkehr die Zufuhr an Kohlensäure durch die Verbrennung vor allem der mineralischen Kohle immer grösser geworden. Wenn man heute jährlich mindestens 1 100 000 Mill. kg Kohlen verbrennt (§ 390) mit einem mittleren Gehalt von 80 % an Kohlenstoff, so ergibt dies in Kohlensäure umgesetzt jährlich fast $3^1/_4$ Bill. kg (da

[10]) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., 1897, I, 279. — [11]) J. v. Liebig, Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur etc., 7. Aufl., 1862, I, 19. — [12]) Derartigen Massenberechnungen begegnet man nicht selten in biologischen Werken, aber, weil meist aus verschiedenen Quellen zusammengetragen, oft in widerspruchsvoller Form. — [13]) Vierordt, Anatom. u. physiol. Daten und Tabellen, Jena 1893, 175.

1 kg Kohlenstoff $3^2/_3$ kg Kohlensäure erzeugt[14]). Freilich ist zu berücksichtigen, dass immer nur der geringere Teil des Zuwachses an Kohlensäure in der Atmosphäre bleibt, da das Meer sofort den grösseren Teil — nämlich etwa $^5/_6$ — in sich aufnimmt. Der vermehrte Verbrauch an Brennholz bleibt hierbei ganz ausser Betracht.

Man kann annehmen, dass die organische Welt zu $^3/_4$ aus Wasser besteht; rund 23 % entfallen auf organische Substanz und 2 % auf unverbrennliche Aschenteile. Sehr hoch gerechnet besteht die Hälfte jener Trockensubstanz aus Kohlenstoff, der aus der Kohlensäure der Luft oder des Wassers entnommen ist. Nehmen wir rund 10 % des Gesamtgewichts dafür an, so würden in den 2550 Bill. kg, zu denen wir letzteres berechneten, 255 Bill. kg Kohlenstoff enthalten sein. Dies entspricht etwa dem dritten Teil des in der Form von Kohlensäure in der Luft enthaltenen Kohlenstoffes.

Denn wenn man in Gewichtsprozenten den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure zu $0{,}_{045} - 0{,}_{06}$ (in Volumproz. $0{,}_{03} - 0{,}_{04}$; das spezifische Gewicht des Kohlenstoffs in bezug auf Luft beträgt $1{,}_{53}$) annehmen kann, so ergibt sich aus dem Gewicht der Atmosphäre von 5 110000 Bill. kg (S. 562) als Gesamtmasse der darin enthaltenen Kohlensäure 2300 — 3000 Bill. kg; dies entspricht einer Kohlenstoffmenge von 650 — 800 Bill. kg (s. o.).

II. Verbreitungsweise der Organismen.

§ 262. Allgemeine Verbreitungsbedingungen der Organismen. Die Elemente, aus denen sich die Biosphäre zusammensetzt, sind die zahllosen Einzelwesen, die man seit Aristoteles in die grossen Gruppen der Pflanzen und Tiere zusammenfasst. Der Mensch bildet hierin die oberste Ordnung des Tierreichs. Wir wissen heute, dass in den einfachsten Lebewesen jene Unterscheidung nicht mehr aufrecht zu erhalten ist. Doch das verschlägt für den heutigen Standpunkt der Biogeographie wenig. Die Organismen zerfallen weiter in eine unendliche Menge von Formen, welche die Biologen je nach den Verwandtschaftsgraden in Familien, Gattungen, Arten, Varietäten zusammenzufassen suchen, um sie weiter in Gruppen höherer Ordnung zu gliedern (§ 269).

Mit dieser Mannigfaltigkeit der Formen steht im engen Zusammenhang die grosse Verschiedenheit der biologischen Momente, die für die geographische Verbreitung massgebend sind: die Zahl der Nachkommen, die Mittel räumlicher Verbreitung, die Anpassung an die äusseren Bedingungen eines Wohngebietes, die Fähigkeit, sich oder die Nachkommen (Samen, Eier) innerhalb eines Ansiedelungsgebietes gegen Mitbewerber oder Feinde zu behaupten. Nach diesen Gesichtspunkten ordnen sich die Organismen wesentlich anders als nach dem verwandtschaftlichen System.

Die Mannigfaltigkeit der unorganischen Erdoberfläche bietet andererseits den Organismen verschieden ausgestattete Wohnräume

[14]) M. O. Rudzki (Physik der Erde, 1910, 565) findet einen verhältnismässig zu hohen Zuwachs an Kohlensäure, nämlich $2{,}_{82}$ Bill. kg bei einem Verbrauch von etwa 780000 Mill. kg Kohle gegen oben $3{,}_{23}$ Bill. kg bei einem solchen von 1100000 Mill. kg, weil er die Kohle nicht erst auf den Gehalt an Kohlenstoff zurückführt.

zur Ansiedelung, verschiedene Wege und verschiedene Schranken der Verbreitung. Im Wind und fliessenden Wasser treten noch eigenartige Beförderungsmittel hinzu. Allen diesen geographischen Momenten stehen die Lebewesen infolge ihrer verschiedenartigen Organisation nicht in gleicher Weise gegenüber.

Was die Verbreitungsmittel betrifft, so unterscheiden wir kurz die Wanderung und die Verschleppung von Lebewesen. Die Pflanzen und ein beträchtlicher Teil der niederen Tierwelt sind, weil entweder an den Boden festgeheftet oder zu schwach, die Widerstände des bewegten Mediums zu besiegen, im allgemeinen auf die passive Wanderung, auf ein sie willenlos forttragendes Beförderungsmittel angewiesen. Die höhere Tierwelt kann — freilich in sehr verschiedenem Masse — sich selbst von Ort zu Ort bewegen, also aktiv nach selbstgewählten Richtungen bis zu gewissen Grenzen wandern. Der Mensch allein hat künstliche Beförderungsmittel — das Schiff — ersonnen und dadurch Erdräume erreicht, die ihm seinem natürlichen Bau nach unzugänglich geblieben wären.

Hinsichtlich der Ausstattung der einzelnen Teile der Erdoberfläche zwecks Aufnahme von Organismen brauchen wir uns nur der Verschiedenheit des Klimas, der Form und Beschaffenheit des Bodens, des Reichtums oder der Armut an Wasser, des Gegensatzes von Salz- und Flusswasser, der geographischen Lage eines Wohnplatzes und seiner Umkränzung, ob Schutz bietend gegen allzu starken Wind oder Wellenschlag, ob offenes Land oder dichte Pflanzendecke u. s. w. zu erinnern — um zu erkennen, dass die nämlichen Verhältnisse ganz anders auf verschiedenartig gebaute Lebewesen wirken müssen. Die Pflanzen sind in unmittelbarer Abhängigkeit von der Mehrzahl der geographischen Momente. Es gelingt uns daher, die natürlichen Ursachen ihrer Verbreitung in vielen Fällen leichter zu erkennen und die Gewächse in Gruppen gleicher Verbreitungsbedingungen zu gliedern. Eine grosse Zahl von niederen Tieren steht auf ähnlicher Stufe. Nicht allein die am Boden haftenden, die grösstenteils dem Meere angehören, sondern auch solche, welche auf ganz bestimmte Pflanzen hinsichtlich ihrer Ernährung angewiesen sind. Aber je höher wir im Tierreich emporsteigen, um so unabhängiger werden auch die Pflanzenfresser unter ihnen von der einzelnen Pflanzenkost. Den Unbilden der Witterung vermögen sich viele Tiere durch periodische Wanderungen zu entziehen. Immerhin muss auch das neue Wohngebiet, wohin die Tiere freiwillig gelangen, oder die Zufluchtsstätte, in die sie gedrängt werden, ähnliche Nahrung gewähren, und Mangel an solcher hält grosse Tiergruppen von bestimmten Vegetationsgebieten fern. Die kletternden Waldtiere, die sich von Samen und Früchten nähren, können die Steppe nicht überschreiten. Der Mensch steht auch diesen Verhältnissen weit freier gegenüber. Nicht nur, dass er durch Wohnung und Kleidung die Wirkungen der Witterung und des Klimas für den eigenen Körper mildert; er vermag vor allem dadurch sein Wohngebiet zu erweitern und seine Ansiedelungen zu verdichten, dass er mittelst Bodenkultur und Viehzucht Nahrungsstoffe anderwärts

verpflanzt d. h. an Orten erzeugt, wo die freiwilligen Gaben der Pflanzendecke oder des Tierreichs sie ihm nicht in ausreichendem Masse bieten.

Die Organismen nach der Gleichartigkeit ihrer äusseren Lebensbedingungen zu gruppieren und danach die Biosphäre in Lebensbezirke zu gliedern, ist nun die eigentliche Aufgabe der Biogeographie. Sie wird, wie angedeutet, dadurch erschwert, dass bei der Verschiedenheit der Organisation die gleichen geographischen Schranken nicht für alle in einem Bezirke wohnenden Pflanzen, Tiere und Menschen die gleiche Bedeutung haben und die Verbreitungsgrenzen der verschiedenen Gruppen nicht zusammenfallen. So ist es begreiflich, dass man jenem ideellen Ziele gegenüber zur Zeit noch bemüht ist, die Verbreitung ähnlich ausgestatteter Gruppen von Lebewesen für sich zu studieren. Die Anthropogeographie, wenn auch nach ähnlichen Grundsätzen zu behandeln, zweigt sich naturgemäss von der Biogeographie ab. Was Pflanzen und Tiere betrifft, so lässt sich innerhalb einer kurzen Uebersicht, die nur auf einige Andeutungen sich einlassen kann, manches in paralleler Betrachtung erörtern.

§ 263. Die äusseren Lebensbedingungen der Pflanzen[15]**.** Aus der Fülle von Lebensbedingungen, denen das Gedeihen der Pflanzen unterworfen ist, wird hier nur an wenige ihren Haushalt berührende Punkte erinnert. Die Pflanzen bedürfen zu ihrem Aufbau des Kohlenstoffs, den sie in reichlicher Menge aus der überall in der Luft und auch im Wasser enthaltenen Kohlensäure entnehmen. Die Aufgabe des Stoffwechsels ist es, diese letztere unter dem Einfluss des Lichtes und innerhalb gewisser Temperaturgrenzen in organische Nahrung überzuführen, während unausgesetzt und unabhängig vom Licht die organische Maschine durch die Atmung d. h. die Aufnahme von Sauerstoff unter Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser im Gang erhalten wird. Den gleichfalls notwendigen Stickstoff entnimmt die Pflanze im allgemeinen nicht der Atmosphäre, obwohl diese 78 Raumteile an Stickstoff enthält, sondern aus dem Boden oder dem umgebenden Wasser. Und das letztere ist bekanntlich mit allen jenen Elementarstoffen der Fall, die sich meist als Salze im Boden finden und nach der Verwesung oder Verbrennung der Pflanzen als Aschenteile zurückbleiben. Ist von solchen für ihre Entwicklung auch meist nur eine verschwindende Menge unerlässlich, so gedeihen sie bei reichlicherer Zufuhr, je nachdem dieser oder jener Stoff bevorzugt wird, lebhafter. Alle diese Stoffe können nur in löslicher Form aufgenommen werden. Auch in dieser Hinsicht ist also das Vorhandensein von Wasser Vorbedingung der Existenz. Aber die gesamte Lebenstätigkeit bedarf, da der Pflanzenkörper zum grössten Teil aus Wasser aufgebaut wird, noch reichlicherer Mengen, und es wird ihr dies durch den Transspirationsvorgang zugeführt. Die Wurzeln saugen es aus

---

[15]) S. besonders E. Warming, ökologische Pflanzengeogr. 1895, Abschn. I, 12—93, Die ökologischen Faktoren und ihre Wirkungen; A. F. W. Schimper, Pflanzengeogr. 1898, 1. T. Die Factoren, 1—172.

dem Boden auf, und durch Verdunstung, die von den Blättern, bei einigen Pflanzen von der Oberhaut des Stammes ausgeht, wird es wieder entfernt. Die Menge dieses Vegetationswassers ist eine äusserst schwankende, und seine Abnahme wird nur von wenigen Pflanzen, wie Moosen und Flechten, sowie von gewissen Samen bis zum vollen Eintrocknen ertragen [16]).

Einfluss des Bodens [17]). Während es nun zahlreiche Pflanzen gibt, die ohne Unterschied fast auf jeglichem Boden wachsen, ziehen andere gewisse Bodenarten vor oder sind ausschliesslich an diese gebunden. Bei den Salzpflanzen ist es wesentlich die chemische Natur des Bodens, bei Kalk- und Kieselpflanzen, welche man neben jenen zu unterscheiden pflegt, sind zugleich seine physikalischen Eigenschaften, wie die Durchlässigkeit, die Wärmekapazität etc., massgebend. Da das Feuchtigkeitsbedürfnis der Pflanzen ein sehr verschiedenes ist, so ziehen sich solche, die Trockenheit lieben, in feuchtem Klima oft auf Bodenarten zurück, die wie der Kalk verhältnismässig trocken und warm sind, während sie in trockeneren Klimaten auf jedem Boden gedeihen. Alle diese den Standort der Vegetation bedingenden Momente, wie sie namentlich auch durch die Festigkeit des Untergrundes bedingt sind, können hier nicht erörtert werden. Zu ihnen gehört auch die ausserordentliche Mannigfaltigkeit, die durch den Oberflächenbau des Bodens bedingt ist, wodurch lichterfüllte Flächen von stärker beschatteten, reichlich bewässerte von solchen geschieden werden, an welche die rieselnden Gewässer schwer gelangen.

Einfluss des Klima. Auch das Licht [18]), dessen wechselnde Dauer und Stärke in den bisherigen Betrachtungen über das Klima nur wenig berührt ist, spielt für die Verteilung der Pflanzen eine wichtige Rolle, doch ist sein Einfluss bisher mehr im Laboratorium als in der freien Natur unter verschiedenen Breitenlagen studiert; er ist allerdings nicht leicht von den Wärmewirkungen zu trennen. Das starke Wachstum tropischer Gewächse dürfte neben der langen Belaubung wesentlich auf den Einfluss des Sonnenlichts zurückzuführen sein, während in polaren Gegenden die lange Dauer der Bestrahlung die geringere Intensität einigermassen ausgleicht. Uebrigens treten, wenn auch Bewölkung zeitweise abschwächend eingreift, hinsichtlich der Beleuchtung nicht entfernt solche Gegensätze auf der Erdoberfläche ein, wie wir sie in betreff der Lufttemperatur in einzelnen Gegenden wahrnehmen.

Ein jeder Vorgang im Pflanzenleben ist an bestimmte Temperaturen gebunden, vor deren Eintritt im Jahre er nicht beginnt; damit

[16]) Die Bedeutung des Wasserbedürfnisses wird von Schimper (a. a. O.) derart in den Vordergrund gestellt, dass er die gesamten Pflanzen in Xerophyten oder Trockenpflanzen, Hygrophyten oder Feuchtpflanzen (?) und Tropophyten d. h. Pflanzen, die je nach den Jahreszeiten den Charakter der Feucht- oder Trockenpflanzen haben, einteilt. — [17]) Um eine adjektive Form zu haben, schlägt Schimper (a. a. O., 5) den Ausdruck edaphische Wirkungen für die Einflüsse des Bodens vor (von τὸ ἔδαφος, der Boden). Im übrigen s. über diese Einflüsse Schimper, 93—131. — [18]) Schimper, a. a. O., 61—77; J. Wiesner, Der Lichtgenuss der Pflanzen, Leipzig 1907.

ist der wichtigste geographische Faktor für die Verteilung der Vegetation auf der Erdoberfläche genannt. Dies spezifische Wärmebedürfnis ist freilich wieder für die verschiedenen Pflanzenarten, wie für die einzelnen Lebensverrichtungen ein und derselben Art ein beträchtlich verschiedenes, ihnen erblich anhaftendes. Keinesfalls aber würden die grossen Gegensätze, die in der Temperatur der obersten Bodenfläche oder der untersten Luftschicht im Laufe des Jahres am gleichen Ort gefunden werden, von der Mehrzahl der Pflanzen ertragen werden, vollzöge sich der Lebensprozess bei ihnen nicht gleichfalls in einer periodisch auf- und absteigenden Jahreskurve. Bei allen Pflanzen wechseln Zeiten der Ruhe mit solchen erhöhter Lebenstätigkeit; die letztere nennen wir ihre Vegetationsperiode, in der allein Keimung, Nahrungsbildung, Wachstum vor sich geht, um mit der Samenreife abzuschliessen. Von einem Winterschlaf redet man bei allen Pflanzen gemässigter und kalter Klimate, in denen die vegetativen Organe wegen einer zu niedrigen Temperatur der Umgebung ruhen; ihm steht in heissen und besonders mit Trockenzeiten verbundenen Erdstrichen eine Art von Sommerschlaf zur Zeit der höchsten Hitzegrade oder grössten Trocknis gegenüber.

Nur bei einigen Algen — besonders polarer Meere — erscheint die Lebenstätigkeit bereits bei Temperaturen von -1° bis -2° zu erwachen[19]), sonst wohl immer erst bei solchen über dem Gefrierpunkte des Wassers. Alpine Gewächse keimen schon bei 2° C, unsere Getreidearten etwa bei 4°; viel höher liegt dieser spezifische Nullpunkt der vegetativen Funktionen bei tropischen Pflanzen. Umgekehrt können nordische Pflanzen die höchsten Wärmegrade gemässigter Breiten nicht ertragen, und solche der letzteren gehen bei $35^{\circ}-40^{\circ}$ meist zu grunde. Die höchsten Bodentemperaturen (S. 573) findet man nur im nackten vegetationslosen Boden.

Nicht also die mittlere Jahrestemperatur, sondern vielmehr die mittlere Temperatur während ihrer Vegetationsperiode und die Dauer eines gewissen Wärmebetrages ist für die Einzelpflanze massgebend. Dadurch erklärt sich, dass wir so manche hochorganisierte Pflanzen wie besonders Bäume bis in die Regionen der Kältepole sich ausbreiten sehen. Die sehr hohen Kältegrade des langen Winters, der noch dazu schneearm ist, werden von ihnen durch eine eigenartige Organisation der Rinden und Splintholzschichten ertragen, während sich der ganze Lebensprozess in dem kurzen aber warmen Sommer von 2—3 Monaten vollzieht. Durch die Fähigkeit vieler Pflanzenarten, ihre Vegetationsperiode zu verlängern oder zu verkürzen, ist ihnen die Möglichkeit gewährt, sich über klimatisch stark variierende Gebiete auszudehnen. Bei der Kiefer schwankt sie zwischen 3 und 8 Monaten. Der Mais braucht von der Keimung bis zur Reife der Früchte in den Tropen 7, an der Polargrenze seiner Verbreitung nur 3 Monate.

Ebenso ist die Benetzung des Bodens durch Niederschläge und deren periodischer Verlauf von grösster Bedeutung. Die ungeheure Vermehrung der Algenvegetation oder anderer Wasserpflanzen in den Gewässern ist allein denkbar bei dem nie mangelnden Vorrat an

[19]) O. Drude, Pflanzengeographie 1890, 23.

Wasser, den sie vor den Landpflanzen voraushaben. Diese bedürfen vor allem zur Zeit des Keimens und der Blattbildung der Wasserzufuhr, und wo eine wahre Trockenzeit eintritt, muss die Pflanze im stande sein, entweder ihre ganze Vegetationsperiode vor dem Eintritt derselben zu vollenden oder sie ohne Gefahr vollkommen zu unterbrechen. Wo eigentliche Niederschläge fehlen, muss oft die Taubildung der Pflanze geringe Mengen Wasser zuführen, denn bis zu einem gewissen Grade sind auch die oberirdischen Organe — besonders die Luftwurzeln — befähigt zu solcher Wasseraufnahme, die im übrigen Aufgabe der Wurzeln ist. Reichtum an Wasserdampf spielt jedoch dabei direkt keine Rolle, es bedarf seiner Verdichtung zu Tau und Wasser.

Eine grosse Reihe von Schutzeinrichtungen beobachtet man an diesen letzteren sog. xerophilen (wörtlich: die Trockenheit liebenden) Pflanzen wie die Kleinheit der Blätter oder ihren Ersatz durch Dornen; zuweilen besorgt der blattlose Stamm selbst die Respiration an seiner Oberfläche. Die feinen Spaltöffnungen werden durch Haare und Schuppen verdeckt, die Oberhaut wird derb und fest wie besonders bei den sog. Saftpflanzen (Fettpflanzen, succulente Pflanzen), und es überzieht sich die Oberhaut mit feinem Harz oder Lack mit Salzen; ätherische Oele erzeugen in der Umgebung der Blätter eine gewisse Verdunstungskälte. Manche Steppengräser rollen ihre langen schmalen Blätter eng zusammen etc. etc.

Unter Akklimatisation der Pflanzen verstehen wir eine Anpassung aller ihrer Lebenstätigkeiten an die äusseren Bedingungen ihrer neuen Umgebung, aber nicht etwa nur eine kürzere oder längere Fortdauer der periodischen Ernährung des einzelnen Individuums, sondern auch der weiteren Ausbildung von ausdauernden Samen.

Auch der Windverhältnisse wäre zu gedenken. Windschutz ist für die Baumvegetation ein Bedürfnis. Manche niedrige Berggipfel und lange Küstenstriche sind baumlos, weil der heftige vorherrschende Wind die Bäume nicht aufkommen lässt.

§ 264. Die Pflanzenwanderung[20]. In normaler Weise geschieht die Ausbreitung langsam und schrittweise nach allen Seiten hin durch die Bildung von Schösslingen aus strahlenförmig sich ausbreitenden Wurzelranken oder durch Ausstreuung von Samen im nahen Umkreis der Mutterpflanze. Man nennt dies ihre aktive Wanderung, nur behält die Mutterpflanze selbst ihren Standort bei. Nicht entfernt aber hält im allgemeinen diese Ausbreitung mit der Samenzahl Schritt. In der gesamten organischen Welt ist die Zahl der Nachkommen (Samen) eine weit grössere, als deren zur Ausbildung und weiteren Fortpflanzung gelangen. Bei den Pflanzen geht die Mehrzahl der Samen zu grunde, weil sie den Raum, den sie zur Entwicklung beanspruchen müssen, bereits von Mitbewerbern, seien es Stammesgenossen oder andere Pflanzen, zu reichlich besetzt finden. So wird durch den Mangel an Raum bei dichterer Pflanzendecke weit eher als durch Wechsel der Bodenart oder des Klimas der Ausbreitung eine Grenze gesetzt. Für diesen Kampf um Platz zu neuer Ansiedelung sind die Pflanzen sehr verschieden ausgerüstet. Manche „wuchernde" Pflanzen[21] wie Algen und Gräser, Disteln, Farne, allerlei Gesträucher,

[20]) F. Hildebrand, Die Verbreitungsmittel der Pflanzen, Leipzig 1873. — [21]) Warming, a. a. O., VII, Der Kampf der Pflanzenvereine.

zeigen in ihm eine Ausdauer, dass sie das Aufkommen aller anderen Gewächse verhindern und Kulturen vernichten.

Besonders, wenn künstlich offenes Feld zur Ausbreitung geschaffen wird wie im Gebiet der grossen Waldbrände oder des Raubbaues, der in jungen Kolonialländern nicht selten um sich greift, so lange noch jungfräulicher Boden zu reicherem Ertrag winkt, sieht man die Macht dieser Vorgänge. Der entblösste oder vernachlässigte Boden bedeckt sich mit Unkräutern, denen allerhand Gesträucher folgen. In Sibirien sind im Laufe der letzten Jahrhunderte massenhaft Birkenwälder an Stelle solcher von Kiefern und Fichten getreten. Nirgends geht eine derartige Ausbreitung rascher vor sich als im Wasser, wo oft im Laufe eines Jahres undurchdringliche Massen der Vegetation (wie die Wasserpest) jeden Schiffsverkehr zum Stillstand bringen.

Nicht selten wird eine Ausbreitung von Pflanzen in einzelnen Längsrichtungen oder strichweise beobachtet. Die Gleichförmigkeit der Uferflora längs grosser Ströme besonders der tropischen gehört hierher. Es übernimmt dabei das fliessende Wasser die Verfrachtung der Samen und losgerissenen Uferpflanzen, um sie im Ueberschwemmungsgebiet der flachen Becken oder der Niederungen abzusetzen. Auf diese Weise gelangen auch manche Hochgebirgspflanzen längs der Täler und Flusslinien in die Ebenen. Besonders bedeutungsvoll ist diese Vermittlung für die Mischung der Floren, wenn wie z. B. beim Nil durch den gleichen Fluss weit getrennte und verschiedenartige Vegetationsgebiete verbunden werden. Die gleiche strichweise Wanderung von Pflanzenarten begleitet die Verkehrswege der Menschen, sei es, dass diese selbst durch ihre Verkehrsmittel, ihre Warenballen, ihre Aussaatgüter oder lebende Tiere, die im Fell viele Pflanzensamen mit forttragen, die Vermittler sind, oder Luftströmungen sie in der vorherrschenden Wegrichtung allmählich vorwärtstreiben.

Dass hierbei alle diejenigen Samen, die durch Haarkronen und Widerhäkchen zum Anhaften am Fell oder Gefieder der Tiere oder auch durch andere Vorrichtungen zum Schweben in der Luft besonders geeignet sind, die weiteste Verbreitung erfahren, ist leicht verständlich. Die Familie der Korbblütler gehört zu den über die ganze Erde verbreiteten Pflanzen.

Eine sprunghafte Verbreitung auf weite Entfernungen hin ist, abgesehen von den durch Menschen absichtlich übertragenen oder unabsichtlich verschleppten, doch nur wenigen Pflanzen vergönnt. Die ungemein leichten, mikroskopisch kleinen Sporen der Kryptogamen eignen sich zur Uebertragung durch Luftströmungen am besten. Aber wie Wildbäche und Hochgewässer am kräftigsten auf die Umgestaltung der Täler einwirken, so sind es auch die Stürme, die gelegentlich viel grössere Pflanzensamen über weite Räume hintragen können. Nicht unbeträchtlich ist, was in dieser Hinsicht durch die in kurzer Zeit oft grosse Entfernungen zurücklegenden Vögel für die Verbreitung einzelner Pflanzen geschieht; sei es, dass sie die Samen im Gefieder oder in den ihren Krallen anhaftenden Erdballen, oder endlich im Kropf und Verdauungskanal hinforttragen. Die Natur mancher Kern- oder Beerenfrüchte übersteht ohne Nachteil deren Durchgang durch den letzteren, indem es sich ja dabei meist nur um Stunden handelt.

Ein unmittelbarer Austausch von Pflanzensamen zwischen Ländern, die durch weite, insellose Meeresflächen getrennt sind, wird hierbei freilich in den seltensten Fällen anzunehmen sein, da die eigentlichen Seevögel das Land zu selten berühren. Und wenn sie als Zugvögel von ihren nordischen Brutplätzen aus im Herbst niedere Breiten aufsuchen oder umgekehrt, so verbieten klimatische Unterschiede dieser Gebiete eine erfolgreiche Uebertragung der Samen.

So bleiben die Meeresströmungen als Vermitteler der Pflanzenverschleppung zwischen Küsten und Inseln. Allerdings hindert die Tatsache, dass fast alle Samen von Landpflanzen, die sicher reichlich durch die Flüsse (oder den Wind) ins Meer gelangen, im Salzwasser sehr bald ihre Keimkraft verlieren, auch wenn sie durch starke und harte Fruchtschalen verwahrt erscheinen, eine weite Verbreitung in schwimmender Form. Anders ist es mit der Strandvegetation, die im allgemeinen widerstandsfähigere Samen besitzt.

Nach Versuchen[22]) haben manche derselben selbst nach 40—50tägigem Aufenthalt im Seewasser sowohl ihre Schwimmfähigkeit als ihre Keimkraft behalten. Längs des Strandes findet sich zur Aufnahme aufgetriebenen Samens meist offenes Land. Es ist daher verständlich, dass die Menge der pazifischen Inselchen fast durchweg mit der Kokospalme ausgestattet ist, die der Strandvegetation angehört und hier von Insel zu Insel fortgeschritten ist. Von den 675 Pflanzenarten der Hawaii-Inseln wurde angenommen, dass 154 durch den Wind, 323 durch Vögel (wovon 241 im Darmkanal) eingeführt sein könnten[23]). Die neue Vegetation des Krakatoa (S. 314) ward zu 8% durch Vögel, 32% durch den Wind, zu 60% von den Strömungen des Wassers herbeigetragen[24]).

§ 265. Pflanzenfressende und fleischfressende Tiere. Wir müssen an eine frühere Betrachtung (§ 258) nochmals anknüpfen. Die Tierwelt ist in ihrer Nahrung in der Hauptsache auf organische Stoffe angewiesen[25]). Diese kann zunächst nur die Pflanzenwelt liefern. Pflanzenfresser unter den Tieren sind hiernach als die ursprünglichen Formen anzusehen, und ihre Vermehrung und Verbreitung steht in engster Abhängigkeit von der Pflanzendecke der Erde. Sie ermöglicht erst die Existenz von Fleischfressern, wie wir kurz alle von tierischer Nahrung lebenden Tiere bezeichnen wollen, da hier auf Einzelheiten nicht eingegangen wird. Nicht gering ist unter diesen übrigens die Zahl der gleichzeitig pflanzliche Nahrung nicht verschmähenden (Omnivoren). Würde es auf der Erde nur pflanzenfressende Tiere geben, so würde ihre von der pflanzlichen Produktion abhängige Vermehrung andererseits nur durch die wachsende Zahl ihrer Mit-

---

[22]) Guppy in Geogr. Jahrb. XV, 1891, 361. — [23]) Engler, Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt II, 1882, 127. — [24]) Globus LXXXIV, 1903, 116. — [25]) Inwiefern der Stoffwechsel von niedern Meerestieren es diesen ermöglicht, auch gelöste unorganische Stoffe zu assimilitieren, bedarf noch weiterer Untersuchung, würde aber, wenn sich die Sache bestätigt, eine Umwälzung unserer Anschauungen mit sich bringen. Dass im übrigen die pflanzenfressende Tierwelt durch lange geologische Perioden ausschliesslich auf kryptogamische Nahrung angewiesen war, ist selbstverständlich. Vergl. über die Frage, inwiefern die Ausnutzung der höheren Pflanzenwelt durch die Tiere erst der vollen Ausbildung der Fleischfresser nachgefolgt ist, H. Simroth, Die Entstehung der Landtiere (Leipzig 1891), Kap. 28: Die Nahrung der Landtiere.

bewerber beschränkt sein. Mit dem Auftreten der Fleischfresser sind jenen Feinde erwachsen, die auf ihre Vernichtung ausgehen; diese setzen ihnen daher auch mannigfach räumliche Grenzen und verdrängen sie, sobald ihre Vermehrung nicht Schritt mit der Zahl ihrer Vertilger hält. Die enorme Zahl der Meerestiere, die von tierischer Nahrung leben, ist nur verständlich bei der staunenswerten Vermehrung der pflanzenfressenden Meerestierchen. Durch ihr Eingreifen sind die Fleischfresser damit zugleich der wichtigste Schutz für Erhaltung der Vegetation. Denn bei einer schrankenlosen Vermehrung der Pflanzenfresser müsste die Vegetation allmählicher Vernichtung anheimfallen, wie dies gelegentlich und örtlich beschränkt durch Raupenfrass oder Heuschreckenschwärme eintritt. Das Schicksal der Tierwelt wäre damit freilich auch besiegelt.

Massenverhältnis zwischen Pflanzenwelt, Pflanzen- und Fleischfressern. Im Verhältnis zu der im Pflanzenreiche aufgespeicherten organischen Masse kann die Gesamtheit der Pflanzenfresser immer nur gering sein. Das gilt besonders vom Lande wegen der höheren Organisation und langsameren Entwicklung der Landpflanzen. Nur ausnahmsweise hält sich die pflanzenfressende Tierwelt an holzige Teile. Saft, Blätter, Halme, grüne Stengel und Früchte bilden ihre Hauptnahrung. Wenn sog. Futterpflanzen vollständig verzehrt werden, so dient von den Blumen nur ein verschwindender Bruchteil der Substanz Tieren zur Nahrung. Ebenso wird nur ein Teil der genossenen Kost zum Aufbau des tierischen Körpers verwandt; weit grössere Massen dienen — ganz abgesehen von den unverdaut ausgeschiedenen Stoffen — zur Erhaltung der Lebensfunktionen, vor allem der Atmung. Im Meer ist die Pflanzenwelt fast allein durch winzige, sehr einfache, meist durch Spaltung sich vermehrende Algen vertreten. Die zahlreichen Generationen, welche sich daraus fast ohne Ruhepause im Laufe eines Jahres bilden und natürlich ganz verzehrt werden, scheinen eine Tierwelt zu ermöglichen, deren Masse im Verhältnis zu der der jeweilig vorhandenen pflanzlichen Lebewelt viel grösser als auf dem Lande ist. Vom ozeanischen Plankton sind nur etwa zwei Dritteile auf pflanzliche, ein Dritteil auf tierische Bestandteile zu rechnen[26]). — Weiter setzt sich von den tierischen Stoffen, welche die Fleischfresser geniessen, wieder nur ein Teil in Körpermasse der letzteren um. Ein weit grösserer wird in der Atmung verbraucht. Es muss daher immer die Menge, die Gesamtheit der Fleischfresser derjenigen der Pflanzenfresser auf der Erde beträchtlich nachstehen.

§ 266. Abhängigkeit der Tierwelt von äusseren Verhältnissen[27]). Die ausserordentliche Verschiedenheit des Baues und der Lebenserscheinungen innerhalb der Tierwelt lässt es kaum zu, die Abhängigkeit vom Wohnort nach Medium, Boden, Klima und Nahrung unter gemeinsame Gesichtspunkte zu bringen. Auf der einen Seite gibt es niedere Tiere, auf welche die feinsten Veränderungen ihrer äusseren Umgebung wie z. B. Menge und Temperatur, Salzgehalt oder sonstige Beimischungen des Wassers, in dem sie leben, sogleich sichtlich rückwirken, ihr Gedeihen, ihr Wachstum, ihre Umgestaltung beeinflussen;

---

[26]) W. Hensen, Planktonstudien (III. Internat. Zoolog.-Kongress in Leiden 1895, 128). Im Sargassomeer waren die Fänge aus etwa 68 % Pflanzen, 32 % Tieren zusammengesetzt. — [27]) K. Semper, Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere, 2 Bde., Leipzig 1880. Die Oekologie der Tierwelt steht noch ganz in den Anfängen. Vergl. A. E. Ortmann in Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 246 ff.

auf der anderen Seite kräftige Organisationen, die an alle Klimate und die verschiedenste Nahrung sich leicht gewöhnen. Im übrigen wird man Land- und Seetiere auseinander halten müssen.

Im grossen und ganzen bestimmt sich auf dem Lande die Auswahl des Wohnorts für alle Einzeltiere wie die gesellig lebenden, wesentlich durch zwei Momente, die Sorge für die Nahrung und Schutz gegen Feinde. Das bezieht sich nicht allein auf das lebende, fertige Tier, sondern auch auf die unausgebildete Nachkommenschaft, die Eier und Larven. Damit hängt die bekannte Tatsache zusammen, dass sich auf dem Lande der grösste Teil der Tierwelt ständig unseren Blicken entzieht. Die Furcht vor ihren Feinden lässt sie in der Mehrzahl Schlupfwinkel aufsuchen, aus denen sie nur behufs Nahrungssammlung heraustreten. Auch die Raubtiere verstecken sich, um so besser auf die Beute lauern zu können. Sehr viele Tiere wagen sich nur des Nachts hervor und beginnen ein regeres Leben. In den Tropen und heissen Gegenden geschieht dies teilweise um der Hitze des Tages zu entgehen. Die Naturforschung hat eine Menge von Anpassungserscheinungen im Aeusseren der Tiere aufgedeckt, welche diesem Schutzbedürfnis Rechnung tragen. Geographisch bedingt sind gewisse Schutzfarben, die man an der Färbung von Tieren ganz verschiedenen Baues innerhalb einzelner Regionen festgestellt hat. Sie scheinen bestimmt, diese Tiere sich möglichst wenig von der umgebenden Landschaft abheben zu lassen. So herrscht in der Wüste ein fahles Gelb, in der Steppe ein helles Braun, auf Felsenhalden Grau, in polaren Gebieten Weiss vor. Furcht entwickelt sich im übrigen nur einem bekannten Feinde gegenüber. Seerobben und Alken, die zuerst mit ihren menschlichen Verfolgern in Berührung kamen, haben sie unbesorgt sich nahen lassen.

Klima. Verfolgt man die Frage, inwiefern die klimatischen Unterschiede für die Verbreitung der Tiere massgebend sind, so trennt sich diese in vielen Fällen nicht glatt von der nach Abhängigkeit von ihrer im jeweiligen Klima zur Verfügung stehenden Nahrung. Sicher setzen gewisse Schwellwerte der Temperatur der Verbreitung der einzelnen Formen an sich Grenzen. Die riffbauenden Korallen erfordern im allgemeinen eine Meerestemperatur von mehr als 20° C. (S. 489). Die Polartiere würden, wenn in die Tropen unmittelbar verpflanzt, meist zu grunde gehen. Aber neben sehr empfindlichen finden wir in allen Klimaten der Erde doch zahlreiche Tiere, die weit über ihre jetzige Verbreitungsgrenze hinaus sich leicht den klimatischen Verhältnissen der Nachbargebiete anpassen könnten. Man darf jedoch in dieser Hinsicht die grossen Gruppen des Systems nicht immer als Einheiten auffassen. Viele von diesen enthalten Formen, die an das Klima ganz andere Anforderungen stellen als ihre nächsten Verwandten. Die Ordnung der Affen ist eine tropische, aber am Himálaja steigen einzelne Arten wie der Makak bis in Höhen, die im Winter der Schnee bedeckt[28]). Im allgemeinen scheinen tropische Landtiere leichter

[28]) A. R. Wallace, Geogr. Verbreitung der Tiere, II, 1876. 195.

niedere Temperaturen als grosse Gegensätze der Wärme zu ertragen. Ihr Bereich nähert sich im Seeklima der Südhalbkugel den Polen mehr als auf der nördlichen.

Klimatisch bedingt sind drei in die Augen springende Erscheinungen im Tierleben, wenn sie auch bei manchen höherstehenden Tieren weniger zutage treten. Bei den meisten stellt sich ähnlich wie bei den Pflanzen eine jährliche Ruhepause in den Lebensfunktionen ein, ja dieselbe wird in eigenartigen Entwickelungszuständen zugebracht, sodass erst eine wärmere Jahreszeit die Larven in die fertigen fortpflanzungsfähigen Formen verwandelt. Aber auch höher organisierte Landtiere überdauern die Kälte des Winters in höhern Breiten im Winterschlaf, in Erstarrungszuständen, bei denen die Körpertemperatur warmblütiger Säugetiere fast bis zum Gefrierpunkte sinkt. Auch die Tropen kennen im Tierreich solche Ruhepausen des Lebens. Schlangen, Schildkröten und andere Reptilien erstarren in gleicher Weise während der heissen Zeit im trockenen Schlamm. — Grosse Kältegrade vermögen andere durch die Verdichtung des Haares zu ertragen, die sich in mittleren und höheren Breiten im Herbst bei fast allen Landsäugetieren einstellt. Sie ist nicht auf die wichtigen Pelztiere aus der Ordnung der Raubtiere und Nager beschränkt, sondern stellt sich auch bei Tieren ein, deren Verbreitungsgebiet sich bis über die Tropen erstreckt wie beim Tiger, der nicht nur die Sundainseln, sondern auch den Nordrand Zentralasiens (52° Br.) bewohnt. Das Mammut und ein ausgestorbenes Nashorn vermochten mittelst eines wollhaarigen Pelzes in den sibirischen Küsten auch den Winter zu überdauern.

Dazu tritt bei beweglicheren Geschöpfen die Möglichkeit, durch regelmässige Wanderungen[29]) den Unbilden des Winters zu entgehen. Die Fische und andere Seetiere vermögen sich den täglichen oder jährlichen Wärmeschwankungen des Wassers durch kleine Ortsveränderung in vertikaler Richtung zu entziehen. Hier kommen aber besonders die horizontalen Verschiebungen in Frage. Die Tiere des Hochgebirges steigen im Winter in tiefere Regionen, die hochpolaren Tiere ziehen sich in niedere Breiten zurück. Eine Verschiebung zwischen Sommer- und Winterquartieren erfolgt auch noch innerhalb des Polarkreises wie beim Rentier und Moschusochsen. Weniger die Kälte als der Nahrungsmangel regt diese Wanderungen an. Sie beschränken sich auch nicht auf Landstriche mit Schneedecke im Winter. Die riesigen Herden afrikanischer Huftiere bewegen sich im Gebiete der Savannen aus gleichem Grunde jährlich in meridionaler Richtung.

Der sommerliche Zug der Rentiere in die kühleren Höhen Sibiriens hängt mit der Plage der Bremsen und Stechfliegen zusammen, der sie in den Tundren ausgesetzt sind. Das Brutgeschäft setzt unter den Fischen die grossen Züge in Bewegung. Die Wanderfische steuern vom hohen Meere den flachen Küsten-

[29]) E. F. v. Homeyer, Die Wanderungen von Vögeln mit Rücksicht auf die Züge der Säugetiere, Fische u. Insekten, Leipzig 1881; W. Kobelt, Die Verbreitung der Tierwelt, Leipzig 1902: Die Wanderungen der Tiere, 426—521.

gewässern zu, um den Laich abzusetzen; zahlreiche Fische steigen zu gleichem Zwecke aus dem Salzwasser in die Flüsse empor. Alle diese Züge setzen die üblichen Verfolger gleichfalls in Bewegung. Raubtiere und Raubvögel begleiten die Züge der Lemminge im Norden; Delphine und andere Raubfische folgen den Heringen. Abgesehen von einzelnen grossen Säugetieren wie dem Bartenwal, der vom Aequator bis in polare Breiten schwärmt, legt kein Tier grössere Strecken zurück wie verschiedene Zugvögel. Bei der Mehrzahl ist es wohl der im Frühling und Sommer herrschende übergrosse Reichtum an Nahrung, der sie in höhere Breiten führt. Die Landvögel finden Insektenlarven und Raupen für ihre Jungen, die ihnen die Tropen, wo sie zum Teil überwintern, versagen, da dort bereits die geflügelten Tiere ausschwärmen. Den an hochpolaren Küsten gemeinsam brütenden Vogelscharen eröffnet das Meer seinen ganzen Reichtum, den sonst die Eisdecke verbirgt. Von besonderem Interesse ist die Einhaltung fester Zugstrassen[30]), die in Europa im allgemeinen südwestlich, in Nordamerika südöstlich verlaufen und durch Täler, Pässe, Küstenlinien, Inselbrücken vorgezeichnet sind.

§ 267. Verbreitungsmittel der Tiere[31]). Bei den meisten niederen Tieren ist die aktive Wanderung nur von geringem Erfolge. Sie sind zu schwach, die Hindernisse zu überwinden, die ihnen das Medium, in dem sie leben, entgegensetzt, sobald es in Bewegung ist. Daher sehen wir im sog. Plankton (S. 516) Milliarden kleiner Meerestiere, die sich ausgebildeter Bewegungsorgane erfreuen, willenlos vom Wasser hin und hergetrieben. Ebenso können Schmetterlinge oder andere geflügelte Insekten nicht gegen starken Wind ankämpfen. In grossen Schwärmen vereinigt treten sie jedoch auch Wanderungen von beträchtlichem Belang an. Die Heuschreckenplagen mancher Länder geben Kunde davon. Auf die ungleich grössere Beweglichkeit der Wirbeltiere braucht nicht hingewiesen zu werden. Jedes Eingehen auf Einzelheiten führt aber alsbald auf die natürlichen Schranken, die zu überschreiten den verschiedenen Formen unmöglich ist. Und doch findet man weit entfernte, durch Meeresarme getrennte Gebiete, die kein Landsäugetier oder Reptil durchschwimmen kann, von den gleichen Tieren bevölkert (S. 685). Verschleppung lässt sich in vielen Fällen auch für grössere Tiere feststellen; schwimmende Inseln, die solche beherbergen, reissen sich von tropischen Strömen zuweilen los. Nordische Tiere werden durch Eisschollen weit verschleppt; die Ausbreitung der Eisbären rings um den Nordpol beruht auf diesem eigenartigen Beförderungsmittel. Meeresströmungen sind für die Ausbreitung von Seetieren von grosser Bedeutung.

§ 268. Einfluss des Menschen. Schon oben (S. 675) sind verschiedene Möglichkeiten berührt, durch welche der menschliche Verkehr unabsichtlich zum Träger von Organismen werden kann. Die Schifffahrt ist es vornehmlich, welche die Verschleppung von einer Küste

---

[30]) J. A. Palmén, Die Zugstrassen der Vögel mit Karte der Zugstrassen durch Europa und Nordasien, Leipzig 1876. S. die ersteren in Pokorny-Kirchhoffs Allg. Erdk. — [31]) A. R. Wallace, Verbreitung der Tiere, I, 1876, 12—42; für wirbellose Landtiere stellt O. Stoll die Verbreitungsmittel zusammen: Zur Zoogeographie der landbewohnenden Wirbellosen, Berlin 1897.

zur andern übernimmt. Eine ganze Reihe von Tieren haben durch solche Vermittlung eine weltweite Verbreitung erfahren. Aehnlich wie viele Pflanzensamen sind Regenwürmer im transportierten Erdreich überall den Menschen gefolgt; Ameisen, oft zu schwerster Schiffsplage werdend, manche Schmetterlinge, die Maus, die Wanderratte, die erst im 18. Jahrhundert aus Asien nach Europa gewandert ist, sind auf gleiche Weise fast über die ganze Erde verbreitet. Weit bedeutungsvoller ist die absichtliche Uebertragung von Pflanzen und Tieren durch die Menschen, die Einführung von Haustieren und Kulturpflanzen (§ 286), der Austausch der Kontinente in betreff ihrer Nutzpflanzen. Vielen tier- und pflanzenarmen Inseln ist damit erst die Gelegenheit gegeben, eine grössere Organismenwelt zu ernähren. Diese Fragen müssen uns später näher beschäftigen. — Hier handelt es sich darum, auch die Kehrseite dieser Eingriffe zu betonen. Nicht ausschliesslich haben die berührten Vorgänge zur Bereicherung der Flora und Fauna der verschiedenen Gebiete geführt. Bedeutende Umgestaltungen der vegetativen Decke und Einschränkung der Verbreitungsgrenzen mancher Tiere sind den meisten Kulturen des Bodens vorhergegangen. Die Gras- und Waldbrände haben weite Gebiete offenen Landes geschaffen. Mit dem Pflanzenkleide haben sich die tierischen Mitbewohner geändert. Die Zahl der Feinde von Pflanzen und pflanzenfressenden Tieren hat sich örtlich vermehrt. Bekannt ist, welches Hindernis die verwilderten Ziegenherden der Wiederbewaldung in offenen Weidelandschaften bieten, indem sie alle keimenden Büsche abfressen. Mächtig hat der Mensch in das Verbreitungsgebiet der höheren Tierwelt eingegriffen, während er der niederen meist machtlos gegenübersteht. Die Vertreibung der schädlichen Raubtiere aus den Kulturlandschaften hat diese auf einsame Gebirgshöhen gedrängt. Nutztiere sind im Laufe weniger Jahrhunderte aus weiten Regionen verschwunden, zum Teil ganz ausgerottet wie einzelne wertvolle Pelztiere, die grossen Seesäuger; selbst die Riesen der Tierwelt, Walfisch und Elefant, haben im Laufe des letzten Jahrhunderts an ihrem ehemaligen Verbreitungsgebiet grosse Einbusse erlitten. Jagdgesetze zur Schonung nutzbarer Tiere sind eine sehr junge Errungenschaft; für die Meere sind sie nicht minder notwendig, wenn die Erträgnisse mancher Seefischereiplätze nicht bald völlig erschöpft werden sollen.

§ 269. Verbreitungsgebiete von Einzelorganismen. Eine der Vorbedingungen zur Erkenntnis des Zusammenhangs geographischer Verteilung der Lebewesen über die Erdoberfläche ist die Feststellung des heutigen Vorkommens der einzelnen Pflanzen- und Tierarten und ihrer höheren Verwandtschaftskreise. Unter Flora und Fauna[32]) eines Landes versteht man den Inbegriff aller darin vorkommenden Pflanzen- bezw. Tierformen, gleichviel ob die einzelnen durch einige wenige Individuen oder in Massen vertreten sind. Die Zahl der festgestellten Arten, Gattungen, Familien etc. gibt alsdann ein ziffernmässiges Bild

[32]) Als gemeinschaftlichen Namen für Fauna und Flora schlägt A. E. Ortmann den Ausdruck „Biota“ vor. Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 231.

von der jeweiligen Einfachheit oder dem Formenreichtum der Pflanzen und Tiere innerhalb der angenommenen Grenzen.

Der Artbegriff. Bekanntlich ist die Arbeit der systematischen Botaniker und Zoologen, neue Funde an Pflanzen und Tieren nach ihrem Bau in Arten und Varietäten zu gliedern, durch die Anschauungen über die Veränderlichkeit der „Arten" (S. 662) nicht überflüssig geworden. Sie ist behufs Verständigung über die vorkommenden Formen ebenso notwendig wie früher. Die Erkenntnis, dass zwischen nahverwandten Formen zahllose Uebergänge und Zwischenformen bestehen, erschwert freilich die Aufstellung aller Kategorien des naturhistorischen Systems und besonders der Arten und deren Spielarten beträchtlich. Wenn wir auf Grund der Zweifel an der Beständigkeit der Formen „die Arten als konstant gewordene Varietäten und Varietäten als in Umbildung begriffene Arten" auffassen, so liegt es dem Systematiker ob, diejenigen Merkmale vermutungsweise zu bezeichnen, welche sich dauernd unter gleichen äusseren Bedingungen auf die Nachkommen übertragen. Ueber die mancherlei Ursachen der Entstehung der Arten wissen wir trotz des eifrigen Bemühens der Naturforschung während der letzten Jahrzehnte nichts Sicheres, insbesondere nichts darüber, ob jeder Organismus an sich die Fähigkeit besitzt, unter beonderen Lebensbedingungen in den ihm von den Eltern überkommenen Merkmalen abzuändern und diese Abänderungen weiter zu vererben, oder ob dies vielleicht nur auf ein gewisses Stadium der Entwicklung des ganzen Geschlechtes beschränkt ist. Ohne Zweifel gibt es unter den Organismen Stämme von sehr verschiedener Lebensfähigkeit. Die Typen, welche mehrere Epochen der Erdgeschichte überdauern, pflegen meist durch eine geringe Artenzahl gekennzeichnet zu sein. Eine zu starke Veränderlichkeit der Grundformen und der Zerfall des Typs in zahlreiche wenig verschiedene Arten geht im allgemeinen dem baldigen Erlöschen desselben vorher. Mit der Geographie gewinnen diese Fragen Fühlung, seit man der älteren Ansicht sich wieder mehr zuneigt, dass für Ausbildung neuer Varietäten oder Arten die räumliche Sonderung[33]) eine wichtige Rolle spielt. Teils wird dadurch die Vermischung mit den Artgenossen, wodurch die Abänderungen leicht wieder verwischt werden können, erschwert oder verhindert, teils gelangen die Lebewesen damit unter verschiedene äussere Lebensbedingungen, besonders der Nahrung, die veränderungsfähige Organismen zu immer stärkeren Umbildungen anregen.

Der Pflanzen- und Tiergeograph durchmustert die Aufzählungen der Werke über Flora und Fauna der durchforschten Gebiete und sucht als eine weitere Vorarbeit das Verbreitungsgebiet einzelner Gruppen festzustellen. Das Material lässt sich kartographisch niederlegen. Die grosse Mehrzahl der Arten hat nur ein kleines Verbreitungsgebiet. Es gibt Fische, die nur in einem einzigen See, Affenarten, die nur in einem kleinen Waldbezirk, Pflanzen, die nur auf einer Insel gefunden werden. Es entzieht sich bis jetzt unserer Kenntnis, warum so manche Organismen, besonders Tiere mit ausreichenden Bewegungsorganen nicht über ihre oft kleinen, durch keine erkennbare Schranke begrenzten Wohngebiete hinausdringen. Aehnlich wie bei menschlichen Wanderungen scheinen auch bei der Tierwelt

[33]) Moritz Wagner, Die Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung, Basel 1889. Vergl. auch A. Ortmann, Grundzüge der marinen Tiergeographie, 1896, Kap. III: Die Verbreitung der Tiere, S. 29; A. Jacobi, Lage und Form biogeogr. Gebiete (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., XXXV, Berlin 1900, 191 ff.); J. T. Gulick, Evolution racial an habitudinal. Carnegie Inst. Washington 1905.

besondere Anlässe erforderlich, um sie in Schwärmen zur freiwilligen Vergrösserung ihres bisherigen Wohnsitzes zu bewegen. Manche verborgene Schranken wird die weitere Forschung noch aufklären können. Die Mikroorganismen, die solche hervorrufen könnten, lernen wir in ihrer gewaltigen Wirksamkeit erst jetzt näher kennen. — Nicht minder gering ist die Zahl der eigentlichen Kosmopoliten. Man versteht darunter Lebewesen mit sehr grossem, über die verschiedensten Regionen der Erde sich ausdehnenden Verbreitungsgebiete. Der Mensch bietet das beste Beispiel kosmopolitischer Verbreitung, da er so ziemlich die äussersten Grenzen der für ihn überhaupt bewohnbaren Erdoberfläche mit Ansiedlungen besetzt hat. Es kann nicht auffallen, dass Kosmopoliten vorzugsweise unter Gruppen mit stark ausgebildetem aktiven oder passiven Bewegungsvermögen vertreten sind und dass unter den Meerestieren sich solche von sehr grosser Verbreitung finden. Was aber zunächst befremdet, das ist die Tatsache weit verbreiteten Vorkommens bei so unvollkommen zur Wanderung geeigneten Tieren wie z. B. der Landschnecke.

Jede Verwandtschaftsgruppe höherer Ordnung wird im allgemeinen ein grösseres Verbreitungsgebiet aufweisen als die zugehörigen Unterabteilungen. Wenn ein neues Ansiedelungsgebiet einer Art infolge der räumlichen Sonderung zur Bildung einer Varietät und endlich einer neuen Art führt, so wird es damit noch nicht der Gattung, die sich abzweigt, oder der Familie, der sie zugehört, entzogen. Man kann nur wenige Vogel-Arten wie den Fischadler und das Rohrhuhn zu den Kosmopoliten rechnen[34]), nicht weil sie tatsächlich überall, sondern weil sie in der Mehrzahl der Zonen und Regionen, in denen sich geeignete Standplätze finden, vorkommen. Schon grösser ist die Zahl der kosmopolitischen Vogel-Gattungen, noch grösser die der Familien. Besonders Wasservögel wie Enten, Rallen, Schnepfen, Möven, ferner Tauben und Krähen gehören hierher. Auch unter den Pflanzen finden sich solche kosmopolitischen Familien wie Schmetterlingsblütler oder Korbblütler (S. 675), deren Samen durch Flügel oder Haarkronen leicht weithin übertragen werden.

In jedem Wohngebiet wird man für Pflanzen und Tiere bestimmte Stellen, Standorte, bezeichnen können, die sie bevorzugen. Diese entsprechen gewissermassen der menschlichen Besitzergreifung durch einzelne Ansiedelungen, können aber, da sie von zahlreichen rein der Lebensweise der Organismen angepassten Momenten abhängen, uns hier nicht beschäftigen. Die Summe dieser Standorte bildet erst die geographischen Wohngebiete; diese suchen wir kartographisch festzulegen[35]). Ein Vergleich zeigt alsbald einen Hauptgegensatz, nämlich den der zusammenhängenden und der durch weite Erdräume getrennten, unterbrochenen (disjungierten) Wohngebiete. Ein Blick auf eine Völkerkarte der Erde (Atlas, Taf. 9) erläutert, wie dies zu verstehen. Die Europäer haben ein heute auf fünf Erdteile verteiltes, stark unterbrochenes Verbreitungsgebiet. Hat sich von einem mutmasslichen Mittelpunkte eine neue Form allmählich bis an die ihrem Bau nach unübersteigbaren Schranken ausgedehnt, so stellt das Wohngebiet eine zusammenhängende Fläche, seine Grenze eine in

[34]) A. R. Wallace I, 210: Kosmopolitische Tiergruppen. — [35]) A. Jacobi, Lage und Form biogeogr. Gebiete 1900 (s. Anm. 33).

sich zurücklaufende Linie dar. Dass diese Fläche zahlreiche Lücken, einzelne für die Art unbewohnbare und von ihnen bei der Ausbreitung umgangene Gebiete einschliesst, ist selbstverständlich. Es ist oben (S. 680) an das Eingreifen des Menschen erinnert, der mit seiner Kultur des Bodens, dem Kampfe gegen schädliche Pflanzen und Tiere, der rücksichtslosen Verfolgung ihm nützlicher oder schädlicher Lebewesen grosse Lücken in die Verbreitungsgebiete reissen kann. Das kann bis zur völligen Auflösung eines Wohngebietes in einzelne Zufluchtsstätten (Hochgebirge, Inseln, Sümpfe, Wüsten etc.) führen.

§ 270. Artenstatistik. Von anderen Erwägungen geht die vergleichende Floristik und Faunistik aus. Hierbei wird die Zahl der Arten, Gattungen, Familien von Pflanzen und Tieren, welche innerhalb gegebener geographischer Territorien vorkommen, festgestellt. Diese früher im Vordergrunde stehende Artenstatistik bezweckt an Stelle der Beschreibung ein ziffernmässiges Bild von der grösseren oder geringeren Mannigfaltigkeit der Formen zu geben. Wir ersehen aus den Verhältniszahlen, welche Formen die vorherrschenden sind. Nur dürfen alle diese Angaben niemals mit der Dichte der Vegetation oder des Tierbestandes verwechselt werden, nämlich der grösseren oder geringeren Menge der Organismen, der Einzelwesen auf gleichen Flächenraum bezogen.

Grössere Zahl von höher organisierten Pflanzen und Tieren innerhalb eines Gebietes deutet vor allem einen grösseren Reichtum von äusseren Lebensbedingungen, dann aber auch lange Dauer einer grösseren Zugänglichkeit an, die es gestattete, dass aus den Nachbargebieten neue Formen einwanderten. Wenn in Australien an Säugetieren fast allein Beuteltiere und Kloakentiere gefunden sind, so spricht dies für eine frühe Abtrennung dieses Erdteils, bevor die übrigen Säugetiere der alten Welt ihre Wanderungen über den Aequator hinaus ausdehnten.

Die Botanik scheidet bekanntlich seit Linné die Pflanzen in Blütenpflanzen oder Phanerogamen und Sporenpflanzen oder Kryptogamen. Etwas anders stellt sich die Teilung, wenn man Gefässpflanzen, d. h. Phanerogamen, und Gefässkryptogamen, wozu besonders Farne und Schachtelhalme gehören, den Zellen- oder Lagerpflanzen (Moose, Flechten, Pilze, Algen) gegenüberstellt. Das Verhältnis beider Abteilungen spricht sich deutlich in den grossen Pflanzengürteln der Erde aus.

In den Tropen finden wir Reichtum an Phanerogamen, unter denen die Dikotylen [36]) vorherrschen; mit der Feuchtigkeit steigt im allgemeinen das Verhältnis zu Gunsten der Monokotylen. Während für einzelne

---

[36]) Bekanntlich stellt das natürliche Pflanzensystem die grosse Gruppe der Dikotyledonen oder zweisamenblättrigen Pflanzen den Monokotyledonen oder einsamenblättrigen Pflanzen gegenüber; letztere unterscheiden sich durch den unverzweigten Stamm, die Entwicklung von innen heraus mittelst einer Endknospe (Lilien, Gräser, Palmen) von den ersteren, die viel zahlreichere Formen enthalten. Beide zusammen bilden die Angiospermen oder bedecktsamigen Pflanzen, denen als Gymnospermen oder Nacktsamige die Zapfenträger (Coniferen) gegenüberstehen.

grössere tropische Regionen[37]) 10 — 20000, im Mittelmeergebiete noch 7000 Gefässpflanzen gerechnet werden können, sinkt diese Zahl in der arktischen Zone auf 700, in Grönland auf weniger als 400 herab. Die Zellenpflanzen nehmen nach den Polen relativ zu, treten in den Trockengebieten aber ganz zurück. — Unter den ca. 300 Familien der Wirbeltiere sind 134 ganz auf die Tropen beschränkt; rein aussertropisch sind dagegen nur 25, und 129 gelten als gemeinsame Familien[38]).

Unter endemischen Formen verstehen wir diejenigen, die ausschliesslich ihren Wohnsitz in dem in Frage kommenden Gebiet haben. Es ist also ein relativer Begriff; es gehört in jedem Falle die Namhaftmachung eines Erdraumes von bestimmter Begrenzung dazu, auf den wir den Endemismus beziehen. Der Gorilla gehört zu den endemischen Affenarten der alten Welt, da er sich nicht in Amerika findet; zugleich zu denen Afrikas, da ihn das tropische Asien nicht kennt; endlich ist er endemisch im westafrikanischen Waldgebiet, da er im übrigen Afrika nicht vorkommt.

§ 271. Biogeographische Schranken im Lichte der Erdgeschichte. Ueberblickt man die heutigen Verbreitungsgebiete einzelner Gruppen von Organismen, so fällt, wie schon angedeutet, nichts mehr auf, als dass Lebewesen von sehr geringer Beweglichkeit über weite Erdstriche verteilt sind, und dass viele Pflanzen und Tiere gleichen Geschlechts in Territorien vorkommen, die durch mächtige räumliche Schranken getrennt sind.

Es besteht eine grosse Aehnlichkeit zwischen den heutigen Muschel- und Schaltieren des Mittelmeeres und der westindischen Gewässer; Landschnecken Europas finden sich z. B. in Westindien und dem südamerikanischen Kolumbien, nicht aber in Venezuela und Guayana wieder[39]). — Die Gruppe der Beuteltiere ist mit einer Ausnahme ausschliesslich auf Australien und die nächst benachbarten Inseln beschränkt, aber gleichzeitig tritt die zu ihnen gehörige Familie der Beutelratten auch in Südamerika auf.

Man sieht bald, dass alles, was man an heutigen Verbreitungsmitteln kennt und an heute gangbaren Verbreitungswegen annehmen könnte, nicht ausreicht, die scheinbaren Widersprüche der geographischen Verteilung im einzelnen zu erklären. Auch hat sich vielfach ein anderes Bild der Verbreitungsgebiete noch heute lebender oder nächst verwandter Formen ergeben, wenn man die fossilen Pflanzen und Tiere zu Rate zog. So bleibt nichts übrig, als die Wandelbarkeit der biogeographischen Schranken in geologischen Zeiträumen für die Tatsachen verantwortlich zu machen und sich zu vergegenwärtigen, dass seit den Zeiten des Kambriums, seit welchen uns Organismenreste erhalten sind, das äussere Antlitz der Erde, was die Verteilung von Land und Wasser, den Zusammenhang von Landflächen und Inseln, den Wechsel von Flachländern und Gebirgen,

---

[37]) Die Zahlen nach A. Grisebach, Vegetation der Erde. Es sei daran erinnert, dass Regionen in diesem Lehrbuche (§ 148) immer im Sinne von weiten Horizontalräumen, nicht von Höhengürteln gebraucht wird (vergl. § 285). — [38]) A. Supan, Phys. Erdkunde, 1911, 861 nach Wallace's allerdings unvollständigem Kataloge zusammengestellt. — [39]) W. Kobelt, Studien zur Zoogeographie: Die Mollusken der palaearktischen Region, Leipzig 1897, 14.

Trockengebieten und feuchten Klimaten, Waldregionen und Steppenlandschaften betrifft, ein wechselndes Aussehen gehabt hat.

Die Geologie setzt es sich zur Aufgabe, uns diese vergangenen Erdbilder wiederherzustellen, uns historische Karten der Erdoberfläche für die verschiedenen Epochen zu entwerfen. Die Schwierigkeit liegt nun darin, dass wir die Beweise für den eingetretenen Wechsel der ehemaligen Zusammenhänge der Festländer gerade dem biologischen Befund, wie er uns in der versteinerten Lebewelt und der heutigen Zusammensetzung entgegentritt, entnehmen müssen. Die Pflanzen- und Tiergeographie wird damit eine wichtige Hülfswissenschaft der Geologie, sie bietet Fingerzeige, die der Geolog alsdann unter Berücksichtigung der tektonischen Verhältnisse, des Materials der Erdschichten weiter zu verfolgen hat[40]).

Auf diese Fragen ist früher hingewiesen, so weit es sich um die Scheidung von alten und jungen Inseln (S. 481) handelte. Westaustralien muss bis in die jüngst vergangene Zeit von Ostaustralien getrennt gewesen sein[41]). Während sich in der Säugetierfauna des Ostens zwischen N und S ein allmählicher Uebergang vollzieht, fehlen von 97 dem Kontinent angehörigen Arten von Beutel- und Kloakentieren (Monotremen) 61 in Westaustralien vollkommen. Von den 36 dort vorkommenden sind 14 durchaus endemisch, weitere 10 sind ausgesprochen westliche und nur 12 sind dem O und W gemeinsam. Ebenso stimmt nur die Minderheit der Pflanzenarten überein. In Westaustralien sind etwa 80 % aller Gefässpflanzen zu den endemischen zu rechnen[42]). Alles das spricht für eine ehemalige Scheidung. In der Tat bedeckte bis in die Kreidezeit ein Meer das Innere des Kontinents; da indessen auch die Arten derjenigen Gattungen, welche beiden Erdteilhälften gemeinsam sind, stark abweichen, so schliessen wir, dass eine Verkehrsschranke noch viel länger bestanden haben muss. Möglich, dass auch hier während einer viel regenreicheren Periode die jetzt eingeschrumpften Seen des Innern ausgedehnter waren.

Um voreilige Schlüsse über den einstigen Zusammenhang heute unterbrochener Wohngebiete gleicher Pflanzen- und Tierformen zu vermeiden, sind drei Punkte zu beachten. Einerseits müssen alle diejenigen Organismen als nicht beweiskräftig gelten, die von einem zum anderen Territorium, sei es unmittelbar, sei es mittelst nachweisbarer Zwischenstationen durch heutige Verbreitungsmittel und Wege, insbesondere durch den menschlichen Verkehr gelangt sein können. — Sodann wird zwischen den Organismen nach ihrer grösseren oder geringeren Beweglichkeit zu unterscheiden sein. Alle flugbegabten Tiere wie Vögel, Fledermäuse und manche Insekten können, um ehemalige Landverbindungen festzustellen, nicht die gleiche Beweiskraft wie z. B. die übrigen Landsäugetiere beanspruchen; diesen ist schon eine schmale Meeresstrasse eine unüber-

[40]) Dieser Frage ist besonders das Werk von Th. Arldt, Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt, Lpz. 1907, gewidmet, zu der man Fr. Frechs Besprechung (Geogr. Zeitschrift XIV, 1908, 327—36) vergleichen möge. Das neuerdings lebhaft in Angriff genommene Arbeitsgebiet der Lehre von der Entstehung der Verteilung der Biota (Fauna und Flora) auf der Erde will A. E. Ortmann als Biotogenie oder Biotogenesis bezeichnet wissen, (Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 231). — [41]) R. Semon, Die Säugetierfauna Australiens (Verh. d. XII. D. Geographentages zu Jena 1897, 167—180). — [42]) Engler, Versuch einer Entwicklungsgeschichte d. Pflanzenwelt, II, 1882, 42.

steigbare Schranke. In neuerer Zeit beginnt man im Bereich dieser Fragen grösseren Wert auf das Studium der geographischen Verbreitung der Süsswasserfauna und der Landschnecken zu legen[43]).

Für einen Rückblick in die Erdgeschichte haben die Formen, deren Fossilien sich gut erhalten haben, besondere Bedeutung. Die Betrachtung der verschiedenen Tierklassen führt nun aber vielfach nicht zu dem gleichen Ergebnis. Aus diesem Grunde muss man drittens dieselben zu den geologischen Zeitaltern in Beziehung setzen, in denen sie zuerst auftreten oder sich besonders lebhafter Entwickelung und Ausbreitung erfreuen. Für die Säugetiere kommen daher wesentlich die tertiären Zeiten in Frage; die Grundlagen der heutigen Verteilung vieler Süsswassertiere und Landmollusken sind dagegen schon in sekundären Epochen gelegt.

Tektonische Vorgänge und klimatische Aenderungen sind es, die im Laufe der Zeit die mächtigsten Schranken für die Verbreitung oder den dauernden Verkehr der Lebewesen hervorrufen. Es liegt in dem Begriff der Schranke, dass sie sich als Hindernis quer vor der Bewegungsrichtung erhebt. Geographische Schranken sind nun niemals in Wirklichkeit blosse Linien, sondern mehr oder weniger breite Flächenstücke: Küstenstreifen, Meeresstrassen, Gebirge, klimatische Grenz- oder Uebergangsgürtel. Man wird also bei allen diesen Schranken eine Längsrichtung und eine Querrichtung unterscheiden können. Jedes derartige Gebilde, das für die Lebewesen in der Querrichtung eine Schranke bildet, bietet in der Längsrichtung gewisse Verbreitungswege zwischen den Gebieten an den Enden der Schranken dar. Das bedarf kaum der Erläuterung. Wenn durch eine Erhebung eine Landbrücke entstand wie in tertiärer Zeit zwischen Nord- und Südamerika durch den Isthmus von Panama so ward dadurch die Fauna des Karibischen Meeres und Grossen Ozeans geschieden, aber das Land ermöglichte einen Austausch zwischen beiden Kontinenten. Von hoher Bedeutung werden solche Vorgänge, wenn sie zu beträchtlichen Höhenunterschieden führen, wenn sich Tiefseebecken bilden und Hochgebirge aufgefaltet werden. Setzen wir der Einfachheit wegen den Fall, dass dies in der Meridianrichtung geschehe. Dann wird die Möglichkeit gegeben sein, dass Organismen höherer Breiten über die Tropen hinweg in Verkehr kommen. In der Ebene oder längs der Flachseeküstengewässer setzen ihnen die klimatischen Unterschiede Hindernisse in den Weg. Aber an den Flanken der Hochgebirge oder in den Tiefen der Tiefseebecken finden sie Temperaturverhältnisse, die ihnen zusagen und eine Wanderung eher gestatten. Diese theoretischen Erörterungen werden im folgenden Anwendung finden.

III. Allgemeine Ergebnisse der Wanderungen und Umbildungen.

§ 272. Gliederung der Biosphäre in Lebensbezirke[44]). 1. Die drei grössten Lebensbezirke, die sich innerhalb der gesamten Biosphäre ab-

[43]) Vergl. Ortmanns Bericht im Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 266 ff. — [44]) Vergl. hierzu Ortmann, Grundzüge der marinen Tiergeographie 1896, Kap. III.

heben, ergeben sich unschwer aus den Grundbedingungen organischen Lebens überhaupt. Das sind das Licht, an welches das Pflanzenleben gekettet ist, und die Natur der beiden Medien, an welche die einzelnen Pflanzen- und Tiergruppen insofern angepasst sind, als sie daraus die zu ihrer Erhaltung notwendigen Gase in sich aufnehmen, nämlich die freie Atmosphäre und das Wasser. Danach gliedert sich die Biosphäre in drei Stockwerke: das Festland, den Wohnsitz für die grosse Mehrzahl der Pflanzen und der luftatmenden Tiere, dann die durchleuchteten oberen Wasserschichten, zu denen wir auch alle Gewässer des Festlandes rechnen, und endlich die dunkle Tiefsee (Abyssalregion), die allein dem Tierleben vorbehalten zu sein scheint. Der grosse morphologische Gegensatz im Antlitz der Erde — Kontinentalblock und Meeresraum (S. 278) — prägt sich also auch innerhalb der Biosphäre aus. Hier die Landfläche mit ihrer die Masse der Tierwelt weit überbietenden Pflanzendecke, mit dem Reichtum und der Mannigfaltigkeit der zu Gesellschaften vereinigten Vegetationsformen, die dem Gestaltenreichtum der Geländeformen und den starken klimatischen Unterschieden auf dem trockenen Teile der Erdrinde entspricht, — dort das Meer, in dem die Fülle des Tierlebens mit dem Reichtum seiner Einzelformen das Massgebende ist. Die Pflanze tritt im Meer fast nur in der Gestalt von einfach gebauten Algen auf, und die Mischung der Organismen ist auf weiteste Strecken von grösster Gleichförmigkeit.

Aber wie jene morphologischen Gebilde durch eine Randzone verbunden sind, in der das Meer auf den Saum des Kontinentalblockes übergreift, so breitet sich auch im Bereich der biogeographischen Mittelschicht ein doppeltes Uebergangsgebiet über den Kontinentalblock aus. Einerseits zieht es sich längs der ozeanischen Küstensäume als Flachseezone (Litoralzone) entlang, in der die Lebensbedingungen für die Organismen vielfach von denen der Hochsee (pelagischer Lebensbezirk) abweichen; andererseits spannt die auf das Wasser angewiesene Lebewelt von hieraus ein weitverzweigtes Netz von Fäden mittelst der Flusslinien und Seeketten über das gesamte Festland hin. Gegenüber dem Salzwassergebiet des Meeres und der Flachseezone bezeichnen wir es als Süsswasserregion (Fluvialregion).

2. Erst in zweiter Linie beeinflusst die Kugelgestalt der Erde die Gliederung der Biosphäre, indem sie klimatisch bedingte Gürtel (Wärmegürtel) hervorruft, in schärferer Ausprägung auf dem Lande, abgeschwächt in den oberen Meeresschichten und ohne erkennbare Wirkung in der Tiefsee. Hauptgegensätze bilden naturgemäss die beiden kühleren äusseren Gürtel, der arktische im Norden, der antarktische im Süden gegenüber dem mittleren tropischen.

J. Walther, Bionomie des Meeres, 1893, B: Die Lebensbezirke des Meeres. Mit Recht betont Ortmann, dass die drei von Walther neben Flachsee, offenes Meer, Tiefsee gestellten Lebensbezirke: Littoral (im engeren Sinn = Meeresstrand), Aestuarien und Ozeanische Archipele für eine biogeographische Gliederung der Meeresräume nicht als gleichwertig anzusehen seien. Indessen verfolgt Walther bei seiner Einteilung wesentlich nur den Zweck, die Verschiedenheit der Facies, d. h. der die Bodenbildung bestimmenden Faktoren schärfer auseinander zu halten.

Man vergegenwärtige sich hier bereits die Gegensätze, die in der Temperatur des Meereswassers und der Luft über dem Lande in höheren Breiten besonders der Arktis bestehen. Dort wo das kontinentale Klima im Binnenlande eine jährliche Wärmeschwankung von 20^0—60^0 C zeigt (Atlas, Taf. 7), ändern sich die Wassertemperaturen des offenen Ozeans, die immer niedrig sind, nur um 5^0—6^0 C. Hierin liegt die Hauptursache, dass im Meer die Lebensbedingungen in höheren Breiten für die Pflanzen und damit unmittelbar für die Tierwelt günstiger sind, als in den Tropen. Wenn auch nicht an Arten, so doch an Individuen ist das Meer in kälteren Gürteln weit reicher; umgekehrt verarmt die Lebewelt auf dem Lande polwärts beträchtlich.

Es muss daran erinnert werden, dass innerhalb der Biogeographie die Ausdrücke arktisch und antarktisch einmal im weitern Sinne für alle aussertropischen Gebiete gebraucht werden, dann aber auch im engeren für die Gürtel rings um die Pole. In diesem Falle bedarf es eines Ausdrucks für die Zwischengürtel mittlerer Breiten, wofür sich boreal für den nördlichen, notial (νότος, der Süden) für den südlichen einzubürgern beginnt. Eine weitere Gliederung führt dann zu den Untergürteln: subarktisch, subtropisch, subantarktisch. Sie sind aber, wohl bemerkt, nicht durch feste Grenzlinien ein für alle Mal wie bei den fünf Zonen des mathematischen Klimas in ihrer Lage zu bestimmen, sondern bezeichnen nur je nach dem zu beschreibenden Element schmälere oder breitere Erdgürtel in bestimmter Reihenfolge der Lage.

3. An dritter Stelle wirkt die Gliederung des Kontinentalblocks in grosse Landmassen. In der Verteilung der Lebewelt haben sich, wie wir sahen (§ 271), deutliche Spuren aus Zeiten erhalten, in denen das äussere Antlitz der Erde manche andere Züge gehabt hat, als sie uns heute entgegentreten; seit jungtertiären Zeiten haben sich dieselben wenig geändert. Bestimmend greift einmal die Teilung des Landes in zwei grosse Kontinentalmassen, die alte und neue Welt, und die dadurch bedingte meridionale Scheidung des Weltmeeres in zwei grosse Meeresbecken ein, den Atlantischen und den Indo-pazifischen Ozean. Damit sind heute den Lebewesen innerhalb des Tropengürtels auf dem Festlande, längs der Küsten und im offenen Meer mächtige Schranken für eine beliebige Verbreitung im Sinne der Breitenkreise gesetzt. Sodann spielt der Zusammenschluss der Kontinentalmassen in arktischen Breiten und im Gegensatz dazu die jetzige Zuspitzung derselben nach Süden die wichtigste Rolle. Dort dehnen sich weite Landflächen mit annähernd gleichem Klima aus, die zonale Ausgleichung der Lebewelt rings um den Pol befördernd, hier findet breiteste Verbindung der antarktischen Gewässer mit dem tropischen Meeresbecken statt, was für die allgemeine Meereszirkulation grosse Bedeutung hat (S. 532).

Unter den Abweichungen, durch welche Land- und Wasserverteilung auf der Erdoberfläche in älteren Erdperioden bestimmend in die Verteilung der Lebewelt eingegriffen hat, nehmen die Fragen über ein ehemaliges Ueberwiegen der Landmassen auf der Südhalbkugel, über einstige Landbrücken quer über den Atlantischen Ozean, sowie über die einstige Verbindung der Südhälfte Südamerikas mit Neuseeland und Australien das Hauptinteresse in

Anspruch. Sie werden daher von Biogeographen jetzt lebhafter als von Geologen erörtert[45]).

4. Endlich kommen für die heutige Gliederung der Biosphäre noch die grossen Wirbel von Wasser und Luft mit ihren klimatischen Folgen in Betracht, die jetzigen Systeme der Meeresströmungen, die in subtropischen Breiten kälteres Oberflächenwasser den Westküsten der Kontinente, wärmeres den Ostküsten zuführen (Taf. 8). Innerhalb der Landflächen greift durch die grossen Windsysteme der Gegensatz der Trockengürtel gegenüber den reicher bewässerten Regengebieten bestimmend auf die Vegetationsregionen ein (§ 280). Aufs deutlichste haben sich Spuren der Verteilung der Lebewesen aus Zeiten erhalten, wo die grossen Hochgebirge noch nicht als abschliessende Schranken bestanden. Viel ausgeprägter sind diejenigen noch erhalten, welche die Eiszeiten hinsichtlich der Zusammensetzung von Flora und Fauna auf der Erdoberfläche hinterlassen haben.

§ 273. Die marinen Lebensbezirke. Unter den vier Erdräumen, in welche sich die Lebewelt des Wassers gliedert, dem Süsswassergebiet, der Flachsee, der Hochsee und der Tiefsee, wird man die Littoralzone als die am frühesten belebte ansehen dürfen; von ihr aus haben sowohl das Meer als die Flüsse und Seen des Festlandes ihre hauptsächlichste Bevölkerung erhalten.

Die Flachsee[46]) oder das Littoral, bandförmig in grösserer oder geringerer Breite sich um die Festlandsküsten wie solche der meisten Inseln legend (S. 507), selten unter die Grenze des durchleuchteten Wassers herabsinkend, insgesamt gegen 30 Mill. qkm (S. 279) umfassend, ist durch eine grosse Mannigfaltigkeit der Lebensbedingungen vor der einförmigeren Hochsee und Tiefsee ausgezeichnet. Zunächst findet sich hier ein mehr oder weniger bewegtes Wasser mit wechselnder Temperatur und mit je nach der Einmündung von Flüssen wechselndem Salzgehalt. Längs der Küstengewässer treten die grössten Schwankungen der Wärme des Wassers auf (S. 527). Dann aber greift der Meeresboden mit seiner wechselnden Gestaltung als wichtiger Faktor ein, bald in Form abrasierten Felsbodens, bald als Korallenriff mit Korallensand bedeckt, bald als Schlick und Schlamm oder Sand- und Kiesboden. Eine reiche Vegetation von festgewachsenen Tangen und Seegräsern breitet sich oft wiesenartig über ihn aus; daneben farbenreiche Algen. Der weiche Schlamm ist meist vegetationslos. Der Benthos, die am Boden festsitzende oder kriechende Tierwelt (S. 516), findet z. T. durch harte Schalenbildung Schutz gegen die Wogen. Mit ihren vielfach schwimmenden Larven greift er in die Zusammensetzung des Plankton ein. Die kontinentale Zufuhr, durch die Flüsse herab-

---

[45]) Statt zahlreicher Einzelarbeiten sei wiederum auf die zusammenfassende Darstellung in Th. Arlts Entwicklung der Kontinente (Anm. 40) verwiesen. Er gibt auf 9 Karten das Antlitz der Erde in den verschiedenen geologischen Zeitaltern nach Frech, Koken, Lapparent, Neumayr u. a. — [46]) Joh. Walther, Bionomie des Meeres, 104—114; Ortmann, Grundzüge 25.

geleitet, erhöht stellenweise den Nahrungsreichtum erheblich. Die Flachsee ist das Gebiet der Fischgründe, namentlich in höheren Breiten; Vogelscharen, Seehunde, Walrosse sind auf diesen Reichtum angewiesen.

Die Hochsee[47]). Viel einförmiger sind die Verhältnisse des pelagischen Lebensbezirkes, des offenen Meeres. Hier ist die Vegetation auf Algen beschränkt, die mikroskopisch klein bei ihrer zeitweise enormen Vermehrung die Farbe des Meeres bedingen (§ 208) und die Nahrung für Milliarden kleiner willenlos umhertreibender Tierformen bilden. Man kann im Meeres-Plankton etwa $^2/_3$ der Masse den Pflanzen, $^1/_3$ den Tieren zuweisen (S. 677). Diatomeen bilden die Hauptmasse der ersteren, besonders in kälteren Gewässern; dazu treten die blaugrünen Algen, sowie die früher zum Tierreich gestellten Peridineen[48]). Ausgedehnte Flächen im Ozean werden von losgerissenen, schwimmenden Tangmassen eingenommen, (das Sargassomeer im Nordatlantischen Ozean), an die sich wieder ein eigenes Tierleben knüpft. Die beschalten Meerestiere treten zurück. Fische und die Seesäuger des offenen Meeres sind Fleischfresser (Delphine) oder leben wie die Bartenwale vom Plankton. Es sind die oberen Meeresschichten weitaus die belebtesten. Aber es geht eine ständige Bewegung von oben nach unten und umgekehrt. Der Wärme und dem Licht kann sich die gesamte Lebewelt durch tägliche Wanderung in die Tiefe entziehen. Nach unten muss man vorläufig die Fläche, bis zu der das Licht dringt (400 m S. 522), annähernd als Grenzfläche annehmen, wiewohl eine solche für zahlreiche Tiere nicht besteht. Der erhöhte Wasserdruck wird, scheint es, von allen Tieren der Hochsee leicht ertragen, sie tauchen oft bis 1000 m und mehr in die Tiefe.

Die dunkle Tiefsee[49]) oder die abyssale Region ist zugleich die der Ruhe. Das Wasser ist nicht bewegt; Dichte, Salzgehalt und vor allem Wärme sind nur äusserst langsamen Veränderungen ausgesetzt. Sie sind in weiten Gebieten und durch mächtige Schichten konstant, die Temperatur niedrig, jedoch auch am Boden nicht den Gefrierpunkt erreichend (S. 524). Die Abwesenheit des Sonnenlichts lässt das Pflanzenleben verschwinden. Die Tierwelt, die sich trotzdem bis in die grössten Tiefen und selbst auf dem Meeresboden noch nicht in Einförmigkeit der Gestalten, wenn auch in spärlicher Dichte findet, ist sonach hinsichtlich der Nahrung zunächst auf die aus der Hochsee herabsinkenden Reste von Pflanzen und Tierleichen angewiesen. Bei der niedrigen Temperatur und dem hohen Druck[50]) des Wassers entgehen diese weit länger der Verwesung und Fäulnis als in den oberen Meeresschichten.

---

[47]) Joh. Walther, a. a. O., 137 ff. — [48]) Fr. Schütt, Das Pflanzenleben der Hochsee, Kiel 1892; s. Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 291. — [49]) Joh. Walther will den Begriff der Tiefsee entsprechend seiner Spezialaufgabe (Anm. 44) nur auf den Meeresboden unterhalb der Beleuchtungsgrenze ausgedehnt wissen. Das ist vom allgemein biogeographischen Standpunkte nicht zulässig. — [50]) W. Marshall, Die Tiefsee und ihr Leben, Leipzig 1888, 117 ff. Man glaubt, dass für die Mehrzahl der Tiefseetiere, die man heraufholt, der Wechsel der Temperatur verhängnisvoller sei, als der Unterschied des Wasserdrucks.

Regionen[51]). Die marine Tiergeographie steht heute noch ganz in den Anfängen. Daher herrscht über die wichtigsten Fragen der Zerlegung der Lebensbezirke der Hoch- und Flachsee in Regionen und des Zusammenhanges derselben noch keine Uebereinstimmung. Dichte Bevölkerung, wenn auch grössere Artenarmut, kennzeichnet die arktischen und antarktischen Regionen gegenüber den tropischen. In den Tropen kann man die atlantische und die indopazifische Hochsee unterscheiden. Die Küstenfauna Ostafrikas ist von derjenigen des pazifischen Inselarchipels weniger verschieden als von der Westafrikas, erstreckt sich aber nicht bis zur westamerikanischen Küste. Afrika und Südamerika reichen zu weit in kalte subantarktische Gewässer, als dass längs der Küsten ein Austausch stattfinden könnte. Dieser wird umsomehr verhindert, als die längs der Westküsten entlang ziehenden kalten Polarströmungen und Auftriebgewässer (Taf. 8; S. 526) die Zone der Ausbreitung tropischer Formen daselbst dem Aequator nahe rücken. — Eine Hauptfrage ist[52]), ob die scheinbar grosse Uebereinstimmung der marinen Fauna in Arktis und Antarktis (die sog. Bipolarität der Meeresfauna) wirklich auf Verwandtschaft der Formen beruht oder nicht. Sie kann erst von der Zukunft entschieden werden, ebenso die, ob ein Austausch beider Fannen noch heute stattfinden kann. Unmöglich wäre ein solcher mittelst jener der Tiefsee angehörigen Schichten, die von der tropischen Hochsee überlagert sind, nicht, weil arktische Tiere in diesen wenigstens ähnliche Temperaturverhältnisse finden würden.

§ 274. Das Süsswassergebiet[53]) würde seiner Ausdehnung nach nicht den grossen Lebensbezirken der Erdoberfläche zugerechnet werden

[51]) Einen ersten Versuch der Zerlegung der marinen Lebensbezirke in geographische Regionen machte Ortmann, Grundzüge der marinen Tiergeographie, 1896, 44—60, jedoch nur nach allgemeinen ozeanographischen Gesichtspunkten, nicht durch Darlegung etwaiger Wirkungen auf die Lebewelt selbst. Die zugehörige Karte, welche die Abgrenzung der Regionen nach der Wärmeschwankung des Wassers versucht, ist noch vor Veröffentlichung von Schotts Karte der Wärmeschwankungen im Meer (s. o. S. 527, Anm. 27) entworfen. Die Abgrenzungen von R. Möbius (Die Tiergebiete der Erde, Arch. f. Naturgesch., 57. Bd., 1891, I, 288 mit Karte) sind etwas schematisch und verfolgen mehr museologische Zwecke. — [52]) Gut orientiert über diese Frage W. Kükenthal, Die marine Tierwelt des arktischen und antarktischen Gebiets in ihren gegenseitigen Beziehungen. (Veröff. d. Inst. f. Meeresk., Heft 11, Berlin 1906. Vergl. auch Ortmann im Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 275). G. Pfeffer (Versuch über d. erdgeschichtl. Entwicklung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Tierwelt, Hamburg 1891), geht von der Gleichartigkeit der Meeresfauna höherer Breiten aus und führt diese auf vortertiäre Zeiten zurück, in denen überhaupt noch keine klimatisch bedingte Scheidung der Fauna in Gürtel bestanden habe. Ortmann (Bipolarität in der Verbreitung mariner Tiere, Zool. Jahrbücher, Abt. f. Systematik IX, 1896, 571 ff.) hält die Gleichheit jener Faunen für unerwiesen; im übrigen sei ein Austausch längs der Westküsten oder durch die Tiefsee möglich; C. Chun (Die Beziehungen zwischen dem arktischen und antarktischen Plankton, Stuttg. 1897) spricht sich gleichfalls für die Vermittelung der äusseren Gürtel in der Tiefe unterhalb der Hochsee aus (Migrationstheorie). — [53]) Die Lebewelt des Süsswassers ist in ihrer Gesamtheit bisher kaum geschildert. Stillschweigend versteht man in der Biologie als solche nur die der Seen. Das Werk, das O. Zacharias mit anderen herausgegeben, Die Tier- und Pflanzenwelt des Süsswassers (2 Bde., Leipzig 1891) berührt die Fluss-Flora und Fluss-Fauna fast garnicht.

können — es nimmt wohl kaum 3 Mill. qkm ein —, wenn es nicht in Hunderte von einzelnen Adern verteilt sich netzartig über das ganze Festland ausspannte.

Eine Abschätzung aller Seeflächen des Festlandes, einschliesslich des Kaspischen Meeres hat rund 1 700 000 qkm ergeben (S. 442). Für die fliessenden Gewässer wird nicht viel mehr als 1 Mill. qkm anzunehmen sein. Die Breite der Flüsse ist sehr wenig bekannt. Schätzt man die mittlere Breite des Amazonas (sehr hoch) auf 4 km, so resultiert bei einer Länge von rund 5000 km eine Wasserfläche von 20 000 qkm.

Flüsse und Seen gehören zu den leichtveränderlichen jugendlichen Erscheinungen der Landoberfläche, von deren äusserer Umgestaltung sie ständig in Mitleidenschaft gezogen werden. Teilweise sind sie wohl vom Meere aus bevölkert durch Anpassung von Tieren, auch einzelnen Pflanzen an das Süsswasser. Noch jetzt besteht keine feste Schranke gegen das Salzwasser. Viele Wanderfische ziehen zur Laichzeit in die Flüsse aufwärts, seltener gehen Flussfische ins Meer hinab. Viel grösser ist die Zahl gleicher Formen in Salz- und Süsswasser innerhalb der niederen Tiere. Im allgemeinen finden die Lebewesen, wenn sie von einem Flussgebiet ins andere, von einem See zum anderen gelangen, die gleichen Lebensbedingungen überall wieder. Die häufige Verlegung der Wasserscheiden, die Vermischung der Flüsse bei Ueberschwemmungen erleichtern den gelegentlichen Austausch zwischen Flusssystemen. Die Zerlegung des ganzen Gebietes in zahlreiche solche Systeme fliessenden und stehenden Gewässers bedingt andererseits die Möglichkeit grösserer Isolierung als im Meere und damit die Ausbildung zahlreicher Varietäten und Arten. Von den ca. 10 000 Fischarten, die man heute unterscheidet, umfassen die Süsswasserfische wohl ein volles Drittel [54]). Im ruhigen Wasser der Seen kann sich eine reichere Flora entwickeln, in den fliessenden Gewässern tritt der Pflanzenwuchs zurück. Ein eigentliches Plankton kann sich im Flusse nicht bilden, es wird vom Strome entführt. Die Ufer sind belebter. Das umgebende Land bietet auf zahllosen Wegen wichtige Urnahrung, die vom spülenden Regen dem Wasser zugeführt wird, von den Abfällen menschlicher Wirtschaft nicht zu reden. Dazu tritt der Zuschuss, den die niedere Tierwelt des Landes an Nahrungsstoffen liefert, indem sie ihre Brut, ihre Eier und Larven, dem Wasser anvertraut.

§ 275. Florenreiche des Festlandes [55]). Die Versuche, die Landfläche der Erde in Floren-Reiche und -Provinzen einzuteilen, können hier nur in den Hauptzügen berührt werden, da sie ohne zahlreiche Beweisstücke aus dem Pflanzenbefund ziemlich unverständlich sind. Die floristische Mischung der Pflanzendecke ist seit tertiären Zeiten hauptsächlich von vier Regionen ausgegangen [56]), deren Florenelemente sich

[54]) J. Palacky, Die Verbreitung der Fische, Prag 1891, 78. An echten Süsswasserfischen nahm Günther 1870 (Fischkatalog des Brit. Museums) nur 2269 Arten an (s. Leunis, Synopsis der Zool., 3. Aufl. von H. Ludwig, Hannover 1883, I, 656). — [55]) Vergl. den Lit. Wegweiser S. 658 hinsichtlich der Hauptwerke und Karten. — [56]) A. Engler, Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt, 1879 u. 1882, mit Karten, auf welchen neben der Unterscheidung der Florenelemente auch Floren-Gebiete und -Provinzen unterschieden sind.

in gewissen Grenzgebieten begegnen. Die Geschichte dieser Regionen ist aber eine verschiedene. Alt können wir die beiden tropischen Florenreiche der alten und der neuen Welt nennen, insofern sie seit tertiärer Zeit keine grössere Umgestaltung mehr erfahren haben. Man schätzt die Zahl der Gattungen dikotyler Angiospermen [57]) in den Tropen auf etwa 3600; unter diesen müssen 93 % rein oder vorwiegend tropisch genannt werden, nicht weniger als 73 % sind endemisch [58]). Wenn unter jener Zahl 1450 nur im tropischen Amerika, 1700 nur im tropischen Gürtel der alten Welt vorkommen, so spricht dies für eine grosse Selbständigkeit beider Reiche. Seit langen Zeiträumen haben sie eines flotten Austausches der Vegetation quer über den Atlantischen Ozean entbehrt. Innerhalb der Kontinente findet das tropische Element im grossen und ganzen eine Grenze am Saume der subtropischen Trockengebiete, doch dringen manche Bestandteile noch in dieselben ein; weiter gelangen sie in den subtropischen Sommerregengebieten an der Ostseite der Kontinente. — Südlich der Tropen breitet sich das notiale Florenreich [59]) aus, infolge der Zuspitzung der Kontinente jetzt auf isolierte Territorien verteilt, deren jedes seine Eigentümlichkeit hat. Starker Endemismus zeigt sich im aussertropischen Australien, in Neuseeland ebenso wie im blütenreichen Kapland und dem chilenisch-patagonischen Waldgebiet. Das Bemerkenswerte ist, dass diese weit getrennten Gebiete doch mehr Anklänge an einander zeigen, als dass sie auf Verschleppung in heutiger Zeit — namentlich gilt dies von Australien, Neuseeland und Südamerika — zurückgeführt werden könnten.

Die aussertropischen Landflächen der Nordhalbkugel, das boreale Florenreich, wird von einem Element beherrscht, das naturgemäss nach klimatischen Zonen und grösseren Regionen noch weiter abgestuft ist. Hier treten einige Florengebiete von ausgesprochen jungem Aussehen auf. Es haben die Eiszeiten und die mit ihnen wahrscheinlich gleichzeitigen Perioden reichlicher Niederschläge in den zentralen Kontinentalgebieten, die heute wesentlich nur Steppen- und Wüstenvegetation tragen, die deutlichsten Spuren hinterlassen. Die Pflanzen, die in spättertiärer Zeit, wie uns die Fossilien beweisen, ein fast subtropisches Klima bis nach Grönland und Spitzbergen vorfanden, mussten mit dem Sinken der Temperatur und dem Anwachsen der Gletscher in niedrigere Breiten zurückweichen. Auf weite Strecken ist damals die Pflanzendecke in Nord- und Mitteleuropa sowie in Nordamerika vernichtet worden; ebenso auch in Zentralasien durch das Anwachsen der Seeflächen, die wir während der regenreicheren Zeiten für jene Landschaften annehmen müssen. Die glazialen Gewächse breiteten sich daselbst aus und vermischten sich auch mit den alpinen Pflanzen, die durch die Vereisung der Gebirge in das Vorland herabgedrängt wurden. Als später das Klima wieder milder wurde, die Gletscher sich zurückzogen und die Seen austrockneten, waren in den Kontinenten weite Gebiete offenen Landes vorhanden, in welche Pflanzen

[57]) S. S. 684, Anm. 36. — [58]) Engler a. a. O. II, 174. — [59]) Von Engler als altozeanisches Reich bezeichnet.

und Tiere von neuem einwandern konnten. Aber je nach der Beschaffenheit der Territorien traten verschiedene Verhältnisse ein. In den ehemaligen Glazialgebieten findet sich eine vorwiegend entlehnte, nicht eigenartige, aber artenreiche junge Flora, im wesentlichen ohne endemische Arten. Denn die besonders von Osten einwandernden Pflanzen fanden nicht wesentlich andere Lebensbedingungen vor. Auf die Hochgebirge wanderte die alpine Flora zurück, nunmehr aber vermengt mit manchen arktischen Pflanzen. Man bezeichnet sie daher als arktisch-alpine Florenelemente, welche die höchsten Gürtel der Hochgebirge gemässigter Breiten kennzeichnen, aber bei dem Mangel meridionaler Hochgebirge auf diejenigen der Tropen kaum gelangten. In den Steppengebieten bildete sich eine ärmliche Flora aus solchen Pflanzen, die sich einem inzwischen trocken gewordenen Klima anzupassen wussten und sich durch diese Umgestaltung zu jung-endemischen auswuchsen.

Geringere Veränderungen erlitten in jenen Epochen manche subtropische Gebiete wie die Mittelmeerländer. In tertiärer Zeit waren hier tropische Formen in reicherem Masse vertreten. Manche haben den späteren Klimawechsel überdauert. Die Zwergpalme, der Oel- und Granatbaum gehören dazu. Wenn von 7000 Gefässpflanzen noch 60 % als endemische nachgewiesen sind[60]), so darf man eine solche Flora wohl als eine gemischte bezeichnen.

§ 276. Regionale Verbreitung von Landtiergruppen[61]). Auf dem Gebiete der Tiergeographie lässt sich den Versuchen, Floren-Reiche und -Provinzen der Erde aufzustellen, nichts Gleichwertiges an die Seite stellen. Denn die Tierwelt setzt sich in viel höherem Masse als die Pflanzenwelt aus Formengruppen zusammen, die von ganz verschiedenen Lebens- und Verbreitungsbedingungen abhängen. Man steht freilich noch am Anfang dieser Erkenntnis.

Historisch hat sich die Tiergeographie derart entwickelt, dass man die geographische Verbreitung der „Vierfüssler" verfolgte, einer Gruppe von Tieren, die in ihrem Bau und ihren Verbreitungsmitteln dem Menschen nahe steht. Seit den dreissiger Jahren des 19. Jahrhunderts entsprangen daraus die Versuche, „tiergeographische Reiche und Provinzen" schlechtweg aufzustellen[62]). Der Grundidee

[60]) A. Grisebach, Vegetation der Erde I, 1872, 347. — [61]) Die Titel der im folgenden genannten Schriften findet man im Lit. Wegweiser (§ 257). — [62]) Den ersten Versuch machte W. Swainson 1835 (nicht Sclater, wie Trouessart [s. Lit. Wegweiser] S. 13 angibt) in Lardners Cabinet-Cyclopaedia. Die bekannteste, in viele andere Werke übergegangene Einteilung von A. R. Wallace in sechs tiergeographische Regionen, 1876, schliesst sich an diejenige an, welche P. L. Sclater 1858 für die Vögelverbreitung gegeben hatte (Proceed. Linnean Society, 1858). Spätere haben dann verschiedene Abänderungen an dieser Darstellung versucht, die sich wesentlich auf die Regionen in der nördlichen gemässigten Breite beziehen, z. B. Newton u. Hartlaub (s. Bergh., Phys. Atlas, Nr. 54), Heilprin (1858), Trouessart (1890). Die Karte der Tiergebiete der Erde von K. Möbius (Arch. f. Naturg., Bd. 57, I, 1891) kann mit obigen Arbeiten nicht ganz auf eine Linie gestellt werden, da es sich bei ihr nur um einen Wegweiser zu zweckmässiger Aufstellung der Objekte eines zoologischen Museums handelt. A. Jacobi, Lage und Form biogeogr. Gebiete (s. S. 659), unterscheidet auf seiner Karte neben 8 Regionen noch 15 Ausbreitungsgebiete der Tierwelt, sich jedoch gleichfalls fast ausschliesslich an die Säugetiere haltend.

nach wollte man die gesamte Tierwelt der Erde in grosse räumliche Einheiten zusammenfassen, und zwar in einem Bilde als Seitenstück zu einer Völkerkarte der Erde. Den Rahmen zu dieser Gliederung bildeten freilich nach wie vor nur die höheren Tiere, speziell die Säugetiere, gleichsam als bestehe innerhalb der Klassen des Tierreichs eine allgemeine Ueber- oder Unterordnung. Von einer solchen kann hinsichtlich der im gleichen Gebiete beisammen wohnenden Tiere jedoch nur in sehr beschränktem Masse gesprochen werden. Unterstützt wurde jene Richtung dadurch, dass die getrennte Verfolgung der Verbreitung von Reptilien und Vögeln zu einer ähnlichen Einteilung der Erdoberfläche in Verbreitungsgebiete zu führen schien wie für die Säugetiere. Je mehr man sich jedoch den übrigen Tiergruppen zuwendet, um so mehr beginnt man das Einseitige dieser Auffassung einzusehen[63]). Die ungleich lange geologische Geschichte der Tierklassen ist eine weitere Ursache der eigentümlichen Uebereinanderschichtung oder Durchkreuzung ihrer verschiedenen Verbreitungsgebiete. Man kann diese daher so wenig in einem einzigen Kartenbild darstellen wie etwa gleichzeitig die Gliederung des Menschengeschlechts nach Sprache, Religion, Kulturhöhe. Trotz alledem behalten die bisherigen Karten der zoogeographischen Regionen oder Faunenreiche der Erde an sich ihren Wert, nur unter dem richtigen Namen dessen, was sie darstellen, nämlich die Verbreitung der Säugetiere.

Zur Zeit liegen hinsichtlich der Verbreitungsgebiete der wirbellosen Landtiere nur erste Andeutungen vor, wogegen es für die Wirbeltiere nicht an übersichtlichen Darstellungen fehlt; doch sind die Forscher noch vielfach nicht zu übereinstimmenden Ansichten gekommen[64]). In betreff der Säugetiere ist es andererseits gelungen, die heutige räumliche Gliederung in festere Beziehungen zu der geschichtlichen Entwickelung und zu den Ausgangspunkten und den Wegen der Verbreitung zu setzen. Hier, wo alle diese Fragen nur gestreift werden können, wollen wir statt der allgemeinen Faunenbeschreibungen dieser historisch-geographischen Betrachtungsweise den Vorzug geben und von den Säugetieren ausgehend nur gelegentlich andere Tiergruppen berühren.

Zunächst muss daran erinnert werden, dass Säugetiere und Vögel zu den jüngsten Formen des Tierreichs gehören. Spärliche Reste von Säugetieren haben sich aus mesozoischer Zeit (Trias) erhalten; sie deuten auf Verwandte der eierlegenden Schnabeltiere etc. (Monotremen) und der Beuteltiere (Marsupialier), deren Entwicklung im Mutterkörper eines ausgebildeten Nährbodens, der Plazenta, entbehrt. Mit den „plazentalen" Säugetieren, die nicht vor dem ältesten Tertiär erscheinen, beginnen erst die Ansätze zu späterer reicherer Ausgestaltung. Je nach Nahrung und Lebensweise gliedern sie sich mittelst Ausbildung des Gebisses und der Gliedmassen (Hufe, Krallen, Hände etc.) in die vorzugsweise Insekten fressenden („Insektenfresser", Halbaffen, Fledermäuse), und die sich später anschliessenden eigentlichen Raubtiere. Man darf nicht vergessen, dass die Nahrungsverschiedenheit auch unter den Beuteltieren Formen erzeugt hat, die sich den placentalen Nage- und Huftieren, Insektenfressern und Raubtieren zur Seite stellen lassen.

Seit tertiären Zeiten haben sich die Landsäugetiere von drei Hauptregionen ausgebreitet[65]), und scharf treten sich bis heute die

---

[63]) Vergl. über diese Punkte besonders die kritische Darstellung Ortmanns (Grundz. d. marinen Tiergeogr., 1896, S. 2 ff.). — [64]) Man vergl. z. B. Sclaters (1858) und Reichenows (1888, s. u. Anm. 85) Auffassung. — [65]) A. Zittel, Rückblick auf die geologische Entwicklung, Herkunft und Verbreitung der Säuge-

Folgen einer Verteilung der Landmassen in eine einst ausgedehntere Südwelt und eine Nordwelt gegenüber. Die erstere umfasst Australien und Südamerika, die andere die alte Welt und Nordamerika. Beide Welten nähern sich nur im Gebiete der tropischen Mittelmeere, des Amerikanischen und Australischen. In letzterem ist die sehr früh entstandene Unterbrechung der Landflächen nicht wieder dauernd hergestellt; in Amerika hat sich erst im Spättertiär (Pliocän) eine Verbindung gebildet, die einen beschränkten Austausch der Säugetiere ermöglichte. Viel früher als auf der Nordwelt sind die südwestlichen Regionen zur faunistischen Selbständigkeit gelangt, sodass man berechtigt ist, Australien und Südamerika[66]) (neotropische Region) für den Beginn der Tertiärperiode als eigene Bildungsherde der Säugetierfauna zu betrachten. Das ist auch für die heutigen Verhältnisse massgebend. In der Nordwelt (Arktogaea)[67]) erscheint die ehemalige Einheit heute nur noch in der beschränkten arktischen Subregion (S. 701) stärker gewahrt. Am frühesten hat sich Nordamerika (nearktische Region)[68]) abgezweigt, um, wie angedeutet, erst in der Pliocänzeit in eine gewisse Verbindung mit Südamerika zu treten. Nordeurasien unterscheidet sich von Nordamerika, das sich gegen die Tropen hin auskeilt, vor allem dadurch, dass sich am Südrand tropische Landflächen in ganzer Breite anlegen. Beträchtliche Verschiebungen der Faunen sind in der alten Welt vor allem durch die klimatischen Aenderungen hervorgerufen; die einstige subtropische Fauna konnte hier aber in ihrer Gesamtheit nach Süden ausweichen. Einer einheitlichen Fauna Nordeurasiens (palaearktische Region)[69]) stehen heute das transsaharische Afrika (aethiopische Region) und Südostasien (indische Region)[70]) als selbständige Regionen gegenüber.

1. Am frühesten hat Australien nebst Tasmanien den territorialen Zusammenhang mit Asien verloren, aber wohl nicht so früh, wie man ehedem annahm. Die Säugetierfauna Australiens bestand vor Ankunft der Europäer wesentlich nur aus Beuteltieren. Jedoch der Dingo, lange Zeit für einen mit den Eingeborenen herüber ge-

---

tiere (Handb. d. Palaeontologie IV, 1893, 721—767; auch in den Sitz.-Ber. d. K. bayr. Akad., math.-nat. Kl., 1893). Vergl. auch die Karte der Ausbreitungsgebiete der Säugetiere von A. Jacobi (s. Anm. 62). — [66]) R. Lydekker, A geographical History of the Mammals; Cambr. 1896 (Deutsch v. G. Siebert, Jena 1897), bezeichnet Südamerika als Neogaeic realm, Australien als Notogaeic realm. — [67]) Die in Klammern beigefügten Namen sind die Sclater-Wallace'schen. — [68]) Die Annahme einer tiergeographischen Einheit, die Nordamerika, Eurasien und Afrika umfasst, hat schon T. H. Huxley 1868 gemacht (Proc. Zool. Soc., London 1868, 314); er nannte sie Arktogaea. — [69]) „Nordeurasien" deckt sich nicht ganz mit der Wallaceschen palaearktischen Region, die das Uebergangsgebiet von Nordafrika und Vorderasien mit umfasst. Für keine Region ist es schwieriger einen Namen zu finden, der sofort annähernd die zugehörigen Landflächen ins Gedächtnis riefe. Betrachtet man wie Heilprin die Mittelmeerländer als Uebergangsgebiet, dann tritt der Name Eurasien in sein Recht. — [70]) Mit Recht haben sich die meisten deutschen Autoren gegen den Ersatz des Namens einer indischen Region dureh eine orientalische, die Wallace einführte, erklärt. S. Möbius (Anm. 62), 280.

kommenen verwilderten Hund gehalten [71]), hat neben einigen kleinen Nagetieren und Fledermäusen später Gelegenheit gefunden, von Norden einzuwandern [72]). Neuseeland kann seit dem Auftreten der Säugetiere mit Australien nicht im Zusammenhang gestanden haben, da es keine Säugetiere besitzt (S. 701).

Die Wallace-Grenze. Zeitweise müssen Neuguinea, Celébes und die melanesischen Inseln mit Australien in Verbindung gestanden haben. Eine Scheidelinie, welche ein südasiatisches von einem australischen „Tierreich" trennen sollte, wurde von dem Engländer Wallace durch die Lombokstrasse zwischen den kleinen Sundainseln Bali und Lombok (Taf. 39) und durch die Makassarstrasse gezogen. In Wahrheit kann sie nur für Säugetiere gelten [73]), die östlich dieser sog. Wallace-Linie neben einigen ganz alten Formen australischen Typus zeigen. Die Vögelwelt, obwohl in Neuguinea durch farbenreiche Eigenarten ausgezeichnet wie den Paradiesvogel, hat schon manche westliche Einwanderer aufgenommen und in der Käferfauna überwiegt bereits das indische Element vollkommen [74]). Auch für die Flora gilt die Grenze nicht. Vielmehr greift die Waldflora des Monsungebietes über Neuguinea und Melanesien hinüber nach Nordaustralien. Sie wird also älter sein als die Scheidung, die sich für die Säugetierwanderungen in jener Linie gebildet hat [75]).

2. Ein sehr abgeschlossenes Gebiet der Säugetierfauna bildet Südamerika. In mesozoischer Zeit scheint es, wie man aus den Süsswasserfischen geschlossen hat, über die Antarktis mit Neuseeland und Australien, später vielleicht auch im Norden mit Afrika in Verbindung gestanden [76]) zu haben. Seine Säugetierfauna bestand bis in die jüngste Tertiärzeit einmal aus den sog. Zahnarmen (Edentaten), zum Teil von riesigem Bau, von denen sich einige unter der Form der Faultiere, Ameisenbären, Gürteltiere erhalten haben. Die Beuteltiere sind durch eine eigene Familie, die Beutelratten (Didelphys), vertreten. Ungemein artenreich sind noch heute die Nager. Die Affen Südamerikas unterscheiden sich durch breite Nase und den sehr verbreiteten Greifschwanz aufs auffallendste von den Affen der alten Welt. Ein Zusammenschluss mit Nordamerika scheint nicht vor der Pliocänzeit erfolgt zu sein. Seitdem empfing Südamerika von Norden eine Reihe von Säugern von altweltlichem Typus, von denen viele, darunter auch das grosse Rüsseltier Mastodon, wieder erloschen sind. Der Tapir, dessen nächster Verwandter jetzt fern davon in Südasien vorkommt, das Nabelschwein, die Gattung Auchenia, zu der das Lama gehört, einige Hirscharten, Raubtiere wanderten nebst zahlreichen

[71]) Die Reste des Dingo sind im Diluvium gefunden; s. Mac Coy, Palaeontology of Victoria, Decade VII, Melbourne 1882. — [72]) Mittlerweile hat man im Diluvium von Queensland auch Reste einer dem südamerikanischen Pekari ähnlichen Schweineart gefunden. Jack u. Etheridge, Geology and Palaeontology of Queensland, Brisbane 1892. — [73]) Ausführlich beschäftigt sich mit Widerlegung der Existenz der sog. Wallace-Grenze Arn. Jacobi (a. a. O. S. 682, Anm. 33), 164 ff.; ebenso erklärt sich Ortmann gegen eine „Weber-Linie", die Pelseneer 1904 etwas östlicher längs der grössten Meerestiefen als Grenzlinie ziehen wollte, s. Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 234. — [74]) Pascoe in Transact. Entomol. Soc. London N. S. Vol. V, 14. — [75]) Nach Warburg, s. Geogr. Jahrb. XV, 1891, 391 ff. — [76]) v. Jhering, Palaeogeographie Südamerikas, Ausland 1893, 11 ff., vergl. Ortmann, Südamerika und seine Verbindungen, Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 253.

Nagern ein und haben sich bis heute erhalten. Der Grundtypus der Fauna ist dadurch nicht umgestaltet. Der Bestand an grösseren Säugern ist ein auffallend geringer.

3. Vom Standpunkt der Geschichte der Tierwelt muss Nordamerika mit der gesamten alten Welt zu einer dritten grossen Einheit zusammengefasst werden. In der älteren Tertiärzeit war es, soviel sich heute übersehen lässt, ein grosses Verbreitungsgebiet[77]). Die wunderbar erhaltenen Ueberreste, die man in den Tertiärsedimenten innerhalb der Felsengebirge aufgedeckt hat, beweisen, dass damals Nordamerika eine reiche und mannigfaltige Säugetierfauna besass, deren Einzelformen allerdings erloschen sind. Nur die Beutelratte hat sich bis heute erhalten. Eine breite und sichere Verbindung mit Europa hat, scheint es, zahlreiche Formen nach dem östlichen Kontinent wandern lassen. In mittel- und spättertiärer Zeit steht Nordamerika schon ziemlich selbständig da, hat aber noch mehrfach, besonders nach der Eiszeit, Einwanderer aus der alten Welt empfangen, teils von Osten, teils über Asien. Seit es im Pliocän mit Südamerika verbunden ward, haben sich dann fremde Elemente in die Fauna gemischt, meist später wieder ausgestorbene Formen. Nach dem heutigen Bestand ist Nordamerika wesentlich ärmer an Säugetierformen als die alte Welt. Den gemeinsamen Ursprung deuten noch immer 17 Familien und 27 Gattungen an. Aber heimisch sind in Nordamerika neben letzteren nur 34 Gattungen, dagegen 62 in der alten Welt[78]). Auffallend ist namentlich der Mangel an Huftieren; an hohlhörnigen Wiederkäuern hat Nordamerika nur 5 Arten, gegen 52 in Eurasien. Es fehlt das gesamte Gazellengeschlecht, ferner das Pferd und das Kamel, die beide noch in pliocäner Zeit in mehreren Formen vertreten waren. Erst die Europäer haben mit den Haustieren das Pferd wieder eingeführt.

4. Um die Verbreitung der Tierwelt in der alten Welt seit den tertiären Zeiten zu verstehen, muss man sich vergegenwärtigen, dass damals weder die Mittelmeerbecken im gleichen Umfang, noch die eurasischen Faltengebirge in gleicher Höhe bestanden. Man kennt die ältere Fauna wesentlich nur aus Fundstätten, die sich vom südlichen England und Spanien in schmalem Gürtel südöstlich bis nach Indien und den Sundainseln hinziehen. Versetzen wir uns in die Mitteltertiärzeit (Obermiocän), so muss damals im Mittelmeergebiet bis nach Indien eine Fauna geherrscht haben, wie wir sie heute in den Tropen finden. Weite Grasgefilde müssen den zahlreichen Huftieren, besonders aus der Familie der Antilopen und Giraffen, den Vorläufern des Pferdes, dem Mastodon und Tapir Nahrung gegeben haben. Während die letzteren im Pliocän aus diesen Gebieten verschwanden, wanderten wohl aus dem südlichen Asien Elephantenarten und Flusspferde, Büffel und Rind, das Pferd, Bären, Kamele, Hirsche, Affen nach Süd- und Mitteleuropa

---

[77]) K. A. Zittel a. a. O., 766. — [78]) Supan, Phys. Erdk. 1896, 661, nach den Tabellen von Wallace.

ein, bis nach langer Zeit der grössere Teil dieser Formen durch klimatische Aenderungen veranlasst seine Südwanderungen beginnt. Damals scheint erst Afrika, von dem wir tertiäre Tiere nicht kennen, die Säugetierfauna erhalten zu haben, die wir der Hauptsache nach noch heute finden. Die weiten Savannengebiete wurden die Stätte zur Ausbildung einer ungemein reichen Huftierfauna. Der andere Zweig zog südostwärts, verbreitete sich in Süd- und Ostasien allmählich über den Archipel bis zu der oben geschilderten Wallace-Grenze. Im Laufe der Zeit haben sich in Afrika und Südasien aus den gemeinsamen Stämmen etwas abweichende Formen gebildet. Die Wanderung der Tiere müssen wir uns langsam und etappenweise denken. Madagaskar muss sich von Afrika getrennt haben, ehe dieser Schub von Norden anlangte; schon in alttertiären Zeiten, wo den echten Affen die Insekten fressenden Halbaffen (Lemuriden) vorausgingen. Nur die letzten finden wir dort. Auch die Raubtiere und Insektenfresser von Madagaskar sind altertümlich. Huftiere sind vor der Trennung nicht mehr zum Einwandern gekommen.

Ueber Nordeurasien brach die Eiszeit herein. Die Wärme liebenden Tiere wurden dadurch nach Süden gedrängt; an Kälte gewohnte, das Mammut und das wollhaarige Rhinozeros, Rentier und Lemming, Fjällfras, selbst der Moschusochse rückten nach. Ihre Heimat scheint in tertiären Zeiten das nördliche Asien gewesen zu sein [79]). Noch fehlt es an Beweisen aus der Palaeontologie. Aber das Eindringen von ausgesprochenen Waldtieren und von Steppentieren (wilder Esel, Antilope, Pferdespringer) aus dem Osten in den Interglazial- und Postglazialzeiten aus Asien spricht dafür, dass dort auch schon früher ähnliche Gegensätze zwischen Wald- und Steppenregionen vorhanden waren wie heute, wenn auch räumlich beschränkter. Unsere Hochgebirgstiere, Gemse, Steinbock, Murmeltier zeigen sich auch erst in den Diluvialzeiten. Kurz, ähnlich wie die mittel- und nordeuropäische Flora eine junge und entlehnte zu nennen ist (S. 695), so gilt dies auch rücksichtlich der Fauna. Nach dem Rückgang der Eiszeiten folgen sich Steppen- und Waldperioden, wie man aus den Spuren der Tiere geschlossen, die sich im Löss, in Seen und Mooren teilweise schon in Begleitung des Menschen gefunden haben. Mehr und mehr tritt wieder eine faunistische Scheidung in Nordeurasien ein. Die Kälte liebenden Tiere ziehen sich in nördlichere Breiten die Waldgrenze überschreitend zurück. Die Waldzone bevölkert sich dichter mit Formen, welche Deckung im Wald suchen und frisches Gras und Laub zur Weide beanspruchen. Pferd und Ur gehören dazu. Reich sind die Waldungen an Raubtieren. Die Waldhühner sind in diesem Gürtel fast zirkumboreal. Je mehr sich im Innern Eurasiens die waldlosen Steppenregionen ausbilden, um so einheitlicher wird in ihnen die durch Einhufer und Kamele, durch rasch bewegliche Nagetiere, eigenartige Raubtiere gekennzeichnete Fauna.

---

[79]) J. Fr. Brandt, Naturgeschichte des Elens (Mém. Acad. Imp. St. Petersb. XXI, 39 — 50).

Die arktische Subregion. Oefters hat man in der Tiergeographie kleinere, abgeschlossene Landflächen, besonders Inseln, wenn sich in ihnen gewisse Tiergruppen als vorherrschend erwiesen haben, die von benachbarten Gebieten auffallende Abweichungen zeigen, als eigene tiergeographische Reiche den grossen oben skizzierten Weltreichen ebenbürtig zur Seite gestellt. Das ist besonders mit Madagaskar (s. o.) und Neuseeland[80]) geschehen.

Die Eigentümlichkeiten des neuseeländischen Reiches erblickte man in der völligen Abwesenheit von Säugetieren (mit Ausnahme von einigen, wohl durch die Menschen hierher verpflanzten Nagern), von Schildkröten und Schlangen, in der Beschränkung der Hühnervögel auf eine Wachtelart und in dem Vorkommen von zwei endemischen Familien aus der Gruppe der straussartigen Vögel.

Indessen mit dem gleichen Rechte könnte man noch mancher Kontinentinsel zur Selbständigkeit verhelfen. Es wird dabei dem geographischen Faktor der räumlichen Isolierung eine zu grosse Bedeutung gegeben. Viel berechtigter ist es, Subregionen innerhalb der grossen Verbreitungsgebiete dort anzunehmen, wo sich eine unmittelbare Anpassung der gesamten Tierwelt an die physikalischen Verhältnisse eines Gebietes erkennen lässt. Es kann kein Zweifel sein, dass Neuseeland bei seinem milden Klima und der reichen Vegetation eine sehr bunte Fauna aufzunehmen vermöchte. Dagegen hebt sich rings um den Nordpol eine arktische Subregion[81]) deutlich ab, in der die übereinstimmende Verarmung der pflanzenfressenden Tierwelt und der auffallende Reichtum an Fleischfressern längs der Küsten als unmittelbare Folgen des Klimas und der vegetativen Decke gelten müssen. Im grossen ganzen handelt es sich um die Region nördlich der Baumgrenze, um den Tundrengürtel, wie man sie auch bezeichnen kann[82]).

Reptilien und Amphibien überschreiten den Polarkreis nicht[83]); dürftig ist die Insektenwelt vertreten, daher fehlen die insektenfressenden Säugetiere und Vögel. Die ersteren beschränken[84]) sich schliesslich, was Pflanzenfresser betrifft, auf Rentier, Moschusochs, Lemming und Polarhase. Echte Raubtiere sind ausser einigen gelegentlichen Eindringlingen der Eisfuchs und Eisbär, der letztere schon ganz auf die Tierwelt der Küsten, auf Fische und Robben angewiesen. Reicher ist die Vögelwelt vertreten. Man kennt 66 hochnordische d. h. im hohen Norden brütende Vögel[85]), grössenteils Schwimmvögel und Sumpfvögel, kurz solche, denen

---

[80]) T. H. Huxley in Proc. Zool. Soc. 1868, 316. — [81]) Diese Subregion findet in Deutschland ziemlich allgemeine Anerkennung; die englischen Tiergeographen, voran Wallace, verhalten sich ablehnend; A. Möbius (Anm. 62), 280. — [82]) Diese arktische Subregion ist also nicht identisch mit Schmardas Reich der Pelztiere und Schwimmvögel, da diese sich über ganz Sibirien bezw. die ganze Nadelwaldzone ausdehnt (Geogr. Verbreitung d. Tiere, 1853, II, 225 ff.). — [83]) Vergl. Berghaus, Phys. Atlas, Taf. 56, 57. — [84]) Vergl. die vortreffliche Monographie von A. Brauer, Die arktische Subregion (Zool. Jahrbücher, Abt. f. Systematik, III, 1888, 189—293, mit Karte). Brauer beschränkt sich übrigens nur auf Säugetiere, von der Ansicht ausgehend, dass nur Säugetiere bei Begrenzung tiergeographischer Gebiete in Frage kommen könnten (?). — [85]) A. Reichenow, Zur Begrenzung zoogeogr. Regionen vom ornithologischen Standpunkte (Zool. Jahrb., Abt. f. Systematik; III, 1888, 671—704 mit Karte). Heimisch sind nach ihm die Vögel nur da, wo sie als Brutvögel vorkommen.

das Meer oder die Binnengewässer die Nahrung bieten. Die Mehrzahl der genannten Tiere ist, wenn auch nicht zirkumpolar, so doch über weite Strecken Eurasiens und Amerikas zugleich verbreitet.

IV. Die Vegetation der Landoberfläche.

§ 277. Pflanzenvereine und Vegetationsformationen. Unter der Vegetation eines Gebietes im Gegensatz zu seiner Flora (S. 681) verstehen wir den Inbegriff der den Boden mehr oder weniger dicht bedeckenden Pflanzen. Je nachdem sich in dieser Decke Gewächse gleichen Wuchses und ähnlichen äusseren Aussehens gesellig vereinigen, geben sie einer Landschaft ein bestimmtes Gepräge. Für jede Gegend heben sich einige Typen der Vegetation ab, die ihre Bewohner von jeher mit bestimmten Namen belegt haben. Bei uns in Mitteleuropa weiss jeder, was man unter einer Wiese, einem Moor, einer Heide, einem Nadelwald, einem Laubwald versteht. Aber in anderen Erdstrichen treten neue Landschaftsbilder auf. Zwar erkennt man manche der heimatlichen Grundtypen wieder, aber die Zusammensetzung und Dichte der Bestandteile, die Höhe, der Wuchs, die Belaubung der gesellig vereinigten Elemente sind verschieden. Das Gesamtaussehen, die Physiognomie der Vegetation ist eine andere. Humboldt hat nun zuerst, um das eigenartige landschaftliche Bild der Vegetation besser zum Ausdruck zu bringen, ihre Bestandteile zu zerlegen gesucht und eine Reihe „physiognomischer Pflanzenformen" nach ihrem Gesamthabitus aufgestellt[86]). Ihre Zahl ist von Anderen bedeutend vermehrt worden[87]). Es kommen dabei wesentlich nur die Vegetationsorgane, bei Bäumen also der sog. „Baumschlag" in Betracht, unabhängig vom verwandtschaftlichen System. Doch bilden einzelne natürliche Familien wie Palmen, Bananen, Bambusen auch bereits physiognomische Formen. Diese Anschauungen haben sich vertieft, seit man die Gruppenbildung statt allein auf die äussere Erscheinung, vielmehr auf die Zusammengehörigkeit nach den Lebensverhältnissen, nach der Anpassung an die gleichen äusseren Lebensbedingungen zu gründen versucht hat[88]). An die Stelle von rein physiognomischen Gruppen sind die physiologischen oder oekologischen getreten, d. h. Gruppen, die durch Gleichartigkeit ihres gesamten Haushaltes verknüpft sind. Die Grundlage einer derartigen Einteilung der Vegetationsdecke der Erde bilden Pflanzenvereine oder -Genossenschaften[89]), die oft Pflanzen von gleichem physiognomischen Charakter

---

[86]) A. v. Humboldt, Ansichten der Natur. I. Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse, Tüb. 1808; hier werden 19 Pflanzenformen als physiognomische aufgezählt. — [87]) A. Grisebach, Vegetation der Erde, I, 1872, gibt 54 Formen, Drude in Neumayers Anleitung, II, 1888, 155 ff. gegen 70. — [88]) H. Reiter, Die Consolidation der Physiognomik als Versuch einer Oekologie der Gewächse, Graz 1885; wesentlich vertieft ist die Anschauungsweise in Warmings Lehrb. d. oekolog. Pflanzengeographie, deutsch v. E. Knoblauch, 1896, 2. Aufl. 1902. — [89]) Die Ausdrücke Pflanzenvereine (Warming) oder Genossenschaften (Kerner) drücken besser die gesellige Gruppierung physiognomisch wirkender Pflanzen aus als der zu allgemeine Begriff „Vegetationsform", den Grisebach einführte. Schimper begreift unter Genossenschaften jedoch wieder etwas ganz anderes,

in sich vereinigen, oft aber auch anders gestaltete in bunter Mischung umfassen. Setzt sich das Bild vorherrschend aus dem gleichen Gewächs zusammen wie im Buchen- oder Eichenwald, der Erikaheide, so geht der Verein in einen Bestand über. Da sich auf der Erdoberfläche die nämlichen äusseren Standortsbedingungen vielfach wiederholen, so begegnet man den gleichen Vereinen in den verschiedensten Ländern der Erde, wobei die floristische Zusammensetzung häufig eine ganz abweichende sein kann. Dies führt zur Notwendigkeit, die Vereine zu grösseren Gruppen, Vegetationsformationen[90]) zusammenzufassen. Diese sind es, deren Begriffe und Namen sich in die geographische Literatur einbürgern müssen, da sie für die Einzelschilderung in kurzer Bezeichnung nicht nur ein Landschaftsbild vor die Seele zu führen geeignet sind, sondern auch die im Boden und lokalen Klima wechselnden Bedingungen in Erinnerung rufen. Nicht viele haben jedoch bis jetzt einen so treffenden Ausdruck gefunden, dass sie von allen Forschern im gleichen Sinn verwendet werden.

§ 278. Vegetationstypen. Eine weitere Anfgabe ist, die Vegetationsformation wiederum nach ihrer verschiedenen Oekonomie zu ordnen, sie auf einige wenige Vegetationstypen[91]) zurückzuführen. Die Geographie bedarf dieser, so bald es sich um die Pflanzendecke der ganzen Erde handelt d. h. um die Versuche, sie in einem Bilde übersichtlich zur Darstellung zu bringen (Atlas, Taf. 8). Wir stehen hier einer ähnlichen Aufgabe gegenüber wie bei der Klassifikation der Geländeformen, mit denen sich die Vegetationsformationen gut in Parallele stellen lassen.

Wie alle Geländeformen sich den beiden Hauptgegensätzen des aufragenden Landes (Gebirge) und des Flachbodens (Ebene) unterordnen (S. 373), so hier die Vegetationsformen dem Waldland und der offenen (waldlosen) Fläche. Bei jenen tritt die Mehrzahl der gleichen Gestaltungen als Grossformen, die weite Landschaften erfüllen, und daneben als Kleinformen auf, welche letztere den ersteren nur in geringer Ausdehnung beigemischt oder angegliedert sind. So ähnlich begegnet man auch den vegetativen Genossenschaften in beiderlei Gestalt.

---

nämlich solche oekologische Gruppen, die als akzessorische Bestandteile der verschiedensten Formationen auftreten und in ihrer Existenz von anderen Pflanzen abhängig sind, nämlich Lianen, Epiphyten (auf anderen Gewächsen keimende Pflanzen), Saprophyten (auf organische Nährstoffe angewiesene) und Parasiten. — [90]) Umgekehrt liegt im Namen Vegetationsformation (Grisebach) viel mehr die eigenartige Vereinigung und räumliche Zusammengehörigkeit von Genossenschaften, als in dem Ausdruck „Vereinsklasse“ (Warming). — [91]) Andere nennen sie Ordnungen (Kerner) oder Klassen (Drude) von Formationen. Warming (a. a. O. S. 10) hält die Aufgabe der Klassifizierung der letzteren für verfrüht. Drude, Handbuch der Pflanzengeogr., nahm 1890 für die Landvegetation fünf Gruppen an, als letzte die „glazialen und Steppenformationen“ zusammenfassend, was innerhalb eines wissenschaftlich schärfer bestimmten Systems wohl kaum angängig ist. Die mächtigste Steppe, die Grassteppe, figuriert dabei nicht unter seinen Steppenformationen. Später (Neumayers Anleitung zu wiss. Beob. auf Reisen II, 1906, 347) schloss sich Drude dem Begriff der Vegetationstypen oder Lebensformen an und stellt für diese a. a. O. 20 Grundformen auf.

Wiesen bedecken häufig die Waldlichtungen der gemässigten Zone; im Marschland, wo man weit und breit keine andere Form der Bodenbedeckung findet, werden sie zur Grossform. Mit der Sandwüste verbinden wir den Begriff des Unendlichen, sie umkränzt aber auch als Kleinform unsere Dünenküsten auf Hunderte von Kilometern. Der Wald zieht sich als breiter Gürtel durch ganze Kontinente hin, in den Steppen dient er dagegen nur zur Markierung der Flusstäler.

Für unsere Zwecke genügt es, die folgenden Vegetationstypen zu unterscheiden und später einige nur als Kleinformen auftretende Formationen gelegentlich der nächstverwandten zu berühren.

Das Waldland (§ 281) steht unter den Typen oben an. Es ist nicht nur der verbreitetste, sondern vergegenwärtigt auch die höchste Leistung vegetativer Arbeit, indem hier organische Substanz in mächtigen Holzstämmen durch viele Jahrzehnte aufgespeichert wird. Ihm ordnet sich das Buschland als Kleinform unter. Es umfasst im allgemeinen eine mehr verkrüppelte Form von Holzgewächsen, die unter günstigen Verhältnissen aber auch als stattliche Bäume erscheinen, ja Wälder bilden. Im verwandten Typus der Strauchhalden (§ 283) herrscht das Gesträuch, das sperrig buschige Gewächs vor, aus Formen bestehend, die in den seltensten Fällen zu Bäumen anwachsen und zu Wäldern sich vereinigen, wenn auch einzelne Bestandteile manchen echten Busch an Höhe übertreffen können. Für trockene Kontinentalgebiete ist die Strauchhalde eine der massgebendsten Grossformen.

In allen übrigen waldlosen Flächen treten die holzigen Gewächse ganz zurück gegenüber den Halbsträuchern und Stauden, den Kräutern, Gräsern und Lagerpflanzen. Der Typus des Graslandes spielt dabei die grösste Rolle; es nimmt nach dem Walde die grössten zusammenhängenden Flächen ein. Wie der Name besagt, ist es die Familie der Gräser, die den Hauptbestandteil der hierunter zu rechnenden Formationen ausmachen (§ 282). Vorzugsweise trockneren Landschaften angehörig, greift dieser Typus jedoch mit der Wiese in die feuchten Waldregionen gemässigter Breiten über.

Unter dem Typus der Tundren könnte man vielleicht alle vegetationsärmeren Formationen zusammenfassen, denen Lagepflanzen, Moose und Flechten, unter Beimischung mancher anderen genügsamen Pflanzen den Charakter geben. Sie sind auf die höheren Breiten und die Gebirgshöhen beschränkt. In den ehemaligen Glazialgebieten greifen sie weiter in den Waldgürtel ein. Moore oder Riede ordnen sich danach diesem Typus unter.

Unter Oedland oder Wüste verstehen wir alles, was den äussersten Grad von Vegetationsarmut anzeigt bis zur tatsächlichen Vegetationslosigkeit, sei der Boden Flugsand oder Felshalde, salzdurchtränkter Tonboden oder Firn und Eis. Es sind relative Begriffe, keine neuen Typen. Strauchhalden, Graslandschaften, Tundren finden bei wachsender Lückenhaftigkeit der Bodenbedeckung im Oedland und der Wüste ihr Ende.

In einzelne dieser grossen natürlichen Pflanzendecken hat nun der Mensch seit geraumer Zeit mächtig eingegriffen derart, dass er

damit einen eigenen Typus geschaffen hat, den man als Kulturland zu bezeichnen pflegt. Es wird zweckmässiger sein, dieses im Zusammenhang mit den Nutzpflanzen zu besprechen (§ 286), ebenso vor Kennzeichnung der den einzelnen Typen unterzuordnenden Genossenschaften einen Blick auf die räumliche Anordnung der wichtigsten unter ihnen zu werfen. Dazu bedarf es einer Vorbemerkung.

§ 279. Vegetationslinien und Formationsgrenzen. Unter Vegetationslinien versteht man die vorzugsweise durch klimatische Einwirkungen bestimmten Grenzlinien der Verbreitung von Pflanzenarten[92]). Hierbei spielen diejenigen Pflanzen eine Hauptrolle, die gleichzeitig einen klimatisch bedingten Formationswechsel andeuten wie beispielsweise Lärche und Birke, die an der polaren Grenze des Waldes den Hauptbestand bilden, oder in Europa die Eiche. Seit ihrer Verbreitung bis zum 60° N (Atlas, Taf. 12) bezeichnet diese die Gegend, wo der im N und O vorherrschende Nadelwald von dem Laubwald Mitteleuropas abgelöst wird. Man kann von natürlichen und künstlichen Vegetationslinien sprechen. Die ersteren entnehmen wir der frei nach Klima, Bodenbeschaffenheit, Wettbewerb sich in der Natur vollziehenden Ausbreitung von Einzelpflanzen oder Formationen, die letzteren dem durch die Menschen bewirkten Anbau von Nutzpflanzen. Indem für diese meist ein besonders günstiger Standort ausgewählt und sie vor schädlichen Mitbewerbern (Unkraut) oder Feinden künstlich geschützt werden, deutet ihr Anbau in viel reinerer Weise als bei wild wachsenden Pflanzen die Erreichung der äussersten durch das Klima bedingten Grenzen an.

Gemäss der Abstufung des Klimas vom Aequator zum Pol und von der See ins Innere der Kontinente wird man die horizontalen Verbreitungsgrenzen der ausgewählten Typen nach vier Hauptseiten zerlegen können. Sie schmelzen bei allen sich gürtelförmig um die Erde lagernden Verbreitungsgebieten auf eine Aequatorial- und Polargrenze zusammen. Für alle über den Aequator hinweg sich ausbreitenden Vegetationen verwandeln sich diese in eine doppelte Polargrenze. Ganz ebenso verfolgen wir in den Gebirgen gewisse Höhengürtel und haben dort für die einzelnen Formationen eine obere und eine untere Höhenlinie (§ 285). So verzeichnen wir in unseren Karten (Taf. 7) die Polargrenzen des Baumwuchses (Waldes) und des Getreidebaues oder die fast mit den Grenzen der Tropenzone zusammenfallenden Polargrenzen der Palmen. Da aber für manche Pflanzen der gemässigten Klimate nur die eine der Hauptgrenzen als Vegetationslinie Bedeutung hat wie z. B. die Polargrenze des Weines, so pflegt man nur diese in die Uebersichten aufzunehmen. Man darf nur daraus nicht ohne weiteres auf einen Mangel einer Aequatorialgrenze schliessen. Der Wein ist bekanntlich vom eigentlichen Tropengebiet ausgeschlossen.

Vorposten und Uebergangsgebiete. In den seltensten Fällen ist eine Formationsgrenze wie z. B. die Waldgrenze eine fester geschlossene Linie. Sie zeigt vielmehr vielfache Lücken, in welche sich die angrenzenden Pflanzenvereine einschieben, und umgekehrt sendet die Formation selbst grössere und kleinere Vorposten in die

[92]) A. Grisebach, Vegetation der Erde, I, 1881, 72 ff.; O. Drude, Handb. der Pflanzengeogr., 1890, 103.

Nachbargebiete; noch weiter gelangen einzelne Vertreter der Gruppen an geeigneten Stellen. So kommt es, dass die arktische Baumgrenze nicht unbeträchtlich sowohl über die Polargrenze des Waldes als über die innere Grenze gegen die Steppe hin hinausragt, und umgekehrt die äussersten Waldzonen im Norden von Tundren, im Süden von Steppengebieten durchsetzt sind. Die Kleinformen von Vegetationserscheinungen verschwinden auf Uebersichtskarten ebenso wie die Kleinformen im Bodenbau des Festlandes (z. B. die Gliederung der Strandlinie).

§ 280. Vegetationsgürtel und Vegetationsregionen. Bei der starken Abhängigkeit der Vegetation vom Klima ist es erklärlich, dass auch die Haupttypen sich den klimatischen Hauptgürteln unterordnen (§ 254). In diesen kamen, wie früher gezeigt, die Wärmegürtel der Erde zum Ausdruck. Daneben aber ist der Gegensatz der im allgemeinen feuchteren Randgebiete gegenüber den trockneren Binnengebieten massgebend. Gerade diese spiegeln die Vegetationsregionen aufs deutlichste wieder. Es erleichtert die Uebersicht, wenn wir uns im folgenden zunächst an die Eigentümlichkeiten des Flachlandes halten. Gebirge erweisen sich auch nach dieser Seite als vegetative Kleinformen oder Inseln, umkränzt von Höhengürteln, die uns stufenweise die verschiedenen Vegetationstypen vorführen (§ 285).

In abwechselnder Folge (Taf. 8) lagern sich sieben klimatisch bedingte Vegetationsgürtel um die Erde, drei Waldzonen an die niederschlagsreichen Klimate gebunden und vier vegetationsarme Gürtel in den trockenen Klimaten. Der unsymmetrische Bau der Landflächen bedingt die grosse Verschiedenheit in Ausdehnung und Lage dieser regionalen Glieder der Pflanzendecke. Der südliche Waldgürtel tritt nur an den äussersten Ausläufern der drei Südkontinente und an einigen Inseln auf und bildet nirgends grössere geschlossene Gebiete; noch spärlicher findet die antarktische Flora Platz zur Ausdehnung.

Eine erste Orientierung gewährt der Verfolg der wichtigsten Vegetationslinien, die sich über die Erdoberfläche hinziehen, der polaren Waldgrenzen[93]). Grosse Gegensätze der Lage bestehen auf beiden Halbkugeln. Das kontinentale Klima bedingt im N, dass die Waldgrenze dem Pol sich mehr nähert als im S, etwa um 15 Breitengrade. Die arktische (Taf. 8) zieht noch ganz auf dem Rücken der Kontinente hin, folgt annähernd der 10°-Isotherme des wärmsten Monats, schwankt aber doch noch mehr als diese auf und ab. Im milden ozeanischen Klima Europas und in den kontinentalen Regionen Ostsibiriens und Nordamerikas wird der Polarkreis, ja der 70° überschritten, aber die Eismassen, die ihren Ausgang in der Labrador- und der Beringstrasse finden, treiben sie weit nach Süden bis zum 52° N zurück. — Auf der Gegenseite der Erde verläuft die Grenze nicht durch Festland und kann nur indirekt durch waldlose Inseln festgestellt werden. Danach überschreitet sie an der Südspitze von Amerika und im Süden Neuseelands den 55° S. Br. Dort sind die Falkland-Inseln und Südgeorgien ohne Wald, hier fehlt er nicht ganz auf der Insel Auckland, südlich von Neuseeland (50° S). Im Indischen und Atlantischen Ozean aber weicht die Nordgrenze noch stark hinter den 50° zurück, da der kühle Sommer der südlichen Breiten ihn in

[93]) K. Roder, Die polare Waldgrenze, Diss., Leipzig 1895.

Kerguelen (49° Br., Sommertemperatur 6°,4 C) nicht aufkommen lässt, selbst auf St. Paul (38° 43′ S.) fehlt er[94]), während das nahe Inselchen Neu-Amsterdam (37° 50′ S.) schwache Bestände der Heidemyrte (Phylica arborea)[95]) ähnlich wie das in gleicher Breite gelegene Inselchen Tristan da Cunha trägt.

1. Weitaus die grösste Vegetationsregion ist der innere Waldgürtel oder kurz der tropische Vegetationsgürtel, fast ein Dritteil der Landfläche einnehmend (S. 711). An den Westseiten der Kontinente durch Trockengebiete auf 40 Breitengrade eingeengt, überschreitet er im O der alten wie der neuen Welt noch die Wendekreise und läuft hier in den subtropischen Sommerregengebieten aus. Die echt tropische Familie der Palmen bietet auf weite Strecken eine die Zone begrenzende Vegetationslinie; nur greift diese mit einigen ein trockneres Klima liebenden Arten quer durch das Wüstengebiet hindurch bis an den Nordsaum des Mittelmeeres (45° N. Br.). Im Baumwuchs herrscht die immergrüne Form vor. Der tropische Wald und nur mit lichten Waldungen besetzte Savannen bilden die Haupttypen der Vegetation, die sich an Ausdehnung die Wage halten mögen. Mächtige Urwälder, besonders in den Aequatorialgebieten und den Tiefenlagen der grossen Ströme; auf den Hochflächen meist Savannen. Der Uebergang von diesen in die subtropische Steppe vollzieht sich in Afrika allmählich.

2. Die Zonen der grossen (subtropischen) Trockengebiete bilden mit ihrem Mangel an Waldungen, dem Vorherrschen xerophiler Gewächse und Genossenschaften, den einförmigen Steppen und Wüsten eine Scheidewand zwischen den tropischen Vegetationsformationen und denen höherer Breiten. Zwischen 25° — 50° N. Br. gelegen geben sie zusammen dem Tropengürtel an Grösse nichts nach (s. u.). Der oftgenannte Steppen- und Wüstengürtel der alten Welt, der ohne wesentliche Unterbrechung von Nordafrika quer über den eurasischen Gebirgszug nach Zentralasien zieht und seine Ausläufer nach Sibirien sendet, nimmt 27 Mill. qkm, fast die dreifache Fläche Europas ein. Besonders wichtig ist nun auch für den Austausch der Vegetation, dass die Achsen der einzelnen fünf Trockengebiete einen Winkel mit den Breitenkreisen bilden; am stärksten in Amerika, wo alle Leitlinien des Baues mehr meridionale Richtung haben. Zugleich liegen die Trockengebiete exzentrisch nach Westen verschoben, sodass sie dort das Meer erreichen. Durch beides wird bewirkt, dass die kleinen subtropischen Regengebiete eine verschiedene Stellung zu dem Tropengürtel erhalten. Den subtropischen Sommerregengebieten, an der aequatorialen Seite der Trockengebiete gelegen und an die Ostseite der Kontinente gerückt, ist dadurch ein lebhafterer Austausch der Vegetation mit den Tropen und auf der Nordhalbkugel auch mit der äussern Waldzone ermöglicht.

---

[94]) Auf der Insel St. Paul im Indischen Ozean (38° 43′ S. Br.) sind die Versuche, Bäume anzupflanzen, bisher fehlgeschlagen (Vivien de St. Martin, Dict. géogr. V, 1892, 465 nach Velain, der die Insel 1874 besuchte). — [95]) Deutsche Südpolar-Expedition 1901—3, Berlin 1910, II. Heft 5, 365.

Es sind die wirtschaftlich wertvollsten Gebiete der Erde (Oestl. Vereinigte Staaten und China). Die subtropischen Winterregengebiete dagegen bleiben an der Polarseite der Trockengebiete und durch diese scharf von den Tropen geschieden (Kalifornien, Chile, Kapland, Südwestaustralien).

Eine eigentümliche Stellung nimmt das Mittelmeergebiet ein. Hinsichtlich seiner Vegetation in den Höhen dem äusseren Waldgürtel als Ausläufer angehörig — die immergrüne Vegetation breitet sich nur in den Küstenlandschaften aus —, scheidet es sich von diesem durch die langen Gebirgszüge an seinem Nordrande, durch den Gesamtcharakter seines Klimas mit der heissen Sommerdürre. Die Längserstreckung in westöstlicher Richtung bringt es in innigen Zusammenhang mit dem südlich vorgelagerten Trockengebiete, wovon das Vorwalten seiner Strauchhalden Zeugnis gibt. Die eigentlich tropischen Pflanzenformen am Mittelmeere stammen, wie schon angedeutet, aus früheren geologischen Epochen, wo ein regerer Austausch mit den Gebieten jenseits der Wüste statt hatte (S. 695).

3. Die beiden äusseren Waldgürtel im Gebiete der Regen zu allen Zeiten müssen für sich betrachtet werden. Im Norden handelt es sich um eine ununterbrochene, wenn auch stellenweise stark gelichtete Zone, die quer über die breiten Kontinentalflächen von Ozean zu Ozean reicht. Sie erscheint allerdings auf den üblichen Karten in Mercators Projektion (Taf. 8) beträchtlich zu gross im Verhältnis zur tropischen Waldzone, immerhin kommen ihr noch 32 Mill. qkm zu; das sind $^2/_3$ des Tropengürtels. Auf der südlichen Halbkugel sind ausserhalb der Subtropen kaum $^1/_2$ Mill. qkm mit Waldungen bedeckt.

Der boreale Waldgürtel reicht an beiden Kontinentalseiten Eurasiens und Nordamerikas bis in subtropische Breiten und ihre immergrüne Vegetation. Im Inneren der Kontinente greifen die waldlosen Steppenländer nordwärts bis über den 50° Br. Die Aequatorialgrenze der Waldzone schwankt daher beträchtlich und nicht viel weniger als die Polargrenze. Ihren Verlauf zwischen 72° Br. im kontinentalen Innern und 52° haben wir oben verfolgt (S. 706). Beide Grenzen werden von breiten Gürteln begleitet, in denen lichte Wälder Vorposten in die offenen Gefilde der Nachbargebiete senden. Im S herrscht der sommergrüne Laubwald, im N der Nadelwald vor (S. 710); dazwischen breiten sich an natürlichen Lichtungen Wiesen, Heiden und Moore als typische Formationen der höheren Breiten aus (S. 716). Die Regenwälder südlicher Breiten sind, wenn wir von den subtropischen Gebieten absehen, auf die Westseite Patagoniens und die Südinsel Neuseelands beschränkt. Man hat sie als antarktische Waldgebiete bezeichnet, wodurch allerdings falsche Vorstellungen erweckt werden müssen [96]). Handelt es sich doch um Gegenden ohne strenge

[96]) Der Name „antarktischer Wald" für den chilenisch-patagonischen geht auf Forster, den Begleiter Cooks, der die Bäume an der Südspitze Amerikas antarktisch nannte, zurück und hat sich seitdem bei den Pflanzengeographen erhalten; s. Grisebach II, 454.

Winterkälte und ohne ausdauernde Schneedecke (Taf. 7). In der Zone vorherrschender Westwinde gelegen, gestalten sie sich namentlich im südlichen Chile zu dichtestem Urwald, den nur die mächtigen Stürme von den freien Gehängen verdrängen und in den Schluchten zurückhalten. Er überschreitet die Gebirgsscheide kaum. In Neuseeland begleiten ihn viel mehr offene Landschaften als in Südamerika.

4. Jenseits der Waldgrenzen (S. 706) verschwindet der Holzwuchs mehr und mehr. Die Kryptogamen gelangen zur Herrschaft. Nur im Norden greift die arktische Vegetationszone über breite und flache Festlandsflächen hin, und es kommt zur Ausbildung eigenartiger, weite Strecken bedeckender Formationen, der Tundren. Man kann daher im Norden kurzweg von einem Tundrengürtel sprechen, dem sich dann die spärliche Felsenvegetation in den Küstenterrassen der polaren Inseln unterordnet. Dieser Gürtel scheint auf Mercators Karten erst recht viel zu gross. Die zu ihm gehörenden Festlandsflächen haben keine grössere Ausdehnung als 5—6 Mill. qkm. Auf der südlichen Halbkugel fehlen die Tundren, da es an flachen schneelosen Gefilden auf den spärlichen Inseln gebricht.

Ordnen wir die kleineren Vegetationsregionen wie die subtropischen, den grösseren Gürteln unter, so ergibt sich die folgende Flächenverteilung. Die vegetationslosen Polargebiete schliessen wir den beiden äussersten Regionen in Arktis und Antarktis an; denn für die Küsten lässt sich zur Zeit eine eigentliche Polargrenze noch nicht verfolgen. Zweckmässig erscheint eine Gegenüberstellung mit den klimatischen Gürteln der Landflächen, die man kaum je ausgeschieden findet. Es umfasst in Millionen Quadratkilometer:

Landfläche	Mathem. begr.[97]	Klimat. begr.[98]
1. Arktische Zone . . .	7,7	8,1
2. Nördl. gemässigte Zone	66,2	51,0
3. Tropische Zone . . .	50,0	68,0
4. Südl. gemässigte Zone .	11,3	7,8
5. Antarktische Zone . .	[13,8]	[14,0]
Landfläche . .	149	149

Vegetationsregionen.	
1. Arktischer Tundrengürtel .	9,0
2. Nördlicher Waldgürtel . .	31,3
3. Nördliche Trockenregionen	34,0
4. Tropischer Gürtel	47,0
5. Südliche Trockengebiete .	12,0
6. Südliche Waldgebiete . .	1,7
7. Antarktische Eiswüste . .	[14,0]
Landfläche . .	149

Man ersieht, dass beim Uebergang vom mathematischen Klima zum physischen die tropische und die nördlich gemässigte Zone ihre Flächen annähernd austauschen. Der vegetative Tropengürtel ist um die Hälfte kleiner als der klimatische, mit anderen Worten, es gehören, was selbstverständlich, weite Flächen der Trockengebiete ihrem Klima nach den Tropen an.

§ 281. Das Waldland[99]. Das Typische der Waldungen im gemässigten Klima[100] ist im Gegensatz zum tropischen das Vorherrschen gleicher Bestände; jedenfalls vereinigen sich nur wenige Baumarten zu Genossenschaften. In den subarktischen und borealen Breiten überwiegen die Nadelhölzer als ein Ausdruck eines etwas trockneren und die Vegetationsperiode stark verkürzenden Klimas.

---

[97]) Durch Polar- und Wendekreise begrenzt. — [98]) Durch Isothermen begrenzt (Atlas Taf. 7). — [99]) Drude, Handb. d. Pflanzengeographie, 230: Die Waldformationen. — [100]) Grisebach, I, 150.

Lärchenwälder und Birkenwälder sind die nach der Arktis am weitesten vorgeschobenen Waldformationen. Sie schliessen mit der Weissfichte (Picea alba), die in Amerika die polare Baumgrenze bildet [101]), die abgehärtesten aller Bäume ein. Die nadelabwerfende Lärche und die genügsame Birke sind Lichtbäume; sie gestatten, dass der Boden sich mit blütenreichen Kräutern, Farnen, Stauden bedeckt. Immergrüne Nadelholzwälder [102]) bilden bald deutliche Einzelbestände (Kiefern- oder Föhrenwälder, Rottannen- oder Fichtenwälder), bald solche, in denen auch andere Zapfenträger oder Laubbäume beigemischt sind. Südwärts bekommt die Tanne das Uebergewicht. Im feuchteren Klima Europas treten die blattwechselnden oder sommergrünen Laubwälder [103]) gleichmässigen Bestandes mehr in den Vordergrund. Den Birkenwaldungen Skandinaviens und des nördlichen Russlands, denen sich Kiefern, Pappeln, Weiden beimischen, folgen allmählich die Eichenwaldungen, deren Polargrenze als Vegetationslinie gekennzeichnet ist (S. 705). Eine zweite zieht sich vom südlichen Norwegen über Ostpreussen zum Ostfuss der Karpaten als Buchengrenze (Taf. 12). Die Buche scheint ihre Vegetationsperiode nicht viel über fünf Monate verkürzen zu können [104]). In den genannten Waldungen sind Unterholz und Bodenvegetation verschieden. Die Kiefer (Föhre) und die Eiche mit ihrer weitverzweigten Blattkrone gestatten eine solche in hohem Masse; sie fehlt beim finsteren Fichtenwald und im Buchenwald, soweit es sich hier nicht etwa um Pflanzen handelt, die sich rasch im Frühjahre, wo das Laub der Buche zart und durchsichtig ist, entwickeln können. Auf die mancherlei Beimischungen anderer Laubbäume, die stufenweise vor sich gehen, je mehr man sich den subtropischen Vegetationsgebieten nähert, muss in der Länderkunde noch näher eingegangen werden.

Die Wälder der subtropischen Regionen. An der Ostseite der Kontinente geht der boreale Waldgürtel in die subtropischen, mit Sommerregen bedachten Landstriche ohne ausgesprochene Querscheide über. Daher findet ein kräftiger Austausch der genannten Flora statt, der auch dem Walde manche Eigenart gibt. Die gleichmässigen Bestände treten zurück gegenüber einem grossen Formenreichtum des Laubwaldes. Auf diesem beruht die bunte Färbung des amerikanischen Herbstwaldes. Das Unterholz ist dichter und stärker. Das östliche Amerika, ebenso die Mandschurei und Japan, haben fast die doppelte Zahl von Laubhölzern im Vergleich mit Europa, die vierfache gegenüber Kalifornien [105]). Beide pazifischen Küstenländer des Waldgebietes haben umgekehrt einen grossen Reichtum an Nadel-

---

[101]) Drude, Atlas d. Pflanzenverbreitung, Taf. VII. — [102]) Warming, Oekol. Pflanzengeogr., 281. — [103]) Warming, 327. — [104]) Grisebach I, 86. — [105]) Asa Gray, Observations upon the Japanese Flora to that of North America (Mem. of American Acad. New Ser., VI, 424). Es beträgt die Anzahl der Arten in den Wäldern

des östlichen Amerika . . .	Laubholz:	130	Nadelholz:	23
von Japan u. Mandschurei .	„	123	„	45
von Europa	„	68	„	17
des pazifischen Nordamerika .	„	34	„	44.

hölzern voraus. In Kalifornien finden sich unter diesen Zapfenträgern, die mehr als die Hälfte aller Waldbäume ausmachen, die gewaltigsten Riesen der Pflanzenwelt (Sequoia gigantea bis 140 m hoch). — Im Mittelmeergebiet mit seinen heissen trockenen Sommern ziehen sich unsere Waldbäume auf die Gebirge zurück. Eine eigene Formation bilden die xerophilen Laubwälder[106]) (S. 674), meist aus immergrünen Arten mit steifen Blättern (Hartlaubhölzern) bestehend, befähigt durch besondere Organe den Sommerschlaf zu überdauern. Harter steiniger Boden trägt kleine Bestände lichteren Waldes von niederem Wuchs (immergrüne Eichenwälder, Olivenhaine), und es besteht die Neigung, in Buschwald und Strauchhalden auszuarten.

Der Tropenwald. Innerhalb der Tropen bedeckt noch heute der geschlossene Urwald ungeheure Flächen, eine Stätte reichsten Pflanzenlebens, wo Wärme und Feuchtigkeit hohe Beträge erreichen. Das sind abgesehen von den Aequatorialgebieten die Bergwände, die den herrschenden Regenwinden ausgesetzt sind. Das Typische des tropischen Regenwaldes[107]) ist eine überreiche Fülle von verschiedenen Baumarten in bunter Mischung, die sich in Stockwerken aufbauen; doch gibt es auch Gegenden, in denen reinere Bestände auftreten.

Für den Artenreichtum wird das hohe Alter, die ungestörte Fortentwicklung der Vegetation verantwortlich zu machen sein, für das üppige Wachstum die lange von keiner eigentlichen Trockenzeit unterbrochenen Dauer der Belaubung. Einem humusreichen Boden kommt neben der Wasserfülle die starke Bestrahlung und das den ganzen Wald durchströmende Licht zu Hülfe; von zahllosen derben oder glänzenden Blättern tausendfach zurückgestrahlt, verbreitet es ein lichtes Halbdunkel. Alles strebt nach Licht. Palmen und andere Tropenbäume tragen die Blattrosette an der Spitze, die Laubbäume verzweigen sich weithin, ihre Blätter gern nach der Spitze schiebend. Tafelwurzeln plankenartig aus dem Stamm wachsend und Stützwurzeln helfen oft den ausgedehnten Baumkörper tragen. Lianen ziehen sich von Baum zu Baum und bedingen in besonderem Masse die Schwierigkeit des Durchgangs durch einen Urwald. Die oberen Baumäste sind mit lichtbedürftigen Epiphyten[108]) bedeckt, oft mit prachtvollen Blüten, die aber ihres hohen Standes wegen selten zu schauen sind; Luftwurzeln ziehen sich von diesen geradlinig zur Erde. Die Blätter der das obere Stockwerk bildenden Bäume sind stark und rippig, oft in Spitzen auslaufend, um dem gewaltigen Regenprall tropischer Gewitter zu widerstehen und die Nässe rasch abfliessen zu lassen. Unter den Kronen gedeihen zahlreiche Schattenpflanzen in mehreren Stockwerken. Der Boden ist mitunter ziemlich kahl, eine schwarze Humusdecke.

Unter den Tropenwäldern, die reine Bestände liefern, stehen die bis 40 m hohen Bambuswälder Ost- und Hinterindiens[109]) obenan. Auch manche Palmenwälder mit meist lichten, schattenlosen Beständen gliedern sich im Ueberschwemmungsgebiete südamerikanischer Flüsse oder in Westafrikas Niederungen ab. Baumfarnenwälder,

---

[106]) Warming, 287. Schimper, 538 ff., schlägt den Namen Hartlaubhölzer (Sklerophyllen) für diese Mittelmeerhölzer mit dicken, lederartigen Blättern vor. — [107]) Drude, 232; Warming, 338; Schimper, 305 ff. — [108]) Unter Epiphyten versteht man Pflanzen, die auf anderen (besonders des Lichts wegen) den Standort wählen, ohne schmarotzend die Nahrung aus dem Körper ihrer Träger zu entnehmen; s. bes. Drude, 234. — [109]) S. Geogr. Jahrb. XIX, 1896, 59.

an denen namentlich Ostaustralien reich ist, sind mehr auf gleichmässiges Seeklima angewiesen. Eine eigenartige Formation bilden die tropischen Strandwälder[110]). Im flachen, ruhigen, schlammigen Seewasser, oft weit in die Flussmündungen eingreifend, begleiten niedere Mangrovenwälder[111]) den Strand. Die Bäume ruhen im Boden auf zahllosen Luftwurzeln, zwischen denen sich das Erdreich festigt und seewärts wächst. Landeinwärts schieben sich in regelmässiger Abstufung sandliebende Strandwaldungen ein.

Zu beiden Seiten der aequatorialen Gegenden macht sich die lange Trockenzeit auch in der Baumvegetation bemerkbar. Es reihen sich blattabwerfende Laubbäume ein. In der heissen Zeit steht dann ein sonnendurchglühter lichter Wald da. Die Catingawälder Brasiliens gehören hierher[112]): Neben hohen Palmen immergrünes Gebüsch, riesige Kakteen, tonnenförmig ausgebauchte Stämme von Wollbäumen (Bombaceen), eine Form der tropischen Wasseransammlung; die Epiphyten fehlen. Bei beginnendem Regen lebt die Vegetation rasch empor. Diesen regengrünen Wäldern[113]) sind die wichtigsten Nutzhölzer eigen.

§ 282. Das Grasland. In unseren Breiten tritt das Grasland regional mehr als das Erzeugnis der Kultur denn der Natur auf als Wiese und Weide. Von dem Grasland der Trockengebiete und der Tropen unterscheidet es sich durch das immergrüne Kleid, da die Sommerhitze das Gras nicht verdorren lässt und im Winter eine Schneedecke den Boden schützt. Bei den Wiesen[114]) bedecken rasenbildende hochwachsende Gräser mit manchen Kräutern und Stauden dicht den Boden. Sie mögen auch auf natürlichen Waldlichtungen, besonders des Gebirges, wenn sie frischen Wasserzufluss haben, entstehen, erhalten aber erst durch den Grasschnitt die Dauerhaftigkeit des Wurzelfilzes. Wiesenkultur ist an feuchte Klimate gebunden (Marschen). Es lassen sich hier die wasserbedürftigen Krautmatten[115]) der alpinen Regionen anreihen, auf denen aromatische Kräuter das Gras zum Teil ersetzen; mit ihren Blattrosetten heften sie sich fest an den Boden an. Die viel ausgedehnteren Weiden[116]) verdanken ihren Ursprung wesentlich der Waldvernichtung und der Verhinderung der Wiederbewaldung durch den Menschen und seine Herden. Der Untergrund ist höher gelegen und trockener als bei Wiesen. Die Gräser und Kräuter weben über dem Boden ein lockeres Kleid; statt des Schnittes besorgt das Weidevieh die Erhaltung der Grasnarbe auf niedrigem Stand. Eine zusammengesetzte Formation ist die Parklandschaft[117]). Hier mischen sich lichte Waldungen oder kleine Waldinseln dem Grasland bei.

Die Grassteppen. Der allgemeine Begriff der Steppe umfasst alle bewachsenen Flächen der waldlosen Trockenregionen im

---

[110]) Drude, 252; Schimper, a. a. O., 416 ff., Formationen des tropischen Meeresstrandes. — [111]) Warming, 299, Mangrovensümpfe; Schimper, 423. — [112]) Grisebach II, 388; Warming, 288; Schimper, 386. — [113]) Drude, 254. — [114]) Warming, 318. — [115]) Grisebach I, 192. — [116]) Warming, 322. — [117]) Grisebach I, 157.

Gegensatz zur vegetationslosen Wüste. Die Extreme — auf der einen Seite die Parklandschaft am Rande der Waldgürtel, auf der anderen die strauchbewachsene Wüstensteppe — sind durch zahllose Uebergänge verbunden. Unvollkommene Bedeckung des Bodens und ein zeitweiliges völliges Ausdörren der Vegetation während des heissen Sommers kommen allen Steppen zu. Die meisten erhalten dann die fahle Färbung der staubdurchwirbelten Atmosphäre. Wirtschaftlich besteht ein bedeutender Unterschied zwischen den Grassteppen[118]), der Heimat nomadisierender Hirtenvölker, und jenen mannigfaltigen Uebergängen zur Wüste. In diesem engeren Sinne sind es baumlose, mit Gräsern und Stauden bewachsene Flächen, bei denen, wie angedeutet, die Vegetation nie den Boden gleichmässig und dicht bedeckt und alle Pflanzen einer doppelten Ruhezeit im heissen Sommer und im Winter ausgesetzt sind. Ueber die Bildung des Steppenbodens als ein Erzeugnis der vom Winde ausgebreiteten feinen Staubdecke ist früher verhandelt (S. 369). Sobald Regen fällt, bedeckt sich die Grassteppe rasch mit Grün. Zahlreiche Pflanzen, besonders Zwiebelgewächse, erwachen zu bunter Blüte. Die Gräser sind steifer als die Wiesengräser, behalten aber länger ihren Nahrungswert.

Je nach den vorherrschenden Gräsern oder Kräutern gewähren die Steppen ein verschiedenes Aussehen. Man spricht von Krautsteppen, wie sie an manchen Gebirgen sich emporziehen, oder je nach den Hauptbeständen von der Artemisia-Steppe (Zentralasien, benannt nach dem zu den Kopfblütlern gehörigen Beifuss), der Stipasteppe (Spanien), auf der das jetzt auch zur Papierfabrikation verwendete Espartogras wächst. — Die ausgedehntesten Grassteppen finden sich im Innern Eurasiens. Die Kirgisensteppe ist eine solche. Man überträgt den Namen im Volksmunde auch auf Nachbargebiete wie die Barabásteppe im NW des Altai (Taf. 35), wiewohl diese schon im Bereich des nicht periodischen Regenfalls liegt, weite Sumpfflächen umschliesst und mit manchen Waldparzellen geschmückt ist[119]). — Aehnlich verhält es sich mit den Prairien[120]) Nordamerikas, die, so weit sie etwa unter 500 m liegen, durch die reichliche Bewässerung auch während des Sommers und die häufige Einmischung von Waldungen, die freilich erst seit 60 — 70 Jahren festen Fuss fassen (10 — 20 % der Bodenfläche)[121]), ein Uebergangsglied zwischen Waldland und Grassteppe bilden. Erst in den sog. Plains (S. 389), wo die Regenhöhe unter 40 cm sinkt, tritt die trockene Steppe auf, in die sich von Süden her manche tropische Trockengewächse wie besonders Kakteen mischen. — Zu den Steppen Südamerikas gehören die Pampas[122]), weite, kaum unterbrochene, ganz baumlose Grasebenen mit mehr geschlossener Grasnarbe und nahrhafteren Gräsern in den Vertiefungen. Da Lufttrockenheit und Wärme des Sommers nicht entfernt den hohen Grad wie in anderen Steppengebieten erreichen, auch die Anpflanzung von Bäumen möglich erscheint, muss die Waldlosigkeit auf geologische Verhältnisse zurückgeführt werden.

---

[118]) Warming, 255. — [119]) Vergl. die Debatte über die Begrenzung des Begriffs der Steppe in Verhandl. d. VI. D. Geographentages zu Dresden, 1886, 185 — 204. — [120]) Warming, 259; F. Berthault, Les Prairies, Paris 1896. — [121]) Charles S. Sargent in Pet. Mitt. 1886, 242. — [122]) Warming, 261; Schimper, 489, hält daran fest, dass das Pampasklima ein vollkommenes Grasflurklima mit nicht übermässigen, aber reich verteilten Niederschlägen und feuchter, mildwarmer Vegetationszeit sei. Ausserdem stellen, wie er meint, die heftigen Winde der Pampa bei mässiger Luftfeuchtigkeit einen dem Gehölz feindlichen Faktor dar.

Savannen[123]). Unter diesem Namen lassen sich die waldlosen Flächen im Tropengürtel zusammenfassen. Llanos (Ebenen) heissen die weiten Grasgefilde am Orinoko, Campos in Brasilien. Im allgemeinen sind alle diese Typen im Gegensatz zu den sie begleitenden Waldflächen an die kontinentaleren und höheren, trockneren Flachböden gebunden. Wo sie vorhanden, prägt sich eine ausgesprochene Ruhezeit aus, das ist die Trockenperiode. Die Hauptregenzeit fällt in den Sommer; mit ihr spriesst kräftiges Grün von allen Seiten empor. Gräser herrschen vor; sie sind im Gegensatz zum Steppengras hoch, grob und steifblättrig, stehen aber auch in Büscheln. Stauden und Kräuter mit Ausrüstung gegen starke Verdunstung sind eingemischt. Viel mehr als am Rande der Steppe breiten sich höhere Gebüsche und Baumgruppen, ja lichte Waldinseln wie solche der Fächerpalmen (Mauritia) in den Llanos von Venezuela aus. Galeriewälder hat man die die Flüsse begleitenden Waldbänder ostafrikanischer Savannen wegen ihrer dreifach übereinander geschichteten Vegetation[124]) genannt. Es scheint, dass die üblichen Grasbrände das Vordringen der Bäume in die Savannen hindern. Unmerklich gehen die Campos Brasiliens in die niedrigen sonnigen Waldungen der Campos cerrados (d. h. versteckte Campos)[125]) über, die eine reiche Bodenvegetation zwischen den Bäumen tragen. Die Grasflächen treten zurück.

§ 283. Die Strauchhalden. In allen Breiten finden sich Flächen, in denen das Strauchwerk vorherrscht. Bei uns treten sie als Heiden im engeren Sinne, als Zwergstrauchheiden[126]) auf. In Nord- und Nordwesteuropa werden sie wesentlich von Heidekraut (Calluna-Heide) gebildet. Diese breiten sich über nahrungsarmem, ausgewaschenem Sandboden aus auf Flächen, über die der Wind austrocknend hinstreicht. Eine wasserhaltende Humusschicht verfestigt den Boden und bildet mit den verwesenden Wurzeln den Heidetorf. Moose und Gräser füllen die Lücken zwischen dem kleineren Gesträuch aus. Oft bedeckt sich der Boden nur mit vereinzelten Polstern; hier und da geht die Heide, der sich in verschiedenen Gebieten mancherlei Gesträucher beimischen, in Gestrüpp über. — Nur unbedeutend sind in Europa die Rohrsümpfe vertreten, nehmen aber in den Salzsümpfen am Rande salzhaltiger Gewässer innerhalb der Steppen (Argentinien) oft den Charakter weiter Strauchhalden gleicher Bestände an. — Ihren eigentlichen Sitz haben die Strauchhalden in Trockengebieten. Es sind wesentlich xerophile Gebüsche und hartlaubige Sträucher[127]) in ihnen vertreten. In den Mittelmeerländern breiten sich solche gern auf kalkigen, das Wasser durchlassenden Flächen aus. Man fasst die vielen Lokalnamen am besten als Macchie[128]) (italienisch) zusammen: Mehrere Meter hohes hartlaubiges Gesträuch, aromatische Kräuter,

[123]) Warming, 262. — [124]) G. Schweinfurth, Im Herzen von Afrika, Leipzig 1878, 197. — [125]) Warming, s. Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 289. — [126]) Warming, 234. — [127]) S. oben Anm. 106. — [128]) Macchie (Sing. Macchia), spanisch Monte bajo, auf Korsika Maquis, in Griechenland Xerovuni; s. Grisebach I, 316.

dorniges Gestrüpp, undurchdringlich durch zahlreiche Winden und schlingende Pflanzen. Häufig herrscht ein bestimmter Strauch vor, wie die Cistusrose in Spanien oder der Ginster auf Korsika. — Was man kurzweg Wüstensteppen nennt[129]), sind wesentlich Strauchhalden. Es wechseln alle Grade der Bodenbedeckung von der offenen Felslandschaft, in der nur hier und da ein sperrisches Gesträuch das Auge fesselt, bis zum undurchdringlichen Gestrüpp. Regional scheiden sich diese Formationen schärfer, so das Dorngestrüpp der patagonischen Steppe am Rio Negro von den Grasfluren der Pampas. Ueberall wo höherer trockener Kiesboden, da findet sich nur Dorn- und Akaziengesträuch mit Kakteen vermischt. In Mexiko und Texas sind derartige Wüstensteppen unter dem Namen Chaparals[130]) bekannt. Mimosen spielen hier die Hauptrolle. — Die grösste Ausdehnung hat das missgestaltete Gestrüpp im Inneren Australiens, dort Skrub[131]) genannt. Verfilzte und undurchdringliche Dickichte von steif- und spitzblättrigen Gesträuchern, die sich zuweilen nach bestimmten Beständen gliedern; selbst dem Brande widerstehen sie. — Wo in Steppengebieten der Mangel fliessenden Wassers den salzhaltigen Tonboden nicht auslaugt, findet sich eine echte Vegetation von Halophyten, d. h. Salzpflanzen, teils Kräuter mit derben fleischigen Blättern (Fettpflanzen, succulente Gewächse), teils blattlose Sträucher. Die Haupteigentümlichkeit liegt darin, dass die Salzsteppe grün bleibt, weil ihre wachsüberzogenen Gewächse die aufgenommenen Säfte verwahren und die Trockenheit überdauern[132]).

§ 284. Tundren und Moore. Im arktischen Vegetationsgürtel breiten sich auf dem Festlande grosse wellige Ebenen aus, die mit einer dürftigen Vegetation besetzt sind. Der Asiate nennt sie Tundra, in Nordamerika bezeichnet man sie als Barren-grounds (soviel wie Oedland). Der Eisboden taut nur an günstigen Stellen für wenige Wochen auf, bleibt in anderen hart unter der Oberfläche. Dadurch wird der Abfluss der Gewässer beeinflusst. Auf dem verschiedenen Wasserstand beruhen die Hauptformationen der Tundra. Ueberall ist die Humusdecke äusserst gering. Die vorherrschenden Pflanzen sind genügsame Moose und Flechten.

Wo der Boden locker, besteht er aus Verwitterungsschutt und steindurchsetztem Moränenmaterial. Die trockenen Flächen auf solchen, im Winter durch die Winde der Feuchtigkeit beraubt, nehmen vorzugsweise Moostundren[133]) ein, deren hohes dicht zusammenschliessendes Moos (Polytrichum) weiche Matten und Moosteppiche (Mattentundren) bildet. — Im hügeligen Gelände, wo der kaum auftauende Eisboden trocken ist, aber feuchtere Luftströmungen Nebel und Tau erzeugen, herrscht dagegen die Flechtentundra[134]) vor, mit mannigfachen Abweichungen je nach dem Standorte, der z. B. die empfindlichere, nahrhafte Rentierflechte von den Gebieten der abgehärteten Strauchflechten und untermischten Zwergsträucher scheidet. — In den Bodensenkungen, wo der Abfluss

---

[129]) Drude, in Neumayers Anleitung zu Forschungsreisen, II, 1888, 177. — [130]) Grisebach II, 264. — [131]) Grisebach II, 206; Warming, 279; Schimper, 559 ff. — [132]) Warming, 308. — [133]) Warming, 231: Moosheiden. — [134]) Warming, 232: Flechtenheiden.

schwierig, breitet sich die stark durchfeuchtete Torfmoostundra[135]) aus, in der das Torfmoos (Sphagnum) schwammige Polster bildet. Zur Torfbildung kommt es jedoch in arktischen Breiten nicht.

Aehnliche Bildungen wiederholen sich in sumpfigen Niederungen der gemässigten Breiten, vor allem im Gebiet der ehemaligen Vergletscherungen. Es sind die Moore. Man unterscheidet Wiesenmoore und Hochmoore. Sie treten unter sehr verschiedenen Namen auf.

Die Wiesenmoore[136]) (Grünlandsmoore; in Süddeutschland Moos, Pl. Möser) bilden sich in Senkungen des Bodens (Niederungsmoore) unter der Oberfläche von stehenden Gewässern in Ueberschwemmungsgebieten. Sie füllen sie allmählich mit ihrem Moder vom Rande aus an und gleichen dann weiten ebenen Wiesen; es sind meist grasartige, kalkliebende, an Nährstoffen reichere Pflanzen, Riedgräser (Cyperaceae) und Binsengräser (Juncus), die einen schweren, an Aschenteilen reichen Torf bilden. Die Hochmoore[137]) (Filze, Riede) stellen sich dagegen oben mit Wasser bedeckt dar. Mit Verwesungsstoffen, die dem Heidekraut, Wollgräsern oder dem Torfmoos (Sphagnum, daher Sphagnummoore) entstammen, bildet das Wasser eine breiartige braune Masse, zwischen welcher sich gelegentlich wie auf kleinen Inseln die Bulten der Heide, besetzt mit Birken und Zwergkiefern, erheben (daher auch Heidemoore genannt). Das Wasser dieser Hochmoore ist kalkarm, aber reich an Kieselerde; der Moostorf ist leicht. Die Moospolster wachsen beträchtlich über den Grundwasserstand hinaus. Starke Wasserzufuhr in Form von Grundwasser oder durch Niederschläge scheint Hauptbedingung des Gedeihens. Diesen Hochmooren gehören die weiten Moorgebiete Nordwestdeutschlands zumeist an. Gesellen sich den Sumpfmooren holzige Gebüsche bei — in unseren Breiten Weiden, Erlen, Birken —, so entsteht der Bruch (Plur. Brücher), wie deren die Oder und Warte auf längere Strecken begleiten[138]).

§ 285. Höhengürtel der Vegetation[139]). An den Flanken der Gebirge ändert sich die Vegetation rasch und lässt uns in wenigen Stunden Gegensätze durchschreiten, die im Flachlande durch Erdgürtel getrennt sind. Im allgemeinen steigt die Vegetationsformation der den Fuss des Gebirges umgebenden Landschaft bis zu einer gewissen Höhe aufwärts und wird dann allmählich von einem Waldgürtel abgelöst, der Formen höherer Breiten trägt, bis mit der Verkümmerung der Holzgewächse sich niedere Formationen eines alpinen Gürtels einstellen, Strauchhalden und Matten, denen bei den Hochgebirgen der ewige Schnee eine Grenze setzt.

Die Abstufung dieser Höhengürtel[140]) ist durch Vegetationslinien gegeben die ganz ebenso wie diejenigen der Ebene (S. 705) keine geschlossenen Kurven

---

[135]) Warming, 172: Sphagnumtundren. — [136]) Warming, 164; Drude, Handbuch 290, stellt sie unter die Grasfluren. — [137]) Warming, 176: Sphagnummoore; Schimper, 691. — [138]) Grisebach I, 154. — [139]) Der ausschliessliche Gebrauch des Ausdrucks „Pflanzenregionen“ für die Höhengürtel an den Gebirgsflanken unter den Pflanzengeographen geht wohl auf Fr. Unger (1852?) zurück — Humboldt kannte ihn noch nicht —, wird aber von manchen Pflanzengeographen mit Recht als unzweckmässig abgelehnt. In der Tat liegt in dem Worte nichts, was auf eine Beschränkung für die vertikale Verteilung der Vegetation hinwiese. Schimper (1898) will ihn ausdrücklich wieder eingeführt wissen. Eingehend beschäftigt sich Grisebachs Vegetation der Erde mit der vertikalen Verteilung der Pflanzen. Vergl. auch die Höhenprofile in Drudes Atlas der Pflanzenverbreitung, 1887. — [140]) Fr. Ratzel, Höhengürtel und Höhengrenzen in Zeitschr. d. D. u. Oesterr. Alpenvereins 1889, bes. 106 ff.

sind, sondern durch zahlreiche Lücken und Vorposten im einzelnen einen ziemlich unruhigen Verlauf nehmen. Er ist bedingt durch die Form der Gebirgsabhänge, ob steiler Abbruch oder flache Böschung, ob Felsboden oder weiche Schutthalde, ferner durch die Lage gegen Sonne und Wind, gegen feuchte oder trockene Luftströmungen und durch alle die zahlreichen kleinen örtlichen Aenderungen der Oberflächenform, ganz ähnlich wie wir das bei dem Verlauf der Schneegrenze verfolgt haben (S. 641). Nur scheint der Unterschied zwischen den klimatisch und orographisch bedingten Höhengrenzen innerhalb der gleichen Vegetation nicht so bedeutend wie beim Firn zu sein. Man fand z. B. in den Ortler-Alpen, dass die Baumgrenze sich im Mittel nur 110 m — 130 m über der Waldgrenze erhebt, während die orographische Schneegrenze sich rund 350 m unter die klimatische herabsenkt [141]).

Will somit in bezug auf die jeweiligen Höhengrenzen eigentlich jedes Gebirge für sich betrachtet werden, so zeigen sich naturgemäss doch auch gemeinsame Merkmale je nach der ähnlichen geographischen Lage, wie das auch bei dem Verlauf der klimatischen Schneegrenze in den Gebirgen der Fall ist. Diese rückt, kurz gesagt, mit abnehmender Breite und zunehmender Entfernung vom Seeklima aufwärts. So einfach liegen die Verhältnisse bei der Vegetation nicht. Der Schnee ist stofflich überall der gleiche, ob am Pol oder in aequatorialen Breiten zur Erde sinkend. Die Vegetation, welche die Gebirgsflanken ersteigt, setzt sich in den verschiedenen Erdgürteln zum Teil aus verschiedenen Gewächsen zusammen, die sich in ungleicher Weise dem kälteren oder trockneren Höhenklima anzupassen vermögen. Will man also in Rücksicht auf die Höhengürtel Gebirge miteinander vergleichen, so muss man dies folgerichtig auf solche beschränken, bei denen die Bestände an den oberen Vegetationsgrenzen die gleichen sind.

Höhengrenze des Getreides. Am ehesten folgt dem gleichen Gesetze wie die Schneegrenze die jüngste aller Vegetationslinien im Gebirge, die Getreidegrenze.

Nur mahnt zur Vorsicht, dass gerade in Gebirgen die klimatische Höhengrenze des Getreides vielfach noch nicht erreicht ist. Namentlich die grossen Unterschiede, die man in ein und demselben Gebirge findet, hängen zuweilen eng mit den Besiedelungsverhältnissen zusammen (z. B. am Aetna [142]) N 1000 m, SW 1630 m); andererseits spielt die Exposition der Talgehänge eine grosse Rolle. In den Tälern der Ortler Alpen reicht der Getreidebau an den warmen nach SW gewandten Gehängen bis 1640 m aufwärts, während er an den Nordwestgehängen schon in 1200 m Höhe endigt [143]). Es ist daher kaum verwunderlich, dass in den Alpen die Höhengrenze des Getreidebaues um fast 1000 m schwankt.

Das feuchte Seeklima hindert mit der mangelnden Sommerwärme das Emporsteigen der Getreidegrenze zu solcher Höhe wie im trockenen Kontinentalklima [144]).

	Breite	Feuchte Seite		Trockene Seite		Diff.
Norwegen . . .	64° N	West . . .	340 m	Ost	540 m	200 m
Süddeutschland .	49° N	Vogesen . .	910 m	Schwarzwald	1140 m	230 m
Nord-Chile . .	24° S	Ost . . .	2600 m	West . . .	3500 m	900 m

[141]) S. die gründliche Abhandlung von M. Fritzsch, 1895 (s. oben S. 641, Anm. 189), 108 — 292, bes. S. 289 ff. — [142]) P. Hupfer, Die Regionen am Aetna (Wiss. Veröff. d. Vereins f. Erdk., Leipzig 1895, II, 299 – 362). — [143]) M. Fritzsch (s. Anm. 141), 289. — [144]) H. Berghaus, Höhentafel von 100 Gebirgsgruppen. Geogr. Jahrb. V, 1874, 472 ff.

Am höchsten steigt der Getreidebau in den zentralen Trockengebieten, wie im Karakorum (4100 m), in Bolivia (3900 m), in Peru 20° (4300 m)[145]).

Der Waldgürtel bezeichnet im allgemeinen einen reicher benetzten Teil der Gebirgsflanken. In den echten Trockengebieten prägt sich dies darin aus, dass der Wald erst in einer gewissen Höhe beginnt. So zieht sich eine untere Waldgrenze im Tienschan in ca. 1300 m[146]), am trockneren Nanschan in 2400 m Höhe hin[147]). Die obere Grenze steht in Abhängigkeit von der Sommerwärme und reicht daher im Seeklima Westeuropas nicht entfernt so weit nach oben wie in den Kontinentalgebieten. Das prägt sich schon an beiden Gebirgsflanken des Skandinavischen Hochgebirges aus, wo im Westen die Waldgrenze durchweg 200 m — 300 m tiefer als auf den sanften aber trockneren Abhängen des Ostens liegt[148]).

Breite	West	Ost	Diff.	Breite	West	Ost	Diff.
70°	260 m	520 m	260 m	61½°	770 m	990 m	220 m
67°	360 m	680 m	320 m	60°	910 m	1100 m	190 m
64°	470 m	660 m	190 m				

Aehnliches wiederholt sich, wenn wir die deutschen Mittelgebirge oder die Alpen mit den kontinentaler gelegenen Erhebungen, besonders Zentralasiens, vergleichen[149]).

Europa	Breite	Ob. Waldgrenze	Asien	Breite	Ob. Waldgrenze
Harz . . .	52°	1040 m	Apfelgebirge . .	50°	2200 m
Vogesen . .	48°	1300 m	Alatau	45°	2500 m
Alpen . . .	47°	1800—2000 m	Am Kukunor[150])	36°	3900 m

Und selbst innerhalb desselben Gebirges rückt die Waldgrenze ähnlich wie die Schneegrenze (S. 642) aufwärts, wenn wir vom Rand in die inneren Massenerhebungen fortschreiten. Sie erreicht[151]) im Jura 1500 m, in den Voralpen 1600 m, den nördlichen Hochalpen 1800 m, um den Monte Rosa 2300 m und, während sie sich in den Oetztaler Alpen[152]) auf 2300 m erhebt, senkt sie sich in den Ostalpen auf 1500 m herab. In wenigen Gebieten der Erde steigt der Wald über 4000 m, und 4500 m — 5000 m bezeichnet in Tibet so ziemlich die höchsten Erhebungen von Bäumen, die in diesen oberen Regionen zu niedrigem Knieholz zusammengeschrumpft sind[153]).

Bemerkenswert ist, dass in Aequatorialgebieten der Wald nicht diese Höhe erreicht. Die Vulkangipfel Sumatras und Javas tragen von 2800 m an aufwärts keinen Wald mehr, während er dagegen im tropischen Himälaja ca. 3500 m erreicht. Dies wird auf die doppelte Quelle der Waldbefeuchtung im letztgenannten Gebirge zurückgeführt[154]), hier

---

[145]) H. Berghaus, Höhentafel von 100 Gebirgsgruppen. Geogr. Jahrb. V, 1874, 472 ff. — [146]) Grisebach, Vegetation der Erde, 2. Aufl., 1884, I, 449. — [147]) Geogr. Jahrb. XI, 1887, 128, nach Prschewalski. — [148]) H. Berghaus, a. a. O., 474. — [149]) S. Anm. 145. — [150]) Nach Prschewalski, vergl. Anm. 146. — [151]) E. Imhof, Die Waldgrenze in der Schweiz (Beitr. z. Geophysik, IV, 1900, 241—330, mit Karte, in 1 : 1500000). — [152]) R. Marek, Waldgrenzstudien in den Oesterr. Alpen (Mitt. Geogr. Ges., Wien XLVIII, 1905, 403—25). — [153]) H. H. Godwin-Austen fand in Westtibet nördl. v. Pangkong See (34° N) eine verkrüppelte Holzpflanze in reichlicher Menge in 5500 m Höhe (Journ. R. Geogr. Soc. 1867, 353). — [154]) A. Grisebach, Vegetation der Erde II, 49.

liefern die Firnmassen reiche Benetzung neben dem tropischen Regen, während erstere in den Gebirgen der Sundainseln, welche die Schneegrenze nicht erreichen, fehlen.

Die Bestandteile des Waldgürtels und der darüber liegenden alpinen Zone wechseln, wie angedeutet, nach der Region, in welcher ein Gebirge liegt. In den Alpen unterscheidet man eine Reihe von Vegetationsgürteln, die freilich nicht überall gleichmässig zum Ausdruck kommen. In die untere Laubwaldregion mischen sich auf der Südseite manche Bäume von südlichem Gepräge; von Kulturen erreichen der Wein und das Obst in ihm ihre Höhengrenzen. Im N beginnt alsdann in ca. 600 m, im S in 700 m ein oberer Laubwaldgürtel bis 1500 m reichend, in dem die Buche vorherrscht; die Kastanie begleitet sie, wenn auch nicht bis zur oberen Grenze. Allmählich geht der Laubwald in Nadelwald über, Fichten, Lärchen, Arven bilden die obere Waldgrenze in ca. 2000 m (1800 m — 2200 m). Doch reichen das Krummholz und einzelne Arven noch in den alpinen Gürtel hinein, dessen untere Hälfte (bis etwa 2400 m) auch noch durch zahlreiche Sträuche wie besonders den Rhododendron gekennzeichnet wird, bis die eigentliche Krautmatte (S. 712) mit den arktisch-alpinen Florenelementen (S. 695) allein die Herrschaft übernimmt. In der Länderkunde gehen wir auf diese Verhältnisse näher ein.

In den Tropen reicht der echte Tropenwald selten bis 1000 m empor. In den gemässigten Waldgürtel, der nach oben folgt, mischen sich aber noch zahlreiche tropische Bäume. Ueber 3000 m — 3500 m beginnt eine offene Grasflur, in der die Gesträucher allmählich verschwinden. Es sind in den tropischen Hochgebirgen eigentlich arktische Formenelemente aber kaum vertreten, da ihnen die Gelegenheit zur Einwanderung wie in den Gebirgen höherer Breiten (S. 695) nicht geboten ward.

V. Nutzbare Pflanzen und Tiere.

Literarischer Wegweiser. Naturgemäss ist die Literatur über Nutz- und Kulturpflanzen, hauptsächlich von Botanikern ausgehend, eine weit umfangreichere als über Nutz- und Kulturtiere (Haustiere), welche mehr von Kulturhistorikern in Betracht gezogen sind als von Zoologen. Eine sehr umfangreiche Zusammenstellung der wichtigsten Schriften über beide Kategorien hat E. Friedrich im Rahmen eines grossen Berichts über Anthropogeographie im Geogr. Jahrbuch XXXI, 1908, 381—417, gegeben. Grundlegend war Alph. de Candolle, Origine des plantes cultivées 1883, deutsch von E. Goeze, Der Ursprung der Kulturpflanzen, Leipzig 1884, 590 S. mit Einzelbeschreibung der Kulturpflanzen. Vergl. hierzu F. Höck, Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis v. d. ursprüngl. Verbreitung der angebauten Nutzpflanzen (Geogr. Zeitschr. Bd. V u. VI, 1899 u. 1900). Eine Aufzählung der Nutzpflanzen bei Leunis-Frank, Botanik I, 1883, 835—892. Sehr brauchbar und belehrend ist das fleissige, obwohl ursprünglich nicht eigentlich auf wissenschaftlicher Basis ruhende Werk H. Semlers, Die tropische Agrikultur (4 Bde., Wismar 1887 — 1893, 2. Aufl. von O. Warburg, M. Busemann u. R. Hindorf, I, 1897, II. 1900, III. 1903). Er geht kritisch vor und bekämpft veraltete Irrtümer, leider fehlen alle Quellenangaben.

Vergl. ferner Fr. Unger, Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Kulturgeschichte (Sitz.-Ber. d. math.-nat. Kl. d. k. Akademie, Wien 1857—67). Mit Vorliebe hat sich Karl Ritter in seiner vergleichenden Erdkunde Asiens 1832—1859 mit der Untersuchung des Ursprungs und der Ausbreitung wichtiger (asiatischer) Kulturpflanzen und Haustiere beschäftigt; manche dieser Abhandlungen haben noch heute Bedeutung, besonders im historisch-antiquarischen Sinne. Im Anschluss daran muss auf Victor Hehns wichtiges Werk „Kulturpflanzen und Haustiere in ihrem Uebergang aus Asien nach Griechenland, Italien etc.", Leipzig 1870; 6. Aufl. v. O. Schrader u. A. Engler, 1893, hingewiesen werden. Daselbst kommen etwa 20 Kulturpflanzen zur Besprechung. Hier kann am besten Ed. Hahns Werk, Die Haustiere u. ihre Beziehungen zur Wirtschaft d. Menschen, Leipzig 1896, eingereiht werden, das zwar nicht erschöpfend, aber eine verdienstvolle und anregende geographische Schrift mit vielen neuen Gesichtspunkten und zahlreichen Literaturangaben ist.

Nach neueren Gesichtspunkten in bezug auf die Bedeutung für die Weltwirtschaft behandelt zahlreiche Kulturpflanzen K. v. Scherzer in verschiedenen Werken, zuletzt in „Das wirtschaftliche Leben der Völker". Ein Handbuch über Produktion und Konsum, Leipzig 1885. Scherzers Arbeiten, höchst anregend geschrieben, sind aber hinsichtlich des Zahlenmaterials mit Vorsicht zu benutzen. Mit grosser Sorgfalt sind statistische Angaben über letztere beiden Punkte zusammengetragen in Neumann-Spallarts Uebersichten der Weltwirtschaft, Stuttg. I.—V., 1878—84; VI. herausg. von Fr. v. Juraschek, 1885—1889 bezw. 1895, Berlin 1893—1896. Neuere Daten in den statistischen Jahrbüchern und Konsulatsberichten und den neueren Handbüchern der Wirtschaftsgeographie.

Die Verbreitungsgebiete wichtiger Kulturpflanzen, die für den Welthandel Bedeutung haben, finden sich teilweise in Langhans' Handelsschulatlas, Gotha 1902, und eingehender bei grössern Kartenmassstäben in Scobels Handelsatlas, Leipzig 1902, und J. G. Bartholomews Atlas of the Worlds Commerce (176 Karten, London 1906—7) dargestellt; des wichtigen, umfangreichen Atlas wegen weisen wir an dieser Stelle auch auf das Werk von Th. Engelbrecht, Die Landbauzonen der aussertropischen Länder, 2 Bde., Berlin 1899, hin.

§ 286. Nutzpflanzen und Kulturpflanzen. Man darf annehmen, dass die ersten Menschen vorzugsweise von Pflanzennahrung lebten. Ihr Zahnbau, dem der Affen sehr ähnlich, spricht dafür. Die Wiege des Menschengeschlechts wird also in Gegenden zu verlegen sein, wo die Natur Nährpflanzen in ausreichendem Masse wachsen liess. Sehr gross ist die Zahl der Pflanzen, welche dem Menschen als solche von Anfang an durch ihre Früchte oder ihren Saft dienen konnten, nicht, und kein Zweifel kann darüber herrschen, dass erst die Pflege des Menschen die meisten der Wildlinge überhaupt schmackhaft gemacht und zu Volksernährern herangebildet hat. Aber nicht Nahrung allein, sondern auch Genuss- und Reizmittel lieferten die Pflanzen dem Menschen allmählich, er lernte auch Pflanzenfasern flechten und zu Gespinnst verweben oder die Säfte mancher Gewächse zu Heilmitteln oder Giften verwenden. Dazu treten die zahlreichen Hölzer, die zunächst ohne grosse Auswahl das Feuer ernährten, dann je nach Festigkeit oder Biegsamkeit zu Bauten und aller Art von Gerätschaften Verwendung fanden. Nehmen wir die Pflanzensäfte, die Farbstoffe liefern, hinzu, so ist die Zahl der Gewächse, die auch einer rohen Horde ohne eigentlichen Pflanzenbau nützlich sind, nicht ganz gering, sie hat sich aber für die heutigen Kulturvölker ungemein vermehrt. Wenn die wild-

wachsenden heute unter den Nutzpflanzen insgesamt manche Tausende von Pflanzenarten umfassen mögen, so ist die Zahl der absichtlich in Pflege genommenen sog. Kulturgewächse verhältnismässig gering und wird, wenn wir von den Zierpflanzen unserer Gärten absehen, 400 Arten wenig überschreiten [1]). Weit grösser ist natürlich die Zahl aller Varietäten und Abarten oder Sorten, die aus den ursprünglichen Arten durch die Kultur erzeugt worden sind.

So schätzt man die Zahl der Nahrungspflanzen des Menschen auf ca. 1000 Arten [2]), aber es gibt wenigstens 10000 Sorten. Und unter jenen kann die Zahl der eigentlichen Kulturgewächse, die Nahrungs- und Genussmittel liefern, nicht höher als zu 250 angenommen werden.

Etwa 200 Kulturpflanzen hat man als wild wachsend gefunden [3]) und glaubt danach ihre Heimat feststellen zu können; von den übrigen liegt dies teils noch in der Zukunft, teils scheinen die wilden Arten, aus denen die heute angebauten Sorten hervorgegangen sind, ausgestorben zu sein. Indem man indessen auch für diese vermutungsweise die Heimat zu bestimmen vermochte, ergibt sich die interessante Tatsache, dass weitaus die meisten aller Kulturpflanzen aus den tropischen und den subtropischen Gürteln stammen. Die südlichen gemässigten Gebiete haben der Menschheit bis jetzt kein Kulturgewächs geschenkt; fast dasselbe gilt vom aussertropischen Nordamerika. Nur das gemässigte Eurasien hat Beiträge zu diesem wichtigen Kulturbesitz geliefert [4]). Sehr verschieden ist in dieser Hinsicht auch die Mitgift der alten und der neuen Welt, wie aus folgender Uebersicht der wichtigeren Kulturpflanzen hervorgeht [5]).

	Alte Welt	Amerika
Nahrungspflanzen aller Art	209 = 81 %	48 = 19 %
Andere Kulturpflanzen	86 = 87 %	13 = 13 %
Summa	295 = 83 %	61 = 17 %

Ein wenig anders stellt sich das Verhältnis, wenn man den geringeren Flächenraum mit in Berücksichtigung zieht, den die alt- und neuweltlichen Regionen, aus welchen die Kulturpflanzen ganz vorzugsweise stammen, einnehmen. In Amerika kann man diesen Bereich annähernd der Zone zwischen 30° N u. 30° S gleichsetzen, die 18 Mill. qkm umfasst. In der alten Welt wird die Heimat der fraglichen Pflanzen in einem Gürtel zu suchen sein, der sich von den Sundainseln und Indien einerseits nordwestlich durch Vorderasien bis zu den Mittel-

[1]) A. de Candolle, Ursprung der Kulturpflanzen, 1884, 575, nahm 300 an; F. Höck, Die nutzbaren Pflanzen und Tiere Amerikas und der alten Welt verglichen in bezug auf ihren Kultureinfluss, Leipzig 1884, 57 S., rechnet ohne Futterpflanzen 327 kultivierte Pflanzen (vergl. Anm. 2). — [2]) Nach Unger (s. o. Lit. Wegw.) I. Die Nahrungspflanzen des Menschen, 1857, 250. — [3]) A. de Candolle, a. a. O. 576 ff. — [4]) F. Unger versuchte die Gürtel der Ursprungsstätten der Nahrungspflanzen kartographisch festzulegen längs zweier, südost-nordwestlich verlaufenden Linien, die er bromatorische Linien (*βρῶμα*, die Nahrung, *ὁδός*, das Ziel) nannte (a. a. O., 1857); seine Karte ist wiedergegeben in Pokornys Allg. Erdk., 4. Aufl., 804. Auch Drudes Karte der Nahrungs- und Genusspflanzen (Phys. Atlas, Taf. 51) deutet die Heimat vieler derselben an. — [5]) Die Tabelle ist aus den Uebersichten de Candolles und Höcks (Anm. 1) kombiniert. Letztere ist ungleich vollständiger als erstere, doch sind darin die so wichtigen landwirtschaftlichen Futterpflanzen nicht mit aufgenommen. In Höcks Tabelle werden u. a. Himbeere, Erdbeere und selbst die Banane vermisst (?).

meerländern zieht, andererseits im Süden der Sahara nach Mittelafrika. Man wird diese Region nicht höher als zu 36—40 Mill. qkm annehmen dürfen, aber sie ist doppelt so gross als der amerikanische Gürtel.

Gegen 60 Kulturgewächse haben bereits eine lange, bis ins graue Altertum zurückreichende Geschichte, und etwa ebenso gross ist die Zahl derer, deren Anbau noch vor unserer Zeitrechnung begonnen hat[6]). Die Menschheit ist demnach im Laufe der letzten zwei Jahrtausende erheblich in ihrem Kulturbesitz durch Pflege neuer Wildpflanzen bereichert worden. Es finden sich unter den ca. 250 neueren Kulturgewächsen freilich keine, die für die Erhaltung des Menschengeschlechts von solcher Bedeutung wären wie die seit Jahrtausenden bereits kultivierten Nährpflanzen.

§ 287. Heutige Ausdehnung des Kulturbodens. Ungemein hat sich aber das Verbreitungsgebiet der Mehrzahl von Kulturgewächsen im Laufe der Zeit ausgedehnt und ist die Anbaufläche, die man den einzelnen derselben gewidmet hat, vergrössert. Es hat ein mächtiger Austausch der Länder in dieser Richtung stattgefunden. Millionen von Menschen nähren sich heute von selbst gebauten (nicht etwa nur auf dem Wege des Handels ihnen zugekommenen) Früchten, die ihre Vorfahren vor wenigen Jahrhunderten noch nicht dem Namen nach kannten, wie z. B. die Kartoffel für Mitteleuropa oder der aus Amerika stammende Mais für Südeuropa jetzt äusserst wichtige Nahrungsfrüchte geworden sind. Dieser Vorgang der Uebertragung wichtiger Kulturgewächse von einem Lande in ein anderes ihnen zusagendes ist nicht entfernt zum Abschluss gekommen, wohl aber sind im grossen und ganzen die Polargrenzen der meisten bereits erreicht, über welche hinaus es sich kaum mehr verlohnt, sie anzubauen. Fassen wir die Polargrenzen des Getreidebaues (Taf. 8) als allgemeine Vegetationslinien für Kulturgewächse auf (s. u.), so lässt sich annähernd behaupten, dass die ursprüngliche Heimat der gesamten Kulturgewächse, die oben zu rund 50—60 Mill. qkm angenommen ward, am Beginn unseres Jahrhunderts sich über einen doppelt so grossen Raum ausgedehnt hat. Denn die Landfläche innerhalb der Getreidegrenzen mag 120 Mill. qkm umfassen.

Es entzieht sich heute noch einer Berechnung, welche Flächen allen einzelnen Kulturen gewidmet sind. Wohl aber kann man auf Grund der in heutigen Kulturstaaten über die Anbauflächen erhobenen Aufnahmen annähernd die Flächen schätzen, die man vom wirtschaftlichen Standpunkte Kulturboden zu nennen pflegt. Man versteht darunter jedes Landstück, auf dem der Boden zur Aufnahme von Kulturgewächsen bearbeitet oder zu höheren Erträgnissen seiner Vegetationsdecke künstlich mittelst Bewässerung und Bedüngung gezwungen wird. Es handelt sich dabei um waldlosen Boden, denn auch der Anbau von Fruchtbäumen führt kaum zu einer Waldvegetation und verschwindet in der Ausdehnung gegenüber dem Feld- und Wiesenbau.

---

[6]) de Candolle, a. a. O., 569 ff.

Für letzteren muss also waldlosere Fläche geschaffen werden, wo sie sich nicht schon findet. Der Ackerbau und die mit ihm Hand in Hand gehende Viehwirtschaft haben gewaltige Waldflächen vernichtet. Denn mit der Vermehrung der Viehzucht galt es auch für die Haustiere Nahrung zu schaffen.

Die Volkswirtschaft rechnet neben dem eigentlich bebauten Lande auch den Wald und die natürliche Graslandschaft zum ertragreichen Boden, da sie von Nutzpflanzen im weitesten Sinne des Worts bestanden sind. Der Name der Weide für das Grasland deutet den Zweck der Ausnutzung genugsam an. Was übrig bleibt, ist das Oedland. Wenn dieses auch des Pflanzenwuchses nicht ganz entbehrt, so kann es in seinen vegetativen Erzeugnissen doch kaum für die menschliche Wirtschaft ausgenutzt werden. Versucht man die Landfläche der Erde nach dem Erträgnis zu gliedern, wie es sich in jenen vier wirtschaftlichen Arten der Bodenbedeckung ausspricht, so wird man zunächst zur natürlichen Weide zweckmässiger Weise nur diejenigen mageren Grassteppen und Strauchhalden rechnen dürfen, die sich in Ackerland überhaupt nicht werden verwandeln lassen. Die Hauptschwierigkeit der Abschätzung liegt dann in der räumlichen Scheidung zwischen Grassteppe und Wüste innerhalb der Trockengebiete der Erde. Wie unsicher auch die Einzelschätzungen noch sein mögen, so scheint doch als Hauptergebnis daraus hervorzugehen, dass etwa die kleinere Hälfte der Landfläche dem fruchtbareren Wald- und Kulturboden, die grössere der Steppe und dem Oedland angehört. Vielleicht darf man für die heutigen Waldflächen und die ertraglosen Wüsten je 30, für den Kulturboden (mit Einschluss der besseren Steppen und Savannen), sowie die magere Weide (Steppe) je 20 Prozent annehmen (Atlas, Taf. 8; S. 667).

Dieses Ergebnis beruht auf Einzelschätzungen [7]), die freilich noch recht unsicher sind. Es umfasst in Millionen Quadratkilometer

Landflächen	Wald	Kulturland	Steppe	Oedland	Summe
Europa	3,0	4,4	0,6	2,0	10,0
Asien	13,0	9,0	9,2	13,0	44,2
Afrika [8])	9,4	5,3	9,8	5,3	29,8
Australien und Inseln	1,3	1,0	3,4	3,3	9,0
Nordamerika	9,0	3,5	4,0	7,5	24,0
Südamerika	8,0	3,8	4,0	2,0	17,8
Unbekannte Polargebiete	—	—	—	14,2	14,2
Summe	43,7	27,0	31,0	47,3	149,0
	70,7		78,3		

[7]) Einen ähnlichen Versuch, die Landoberfläche nach ihrer Ertragsfähigkeit oder Fruchtbarkeit abzuschätzen, hat zuerst E. G. Ravenstein gemacht (Proceed. R. Geogr. Soc. of London 1891, 27 ff., in metrisches Mass umgesetzt in Petermanns Mitt. 1891, L.-B. 2188). Doch berechnet er nur die Landflächen innerhalb der Polargrenzen des Getreides. Das Gesamtergebnis stimmt mit obigen Angaben nur insofern, als das fruchtbare Land (Wald- und Kulturland nebst Savannen = 73 Mill. qkm) auch zu ungefähr der Hälfte der Landfläche, wenn man von der Antarktis absieht, gefunden ist. Die sehr bedeutenden Unterschiede zwischen beiden Berechnungen beruhen hauptsächlich auf Ravensteins Unterschätzung der ertraglosen Wüstenflächen, die (innerhalb der Getreidegrenzen) nur 11 Mill. qkm

Die polaren Getreidegrenzen (Taf. 8)[9]) sind zugleich die der Gerste, da diese am meisten von allen Körnerfrüchten sich den Polen nähert[10]) (s. u.). Island bleibt ausgeschlossen, die Färöer vermögen noch geringen Getreidebau zu treiben. An der milden norwegischen Küste reicht dieser bis in den Alten Fjord (70° N). Unsicher ist ihr Verlauf in Lappland, wo man am Enaresee günstige Anbauversuche gemacht hat[11]). Dann zwischen 65° und 66° Br. verlaufend überschreitet sie den Ural auf 61° und verläuft zur Zeit zwischen 61°—62° bis nach Jakutsk, um östlich steil nach Süden zur Südspitze Sachalins (47°) auszubiegen. Neuerdings scheint der Anbau auch an der Südostküste von Kamtschatka gelungen[12]). In Amerika beginnt die Grenze wenig südlich von Sitka (56° N), erreicht im Gebiet des Mackenzie bei Ft. Norman (65° N) den nördlichsten Punkt und senkt sich an der Mündung des Lorenzstroms allmählich bis zum 50° N. An der Südostseite Neufundlands wird noch geringer Gersten- und Haferbau betrieben. — Auf der südlichen Halbkugel endet der Getreidebau dagegen in Amerika wegen der Kühle des Sommers schon im 41° S; Patagonien bleibt ausgeschlossen.

Während die Verschiebungen der natürlichen Vegetation in unendlichen Zeiträumen langsam vor sich gehen, ändern sich Verbreitungsgrenzen und Grösse der Anbaugebiete von Kulturpflanzen rasch unter unseren Augen. Ihre Beschreibung kann daher nur den augenblicklichen Stand darstellen und ein Bild geben, das schon nach wenigen Jahrzehnten ein wesentlich anderes ist.

Methodisches. Nur von wenigen Ländern besitzen wir kartographische Darstellungen der Bodenkulturen, sodass wir uns näher über die Landschaften und Oertlichkeiten orientieren können, in welchen die betreffende Kulturpflanze angebaut wird. Von Wert muss uns daher schon jede statistische Angabe der den einzelnen Kulturen gewidmeten Bodenflächen für die verschiedenen Länder und deren Provinzen sein. Indessen eine solche landwirtschaftliche Statistik steht uns über Südamerika, Afrika, Ost- und Westasien noch kaum zur Verfügung. Etwas reichlicher fliessen uns Zahlenangaben über den jährlichen Ertrag der Ernten, die landwirtschaftliche Produktion zu. Aber in vielen Fällen müssen wir uns mit den Nachrichten über die jeweilig zur Ausfuhr gelangenden, also in den Welthandel überführten Mengen dieser Produktion begnügen, die behufs der Zollerhebung aufgenommen werden.

Vom geographischen Standpunkte ist es am erwünschtesten, die angebauten Flächen zu kennen. Wo sie uns fehlen, kann man diese annähernd aus den Produktionsmengen berechnen und schätzen, wenn man wenigstens für einzelne Länder

---

betragen sollen, in Asien nur 3 Mill., in Amerika nur 363000 qkm. Die obige Berechnung ist ganz unabhängig von der Ravensteinschen durchgeführt, beruht in den Kulturstaaten auf statistischem Material, in den übrigen auf Schätzungen, denen die Ausmessung von Karten mit den Englerschen Grenzen nach Taf. 8 des Atlas eine erste Grundlage bot. Selbstverständlich kann auch diese Berechnung nur den Wert einer ersten Annäherung beanspruchen. — [8]) Die Zahlen für Afrika nach im Geogr. Seminar zu Göttingen ausgeführter planimetrischer Ausmessung auf Langhans, Wandkarte v. Afrika zur Darstellung der Bodenbedeckung. Gotha 1906, 1 : 7500000. Dort sind unterschieden: Urwald (2 Mill. qkm), Baum- u. Buschsavanne ($12,_7$), offenes Grasland ($2,_9$), Steppe ($6,_9$), Sanddünen ($2,_4$), Sand-, Stein-, Salzwüste ($2,_7$). Dazu treten die Seenflächen (174000 qkm).

[9]) Die Polargrenzen auf Taf. 8 des Atlas zeigen einige Abweichungen gegen neuere Darstellungen, z. B. in Andrees Handatlas, 5. Aufl., S. 15 u. 16. — [10]) Körnicke u. Werner, Handb. d. Getreidebaues, I, 1885, 144, ohne Quellenangaben. — [11]) S. Näheres in Pet. Mitt. 1888, 188. — [12]) Langhans, Handelsatlas, Taf. 4 bezw. 6 u. 7.

die durchschnittlichen Erträgnisse auf der Flächeneinheit kennt (Hektar, engl. Acre à $0,_{405}$ ha). Das Mittel dieser Verhältnisse lässt sich auf andere Länder von ähnlicher geographischer Lage und Bewirtschaftungsform übertragen. Auf diesem Wege sind im folgenden die Vergleichswerte mehrfach gewonnen. Zugleich muss bei solchen Uebersichten dem raschen Wechsel der Produktionsmengen Rechnung getragen werden, wenn die Zahlen den Zustand am Anfang des 20. Jahrhunderts zur Anschauung bringen sollen. Man wird daher immer nur von einigermassen wahrscheinlichen Grössen sprechen dürfen und sich vergegenwärtigen müssen, welche grosse Zahl von Fehlerquellen den meisten zu grunde gelegten Ziffern anhaften. Es gibt in diesen Arbeiten indessen einen Mittelweg zwischen dem kritiklosen Aufnehmen jeder offiziellen Zahl und dem einfachen Verwerfen aller statistischen Angaben (S. 729).

Somit steht unsere Kenntnis von der Verbreitung der Kulturpflanzen in enger Beziehung zum Handel der Völker. Diesem fällt, was uns zunächst beschäftigt, die Aufgabe zu, die Ueberschüsse der im Inland nicht zum Verbrauch gelangten landwirtschaftlichen Produkte in die Länder des Konsums überzuführen, welche deren ganz entbehren oder sie nicht in ausreichendem Masse erzeugen. Es wird sich empfehlen, die eine Seite der heutigen Weltwirtschaft, die Produktion, in den wichtigsten Zahlen gleich im Anschluss an die hauptsächlichsten Kulturpflanzen zu besprechen.

§ 288. **Die wichtigsten Nahrungspflanzen.** Unter den zahlreichen Pflanzen, die dem Menschen zur Nahrung dienen, stehen als die unentbehrlichsten die mehlgebenden oben an. Stärkemehl und Eiweissstoffe, welche dabei hauptsächlich in Frage kommen, sind nun entweder im Samen, in Wurzelknollen, in Früchten oder im Mark der Stämme enthalten. Die Pflanzen erfordern danach eine verschiedenartige Pflege, deren Form uns hier nicht beschäftigen kann. Für jetzt interessiert uns vor allem Heimat und Hauptverbreitungsgebiet. Doch können wir nur bei den wichtigsten Kulturpflanzen überhaupt verweilen. Auf wildwachsende Nutzpflanzen gehen wir nur gelegentlich verwandter Formen ein.

I. **Die Körnerfrüchte**[13]) oder die Getreidearten (Brotfrüchte), gering an Zahl, wenn auch nicht an Abarten, übertreffen doch an Bedeutung weit alles, was die Erde sonst an Nahrungspflanzen für den Menschen hervorbringt. Die Getreidearten im engeren Sinne gehören sämtlich der Familie der Gräser an, sind meist einjährig und werden durch Aussaat fortgepflanzt. Ihre Kultur ist eine uralte; von der Mehrzahl werden kaum noch irgendwo wildwachsende Arten gefunden. Das gemässigte Eurasien spendete den Hafer und den Roggen, Vorderasien die Gerste und den Weizen, Südasien die Hirse und den Reis, Afrika die Mohrenhirse oder Sorghum und Amerika

[13]) Körnicke (s. Anm. 10) gibt ziemlich ausführliche Darlegungen über Ursprung, Vaterland und Verbreitung, in denen er gegen andere Ansichten Stellung nimmt. Ueber die Heimat der Kulturpflanzen gehen die Ansichten noch sehr weit auseinander. Literatur (allerdings unvollständig) s. E. Friedrich in Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 382 ff.

den Mais. Nach ihrer Bedeutung für die Ernährung des Menschengeschlechts werden sich der Weizen, der Mais und der Reis ziemlich gleichstehen. Dazu tritt als vierte Hauptfrucht für die Tropen der Sorghum.

1. Der Reis[14]) (*Oryza sativa*, L.) in Südostasien und namentlich im Sudan hier und da wildwachsend, wird in China seit ältesten Zeiten kultiviert. Schon ums Jahr 2700 v. Chr. gehört er zu den fünf heiligen Feldfrüchten (Reis, Weizen, Gerste, Hirse und Bohnen), die der Kaiser zu Beginn der Ackerbestellung aussäet[15]). Der Reis ist eine Sumpfpflanze, die in wärmeren Klimaten nur da fortkommt, wo sie durch natürliche und künstliche Ueberschwemmungen bis zur Blütezeit unter Wasser gehalten werden kann. Daher die grossartigen Wasserbauten und Kanalsysteme der Chinesen. In Ostindien ist seine Kultur ebenfalls alt und schon im Altertum war der Anbau bis nach Babylonien und Syrien gekommen, sodass ihn die Griechen durch Alexanders Züge kennen lernten. Doch ward er erst durch die Araber im Mittelalter nach Aegypten, Sizilien und Spanien verbreitet. Der Anbau in Südeuropa ist später zurückgegangen, da die Sumpfluft Krankheiten erzeugt. Gegenwärtig hat er in der Po-Ebene und im Banat (45° N) noch Bedeutung. Viel wird er im afrikanischen Sudan gezogen, und hier ist sein Kulturland noch in Erweiterung begriffen. Nach Nordamerika kam er durch die ersten englischen Ansiedler in Carolina i. J. 1647 und hat sich von hier in den Golfstaaten, in Mexiko und in den Küstenprovinzen Brasiliens ausgebreitet. Doch tritt dies alles zurück gegen den Anbau im asiatischen Monsungebiet, wo er mehreren Hundert Millionen Menschen als Hauptnahrung dient[16]). Er hat für die Tropen den Vorteil, nicht zu erhitzen und manchen tropischen Magen- und Darmkrankheiten entgegen zu wirken. Die Klebearmut, die ihn nicht zu Brot verbacken lässt, wird in der heissen Zone weniger empfunden[17]). — Eine wilde Reisart, der Wasserreis (*Zizania aquatica*, L.), ward früher von den Indianern des oberen Mississippigebietes vielfach gesammelt und vermochte einen nicht unbedeutenden Beitrag zu ihrer Ernährung zu liefern[18]).

2. Der Mais[19]) (*Zea mais* L.) ist das einzige Getreide von Bedeutung, das von Amerika aus seinen Eroberungszug in die alte Welt angetreten hat; seine Kultur ist aber durchaus diesseits und jenseits des Atlantischen Ozeans noch im Fortschreiten begriffen. Dass er im tropischen Amerika seine Heimat habe, ward lange vermutet; man will in Guanajuato (Mexiko) auch eine Stammform wild gefunden haben[20]). An seinen Anbau knüpft sich die einheimische Kultur der Amerikaner in Mexiko und Peru. Ursprünglich nur der Andenkette angehörig, hat er sich nicht nur über Amerika, sondern auch, und zwar mit reissender Schnelligkeit, über die alte Welt ausgebreitet. Nach Spanien kam er schon am Anfang des 16. Jahrh. Schon 1580 n. Chr. wurde er in China angebaut, und in

---

[14]) V. Hehn, Kulturpflanzen, 1874, 431; Körnicke, 1885, I, 227; Semler, Trop. Agrikultur, III, 1903, 1—38; A. Oppel, Der Reis, Bremen 1890; C. Bachmann, Der Reis; Geschichte, Kultur und geographische Verbreitung etc. (Beihefte z. Tropenpflanzer XIII, Nr. 4, Berlin 1912). Die zugehörigen Karten in Pet. Mitt., 1912, I, u. zw. Erde 1 : 100000000, Asien 1 : 30000000. — [15]) v. Richthofen, China, I, 1877, 420. — [16]) K. v. Scherzer (Wirtschaftl. Leben der Völker, 1885, 55) sprach schon damals von 750 Millionen Menschen, die in Asien nahezu ausschliesslich von Reis leben sollten. Das ist stark übertrieben. C. Bachmann (a. a. O., 214) nimmt dagegen ungleich wahrscheinlicher, aber doch wohl auch noch zu hoch 602 Mill. Reisesser in Asien an, neben 28 Mill. in Afrika, 10 Mill. in Amerika. Hierbei sind diejenigen nicht gerechnet, die Reis neben Hirse, Mais und Weizen verzehren. — [17]) Semler, III, 1903, 3. — [18]) Ed. Hahn, Die Haustiere (s. o. S. 720), 1896, 538. — [19]) Körnicke I, 355 ff.; Semler III, 1903, 48—124. — [20]) S. Geogr. Jahrb. XVI, 1893, 270.

Afrika hat man ihn bei verschiedenen Negervölkern gefunden. In den Vereinigten Staaten, wo er Corn genannt wird, ist er Hauptnahrungsfrucht, in Südeuropa folgt er unmittelbar dem Weizen, auch Rumänien und Ungarn bauen sehr viel, doch wird er in Europa weit mehr als Viehfutter verwandt. Da es für ihn auf eine hohe Sommertemperatur ankommt, erreicht er im Rheintale (als Futterpflanze angebaut) den 52° N, während er in Amerika noch am Red River (50° N) gute Ernten liefert[21]). Am Titicaca See (3900 m) ist wohl der höchste Punkt seines Anbaues.

3. Die Weizenarten[22]) (*Triticum vulgare* und *spelta* L., der Spelz) scheinen in Vorderasien ihre Heimat zu haben; wild hat man sie noch nicht gefunden. Der Weizen verlangt eine mittlere Sommerwärme von wenigstens 14° C, flieht aber die Wärme der Tropen. In diesen gedeiht er erst auf den Höhen; in Afrika wird er von 400 m — 1200 m, in Peru bei 1200 m angebaut, in Abessinien steigt er bis 3500 m empor. Für Vorderasien, das obere Hindostan, Südeuropa nebst Frankreich und England ist er Hauptbrotfrucht. Nach Deutschland kam er durch die Römer, nach Norwegen gelangte der Anbau im 12. Jahrhundert. Jetzt wird er in Europa bis zum 62° N gebaut, und seine Polargrenze, die in Skandinavien und Finland so ziemlich mit der Eichengrenze zusammenfällt[23]), geht in Nordrussland 4° bis 5° über letztere hinaus. Hier wird er überall im Herbst als Winterweizen gesäet. Nach Südamerika kam er durch die Spanier, nach Nordamerika durch die Engländer (1602), ins Mississippital erst um 1728. Heute ist das obere Mississippigebiet sein Hauptverbreitungsgebiet. Man findet seinen Anbau bis Ft. Simpson (62° N).

4. Der Roggen (*Secale cereale* L.)[24]) ist in seiner mutmasslichen Stammform, *Secale montanum*, an vielen Stellen Südeuropas und Vorderasiens, besonders aber an den Westgehängen des Tienschan wild gefunden. Jedenfalls scheint sich seine Kultur von hier aus westwärts verbreitet zu haben, nach Südeuropa also von Norden aus (Thrazien und Mazedonien). Jetzt ist er in Nordeuropa abgesehen von Grossbritannien und Norwegen hauptsächlichste Brotfrucht. Er erreicht in letzterem Lande die Breite von 69 $^1/_2$°, um in Russland den 62.° wenig zu überschreiten. In Südeuropa wird er fast nur in den Gebirgen gebaut, an der Sierra Nevada noch in 2500 m Höhe. Ausserhalb Europas hat er nur in Nordasien Bedeutung.

5. Die Gerstenarten (*Hordeum vulgare* L.)[25]), in den wilden Stammformen vom Kaukasus bis Persien gefunden, gehören mit zu den ältesten Feldfrüchten und finden sich in den weit ins Altertum hinaufreichenden Gräbern Aegyptens. Als genügsamste aller Getreidepflanzen, die ihre Vegetationsperiode in einigen Abarten auf 100, ja 90 Tage beschränken kann, hat sich ihr Anbau polwärts am weitesten vorgeschoben. Wir haben oben (S. 724) die Polargrenze der Gerste als polare Getreidegrenze beschrieben. Dem Aequator nähert sie sich im Flachlande nicht viel mehr als etwa bis zum 18° Br. sowohl im Norden als im Süden. Nur in wenigen Ländern ist die Gerste Brotfrucht der Menschen; das ist im hohen Norden der Fall, in Griechenland und im Orient war sie es im Altertum mehr als heute. Im übrigen ist sie wichtiges Futter für Pferde und in ständig steigendem Masse gewinnt sie für die Biererzeugung Bedeutung (S. 733).

6. Der Hafer (*Avena sativa* L.[26]), dessen Anbau als Getreide den alten Kulturvölkern des Mittelmeers unbekannt war, gilt als ursprüngliches Brotgewächs

[21]) Aber nicht mehr am 55° N, wie Supan, Phys. Erdk., 1896, 634 und auch noch 1911, 852 angibt. In Manitoba ist schon der Anbau verschwindend. S. auch Lehmanns Schulatlas, S. 76. — [22]) Körnicke I, 33 ff., Bartholomew, S. 63. — [23]) A. Kirchhoff, Länderkunde von Europa, Leipzig 1881, Taf. VI; Lehmanns Schulatlas, S. 27. — [24]) Körnicke I, 125 ff.; Bartholomew, 72. — [25]) Körnicke, 140; Bartholomew, 74. — [26]) Körnicke, 200; Bartholomew, 70.

der mittel- und nordeuropäischen Völker, vor allem der Germanen und Kelten, und ist noch heute in Irland, Schottland und Norwegen Hauptnahrung des Landvolkes. Seine Heimat scheint das nördliche Vorderasien zu sein. Auf der südlichen Halbkugel findet man ihn kaum. Wenn wir ihn in ganz Europa nördlich der Alpen, in Kanada und den Vereinigten Staaten in grosser Ausdehnung angebaut sehen, — die Produktion übertrifft insgesamt an Menge (nicht an Gewicht) die des Weizens — so hängt dies mit der ausserordentlichen Vermehrung der Pferdezucht in den letzten Jahrzehnten zusammen.

7. Die Hirse, in Süddeutschland der Hirse[27]) genannt (*Panicum miliacum* und *italicum* L.), ein kleinkörniges Getreide, ist heute als Volksnahrungsmittel — fast immer in Breiform genossen — gegen die anderen Getreidearten ganz zurückgedrängt, scheint aber im grauen Altertum als Hackfrucht eine grosse Verbreitung durch ganz Eurasien gehabt zu haben[28]). Es werden besonders zwei Arten, die Rispenhirse und Kolbenhirse, angebaut. In Neuland sind die Erträgnisse sehr gross, aber bei der Empfindlichkeit der Pflanze gegen Kälte unsicher. Eine wichtige Rolle spielt die Kolbenhirse besonders in Ostasien. Indien, Abessinien, Zentralafrika bauen andere Hirsearten, die wir hier übergehen.

8. Viel grössere Bedeutung hat jedoch der Sorghum oder die Mohrenhirse oder Durrha (*Sorghum vulgare* L.)[29]) für die Völker Indiens, Chinas, Afrikas. Aus letzterem Erdteil stammt sie wohl auch. Sie soll unter allen Brotfrüchten die reichlichsten Ernten liefern. In Südasien scheint sie für die Volksernährung eine Bedeutung zu haben, welche der des Reises nicht viel nachsteht[30]).

9. Es lässt sich hieran noch eine Brotfrucht anreihen, die freilich nicht einer Grasart entspringt, nämlich der Buchweizen (*Polygonum fagopyrum*, L.)[31]), ein Getreidekraut mit mehlhaltigem Samen, welches das Altertum nicht kannte. Erst im Mittelalter ist er aus seiner Heimat in der Mandschurei oder Innerasien nach Europa gekommen und wird hier in sandigen Gegenden, den Heide- und Moorgebieten Norddeutschlands, mehr noch in Russland, Frankreich und den Vereinigten Staaten angebaut.

Uebersicht. Für den Sorghum scheint es zur Zeit gewagt eine Schätzung einzustellen. Was die übrigen Getreidefrüchte betrifft, so dürfte die ihrem Anbau heute auf der Landfläche der Erde gewidmete Fläche nicht unter 375 Mill. Hektare = $3^3/_4$ Mill. qkm anzunehmen sein. Die folgenden Hauptzahlen gründen sich auf die mehr oder minder sicheren Schätzungen, die man für die Einzelstaaten Europas und Nordamerikas, für Argentinien und Chile, Kapland und Australien, Algier und Aegypten, Britisch-Indien und Japan aufgestellt hat[32]).

---

[27]) Körnicke, 248, 263 ff.; Semler III, 1903, 144—160. — [28]) E. Hahn, Haustiere, 410 ff. Hahn sucht den Ausdruck „der Hirse“ wieder einzuführen. — [29]) Semler III, 1903, 125—43. — [30]) Semler behauptet, der Reis, den man früher geneigt gewesen sei an die Spitze der Getreidearten zu stellen, müsse dem Sorghum den Vorrang einräumen, die Hauptnahrung in Britisch Indien sei nicht Reis, sondern Sorghum. Das geht doch wohl zu weit. Nach der letzten Statistik (East India, Progress and Condition Nr. 47, 1910—11, London 1912, 45) waren in Brit. Indien 317000 qkm mit Reis, 167000 qkm mit Hirse bepflanzt. Freilich umfasst diese Statistik nicht die sog. einheimischen Staaten und ist nicht lückenlos. — [31]) V. Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere, 1874, 439. — [32]) Es ist misslich, sich einer anderweitigen Schätzung der Weltproduktion anzuschliessen, wenn die Quellen dafür und die Jahre, auf welche sich die Angaben im einzelnen beziehen, nicht angegeben sind. Bartholomew, Atlas of the Worlds Commerce 1907, nimmt folgende Summen in Millionen:

		Hektol.			Hektol.
Weizen (1901—03)	3027 Bush.	= 1100	Hafer	3137 Bush.	= 1141
Mais (1905) . . .	2927 „	= 1064	Roggen	1673 „	= 605
Reis	1258 Ztr.	= 639	Gerste	1219 „	= 443

Dem angenommenen Durchschnittssatze des Ertrages pro ha ist der mittlere Ertrag im Deutschen Reiche 1901—1910 zum Vergleich hinzugefügt[33]). Letztere Angaben stammen aus einem Lande mit intensivem Ackerbau und erreichen daher einen weit höheren Betrag als in den meisten übrigen Ländern.

	Anbaufläche qkm à 100 ha	Total-Ertrag[34]) Mill. hl	Mill. kg	kg pro ha Erde	Deutschland
Weizen[35]) .	1000000	1250	95000	950	1960
Mais . . .	650000	1250	95000	1500	—
Reis[36]) . .	800000 (?)	1100 (?)	80000	1000 (?)	—
Hafer . .	550000	1400	64000	1140	1830
Roggen . .	450000	550	40000	900	1640
Gerste . .	300000	480	30000	1000	1900
	3750000	6030	404000		

II. Wurzel- oder Knollenfrüchte. Unter diesen sämtlich im Hackbau gepflegten Nahrungspflanzen, die der Mehrzahl nach den Tropen angehören, hat die aus den Anden Südamerikas stammende Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) durch ihre Verpflanzung nach Nordamerika und Europa für die Volksernährung weiter Schichten grosse Bedeutung gewonnen. Sie gilt als Meeresstrandpflanze und der Anbau erstreckte sich zur Zeit der Entdeckung Amerikas von Chile bis Neu-Granada, nicht aber nach Mexiko. Sie hat sich viel langsamer als der Mais über die Erde verbreitet. Auf zwei Wegen ist sie nach Europa gekommen; einmal durch die Spanier um 1570, um sich von Spanien nach Italien und Burgund zu verbreiten, dann durch Walther Raleigh (oder seinen Begleiter Thomas Herrich) 1586 von Virginien nach England. In Mitteleuropa ist sie erst nach dem 7jährigen Kriege, besonders den Hungerjahren 1770 und 1771 allgemeiner angebaut und ist später dem Europäer überall gefolgt. Sie reicht polwärts weiter als die Getreidearten und geht von Hammerfest, 70° 40′ N. Br., bis Neu-Seeland. Auch am Mackenzie überschreitet sie den Polarkreis[37]). An der Sonnenseite der Schweizer Alpen erreicht sie die Höhe von 1850 m. Deutschland, Russland, Oesterreich-Ungarn und Frankreich, sowie Irland produzieren reichlich $^2/_3$ der gesamten Kartoffelernte der Erde. Sie ist in diesen Ländern das „Brot der Armen" geworden und das Wohl und Wehe der unteren Klassen mancher Länder — z. B. Irlands — hängt wesentlich von der Kartoffelernte ab. Als Rohmaterial für die Bereitung von Branntwein und Spiritus ist sie auch für den Grosshandel von Bedeutung. — 2. Der Manoika (Mandiok) oder Cassave-Strauch (*Iatropa Manihot* L.)[38]), bis $2^1/_2$ m hoch, bietet in der stärkemehlreichen,

[33]) Statistisches Jahrbuch f. d. Deutsche Reich, 1912, 39; dabei ist zu beachten, dass die Schätzungen bis 1899 sich gründeten auf Berichte der Gemeindebehörden, seitdem auf Berichte landwirtschaftlicher Sachverständigen. Es ergab sich nun ein mittlerer Ertrag, der 12—18 % höher war, als man früher annahm. Daher die Differenzen gegen die Angaben der Auflagen 1900 u. 1903 dieses Lehrbuchs. — [34]) In Deutschland rechnet man 1 Hektoliter Weizen = $76,_5$ kg, Hafer = $45,_{25}$ kg, Roggen = $72,_7$ kg, Gerste = $63,_0$ kg; nach Erkundigung kann man ferner 1 Hektoliter Mais = $77,_5$ kg, Reis = 75 kg annehmen. — [35]) Sir William Crookes schätzte in seiner Präsidialadresse „On food supply" (Brit. Ass. for the Advanc. of Science, Bristol 1898, 44) die damals mit Weizen bebaute Fläche nur zu 640000 qkm und den Ertrag auf 750 Mill. Hektoliter, indem er $12,_7$ Bushels für den Acre (= $11^1/_4$ hl oder 850 kg für den ha) als mittleren Ertrag annahm. Anbau und Produktion haben aber im letzten Jahrzehnt entschieden zugenommen. Vergl. Statist. Jahrb. d. D. Reiches 1912, 18*. — [36]) Oppel, (Der Reis, 1890, 19), kam auf 60 Mill. ha, aber 120000 Mill. kg, indem er den mittleren Ertrag 2000 kg pro ha) wohl zu hoch angesetzt hat. Obige Schätzungen nach Bachmann (1902 (s. Anm. 14), 325. Er nimmt die heutige Produktion zu etwa 102000 Mill. kg Paddy (ungeschälten Reis) oder 77000 Mill. kg. geschälten Reis an. — [37]) Stielers Handatlas, Taf. 78. — [38]) Semler II, 2. Aufl., 1900, 804—9; Bartholomew 69.

fleischigen und knolligen, bis $^1/_3{}^m$ langen und 5^{kg} schweren Wurzel[39]) dem ärmeren Südamerikaner eine ebenso wichtige Nahrung wie bei uns die Kartoffel. Zu den Euphorbiaceen, den Wolfsmilchgewächsen, gehörend, enthält die Wurzel (des bitteren Manioka) noch einen Giftstoff von flüchtiger Natur; mit dem Safte vergiften die Indianer ihre Pfeile. Indessen lässt sich das Gift durch das Pressen und Kochen der zerriebenen Wurzel entfernen. Das Mehl (Mandioka oder Tapioka) wird zu Cassavebrot, einer Speise von höchster Nahrhaftigkeit, verbacken, es gelangt besonders aus Südbrasilien und Malakka (Singapore) zur Ausfuhr; auch wird der sogenannte Manihot-Sago daraus bereitet. Jetzt ist der Maniok in allen tropischen Ländern verbreitet. — 3. Ueber die Heimat der Batate (*Ipomoea batatas* L.)[40]), der indischen oder süssen Kartoffel, ist noch keine Klarheit erzielt, doch spricht vieles für eine solche in Amerika[41]). Die faustgrossen, walzigen, sehr nahrhaften Knollen werden wie bei uns die Kartoffeln genossen und bilden in Brasilien neben dem Mais das wichtigste Nahrungsmittel der Schwarzen. Reiche Erträge werden auch auf sonst für den Anbau ungünstigem Boden erzielt. — 4. Taro oder Kalo (*Caladium esculentum*)[42]), die Kolokasie der Alten, eine Aroidee mit rübenartigen, bis 6^{kg} schweren, mehligen Knollen, in Indien, Ceylon und Sumatra heimisch und von da den Menschen über die Inseln des Stillen Ozeans folgend, ist auch nach Aegypten und weiter nach Afrika gekommen. — 5. Die Yamswurzel[43]) (*Dioscorea alata* L.), in Brasilien Inhame (Igname) genannt, eine windende Pflanze mit knolligem Wurzelstock, ist ursprünglich in Ostindien heimisch. Heute aber hat sich ihr Anbau über alle Tropenländer ausgebreitet. Sie wird im grossen kultiviert, wie bei uns die Kartoffel, deren Ertrag sie um 20 % übertrifft. Ihre Knollen sind bis zu 6^{kg} schwer. — Andere Pflanzen, die in den Wurzeln feines Mehl enthalten, welches als Arrowroot in den Handel kommt, übergehen wir.

III. Durch mehlhaltige Früchte und Mark nahrhafte Nutzpflanzen sind wiederum fast allein auf die Tropen beschränkt. 1. Der echte Brotfruchtbaum[44]) (*Artocarpus incisa*, L.) ist nirgends mehr im wilden Zustande zu finden. Es ist ein $12^m - 16^m$ hoher Baum mit rundlichen, $1^{kg} - 2^{kg}$ schweren, melonenförmigen Früchten; im südöstlichen Asien einheimisch, ist er den Südseebewohnern auf ihren Wanderungen überallhin gefolgt. Auf Tahiti und den Molukken verschafft der Baum, der keiner Pflege bedarf, den hauptsächlichsten Nahrungsbedarf. Man geniesst die Früchte in geröstetem Zustande; er trägt 8—9 Monate hindurch. Die zubereiteten Früchte helfen leicht über die Ruhezeit hinweg. In den übrigen Regionen seines Verbreitungsgebietes hat er seine Bedeutung den anderen Nahrungspflanzen gegenüber verloren, die überhaupt wohl früher etwas übertrieben ward.

2. Unter den Südfrüchten ist als Nahrungspflanze für die Tropenbewohner sicher die wichtigste die Banane[45]) oder der Pisang (*Musa sapientum*); die grossfrüchtige Banane oder Platane (*Musa paradisiaca*), scheint nur eine Spielart zu sein[46]). Ihr Ursprung im tropischen Asien wird jetzt ziemlich allgemein angenommen[47]). Von hieraus hat sie sich im Tropengürtel über alle Erdteile verbreitet, am wenigsten ist sie in Afrika zu Hause. In Südeuropa kommt sie noch am Küstensaume von Malaga (36° N.) fort. Auf der Ostseite der Südkontinente

---

[39]) Semler II, 1900, 766—87, bestreitet, dass die Wurzel der Maniok bis 1^m lang und bis 10 oder gar 15^{kg} schwer werde. — [40]) Semler II, 1900, II 788—803. — [41]) de Candolle, Urspr. d. Kulturpflanzen, 1884, 68. — [42]) Semler II, 1900, 812—15. — [43]) Semler II, 1900, 804—10. — [44]) Semler IV, 1893, 249. — [45]) Semler II, 2. Aufl., 1900, 171—203; R. Rung, Die Bananenkultur (Erg.-Heft zu Pet. Mitt. Nr. 169, Gotha 1911, mit Karte der Verbreitung 1:100000000 im Aeq.). — [46]) Semler II, 172. — [47]) de Candolle, 381—392.

erreicht ihre Kultur den 30° S. Sie pflanzt sich nicht durch Samen, sondern Wurzelsprossen fort. Mit ihren Früchten von Gurkenform liefert sie in manchen heissen Ländern einen ungemein wichtigen Beitrag zur täglichen Nahrung. Den Ertrag von Bananenpflanzungen hat man indessen früher stark überschätzt[48]). Als Handelsware beginnt die Frucht, obwohl sie sich schwer verschicken lässt, doch in Mexiko und Mittelamerika, Westindien, den Kanarischen Inseln eine Rolle zu spielen. Die Ausfuhr geht wesentlich nach den Vereinigten Staaten, in den letzten Jahren auch nach Europa.

3. Die Feige *(Ficus caria)*[49]) gehört mit zu den ältesten Kulturgewächsen, deren Wanderung von den Felsenflächen Vorderasiens, besonders Syriens nach den Mittelmeerländern sich noch ziemlich verfolgen lässt. Feige, Wein und Oelbaum sind die drei Hauptgeschenke des Orients an letztere. Auch jetzt ist der Feigenbaum in der alten Welt wesentlich auf die gleichen Gebiete beschränkt; ausserdem hat er in Kalifornien und Ostaustralien sich erfolgreich eingebürgert. Kalkhaltigen Boden liebt die Feige. — Viel jünger ist in den Mittelmeerländern die Kultur der Sauerfrüchte oder Agrumen[50]), besonders der Orangen *(Citrus medica)* und Citronen *(Citrus limonum)*. Aus Indien stammend kamen die ersteren erst in der Kaiserzeit als Zierpflanze nach Italien; ganz allmählich ging man zur Pflege über. Die Limone oder Citrone und Pomeranze ist erst durch die Araber nach dem Westen verpflanzt, die süsse Pomeranze oder Apfelsine ward erst im 16. Jahrh. aus China eingeführt. Als Handelsgewächse von steigender Bedeutung haben diese Früchte zur Volksnahrung nichts wesentliches beigetragen. Ausser den Mittelmeerländern nebst den Azoren kommt für die heutige Produktion noch Westindien in Frage.

Die zahlreichen Nüsse, unter denen die essbare Kastanie *(Castanea vesca)*[51]) im Süden Europas wichtiges Nahrungsmittel ist, und Saftfrüchte wie unsere Obstsorten übergehen wir.

Aus der Familie der Palmen, deren viele Arten nach den verschiedensten Seiten Nutzpflanzen sind, kommen hier zunächst Dattelpalme und Kokospalme in Betracht. Das Kulturgebiet der ersteren *(Phoenix dactylifera)*[52]), die ein heisses Klima verlangt, aber auch genügende Bewässerung der Wurzeln, ist beschränkt auf einen Gürtel, der sich zwischen 14"—36° N von den Kanarischen Inseln bis zum Pandschab in Indien zieht; das Verbreitungsgebiet reicht längs der Mittelmeerküsten darüber hinaus, und sie bringt an günstigen Stellen Spaniens und Kretas die Früchte zur Reife. In den Wüstenstrichen ist die für die Bewohner äusserst wichtige Dattelfrucht auf die Oasen und Flusstäler beschränkt, Algier ist Hauptausbreitungsland. Aus Stecklingen gezogen, trägt der Baum erst im 20. Jahr, trägt dann aber bis zum 70. oder 80. Jahr. — Die Kokospalme (*Cocos nuci-*

---

[48]) Semler II, 1887, 180 ff. wendet sich mit Entschiedenheit gegen die seit Humboldts Vorgang immer wiederholte Behauptung, dass eine Fläche mit Bananen bepflanzt einen 44fach grösseren Ertrag wie die Kartoffel und einen 133fach grösseren als der Weizen auf gleicher Fläche ergeben könne. Bei 30000 kg Bananenfrucht auf 1 Hektar und 2000 kg Weizen auf gleich fruchtbarem Boden sei letzteres Verhältnis vielmehr wie 1 : 15, und bei 8500 kg Kartoffeln pro ha verhalte sich der Ertrag der letzteren zu dem der Banane nur wie 1 : 3½. — [49]) K. Ritters Asien, XI, 1844, 537—549; V. Hehn, 83; Graf v. Solms-Laubach, Die Herkunft, Domestikation und Verbreitung des gewöhnlichen Feigenbaums. (Abh. d. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Bd. XXVIII, 1881); Semler II, 1887, 106—143. — [50]) V. Hehn, 1874, 317—391, Semler II, 1900, 1—106 (Orangen und Citronen). — [51]) Hehn, 340; Semler IV, 1893, 238. — [52]) K. Ritter, Asien V, 1836, 827; Theob. Fischer, Die Dattelpalme, Erg.-Heft Nr. 64 zu Pet. Mitteil. 1881, mit Karte des Verbreitungsgürtels in 1 : 17000000; Semler I, 1897, 671—83.

fera L.)[53]) ist eine Strandpflanze, die selten in grösserer Entfernung als 100 km —150 km von der Küste gedeiht. Sie ist innerhalb der Tropen jetzt fast an allen Küsten verbreitet. Ceylon ist wichtigstes Produktionsgebiet, nächstdem sind es die Südseeinseln, wo der Baum für die Eingeborenen nach den verschiedensten Seiten von grösster Wichtigkeit ist. Er bedarf aber der Pflege, einer richtigen Bewässerung. Die Kerne bieten zwar einen Teil der Nahrung für die Südseeinsulaner; dieser Nutzen tritt aber heute gegen die Lieferung von Kokosnuss-Oel zurück. Die zerschnittenen Kerne, welche dies enthalten, werden jetzt in getrocknetem Zustand als Kopra meist direkt ausgeführt; das ausgepresste Material wird als Viehfutter verwandt. Die Kokosfaser, Coir, gibt ein sehr haltbares Tauwerk ab. — Ueber die Oelpalme s. S. 738.

Wir übergehen unter den Nahrungspflanzen die Gemüse und die für die wärmeren Länder äusserst wichtigen Hülsenfrüchte. Durch ihr Mark werden wichtig die Sagopflanzen, namentlich die Sagopalme (*Sagus Rumphii*, L. und *Sagus laevis*)[54]). Diese gedeiht auf den indischen Inseln auf sumpfigem Boden, wird nur 10 m hoch, erreicht aber 2 m — 3 m im Umfang. Unter einer dicken Haut befindet sich der markige Kern, der durch Umhauen des Baumes entfernt wird, um Sagomehl daraus zu bereiten. Die Kultur ist einfach.

§ 289. Genuss- und Betäubungsmittel. Ergänzend treten zu der Hauptnahrung des Menschen verschiedene Genussmittel hinzu, die sich im Laufe der Jahre zu unentbehrlichen Bestandteilen der täglichen Speise ausgebildet haben. Wir reihen diesen gewisse Betäubungsmittel an, die gleichfalls heute Stapelprodukte des Welthandels sind.

Genussmittel. 1. Das Zuckerrohr (*Saccharum officinarum* L.)[55]), eine Grasart mit knotigen Halmen von 3—5 cm Durchmesser, ist aus seiner indischen Heimat früh nach China und Arabien verbreitet und dann durch die Araber in die südlichen Gestadeländer des Mittelmeeres eingeführt, wo die Pflanze noch jetzt in Andalusien und Sizilien angebaut wird. Ueber die Kanarischen Inseln ist es dann nach Amerika gebracht; es wird besonders in Westindien, Louisiana, Guayana und Brasilien kultiviert. Ferner bildet es Hauptgegenstand der Kultur auf den Maskarenen, in Java und den Philippinen, dem nordöstlichen Australien und Hawaii. Aus Britisch-Indien gelangt trotz ausgedehntem Anbau nur wenig zur Ausfuhr. Kaum eine Kultur hat eine solche Völkerbewegung hervorgebracht wie der Zuckerrohrbau. Da der Europäer dem tropischen Feldbau nicht gewachsen ist, sind von Afrika Tausende und Tausende von Sklaven nach Amerika eingeführt worden, auf den Maskarenen indische und chinesische Kulis. Wo die Schwarzen freigelassen sind, hat der Anbau des Zuckers mächtig nachgelassen, aber in neuerer Zeit hat er auf den alten Zuckerinseln unter der Führung der Nordamerikaner grossen Aufschwung genommen; der Ertrag dürfte 1910/11 8500 Mill. kg erreicht haben[56]). Demgegenüber tritt der Sorghumzucker und solcher aus anderen Pflanzen, abgesehen von der Rübe, sehr zurück. — Mehr und mehr ist der europäische Rübenzucker mit dem tropischen Rohrzucker in Wettbewerb getreten. Der Anbau stammt aus der Zeit der Kontinentalsperre am Anfang des 19. Jahrhunderts her, doch hat der eigentliche Aufschwung, der in Mitteleuropa, besonders in Deutschland und Oesterreich, eine grosse Umwälzung

[53]) Semler I, 1897, 616—57; H. Zaepernik, Die Kultur der Kokospalme (Beihefte z. Tropenpflanzer XV, Nr. 10, 1911). Scobel, Handelsatlas, Taf. 8. — [54]) Semler I, 1897, 693—703. — [55]) K. Ritter, Asien IX, 1840, 230—291; Semler III, 1903, 205—300, Hauptproduktionsgebiete s. in Langhans, Kl. Handelsatlas; Scobel, Handelsatlas; Bartholomew, Atlas. — [56]) Statist. Jahrb. d. D. Reiches, 1912; Internat. Uebersichten; New York Weekly Statistical Sugar Trade Journal 1912.

der Landwirtschaft hervorgebracht hat, erst in den 60er Jahren begonnen. Mehrfach hat die Produktion an Rübenzucker, von der Deutschland noch etwa 30 % liefert, diejenige des Rohrzuckers übertroffen. Aber in den letzten Jahren, namentlich seit Eintritt Kubas, Puertorikos und Hawaiis in den nordamerikanischen Wirtschaftsbereich, wurde er bei einem Ertrag von rund 6500 Mill. kg (1909/10) vom Rohrzucker wieder überboten; doch soll 1910/11 die Produktion 8000 Mill. kg erreicht haben.

2 Der europäische Weinstock (*Vitis vinifera*)[57], heimisch in den Waldungen am Südufer des Kaspischen Meeres, ist früh durch die Semiten über Syrien und Kleinasien nach Griechenland verpflanzt und hat sich schon im Altertum über die Länder des Mittelmeeres ausgebreitet. Was er später durch das Vordringen des den Weingenuss verschmähenden Islams im Süden an Boden verlor, hat er durch die Kultur in Mitteleuropa wiedergewonnen. Doch hat er auch hier seine nördlichste Grenze, welche von ihm im Mittelalter erreicht die südlichen Grafschaften Englands, das nördliche Frankreich, Thüringen und die Mark Brandenburg mit umfasste, nicht zu behaupten vermocht, da die erleichterten Handelsverbindungen der Neuzeit den Bewohnern dieser Distrikte die besseren Sorten des Südens zuführten. Im allgemeinen überschreitet der Weinbau, der ein kontinentales Klima mit hoher, wenn auch nur kurzer Spätsommerwärme vorzieht, den 51° N kaum. An der Loiremündung (47° N) beginnend (Taf. 12), zieht sich die Polargrenze n.-ö. bis über die mittlere Oder im S der Neumark (52¼°) hin und wendet sich südöstlich zum 48.°, den sie bis Astrachan verfolgt. An die gemässigte Zone gebunden findet der Wein auf den Kanarischen Inseln (28° N) den südlichsten Punkt seiner Verbreitung auf der nördlichen Halbkugel. Auf die Erträgnisse wollen wir vergleichend in der Länderkunde Frankreichs eingehen. Nordamerika hat in seinen Wäldern zahlreiche Rebenarten, deren manche in Pflege genommen sind, besonders in Kalifornien, wo unsere Rebe nicht fortkommt. Letztere ist nach dem O der Vereinigten Staaten übertragen, und hier zieht die Nordgrenze vom 41.° (Neu-York) zum 28.° (Kalifornien). Manche der amerikanischen Reben sollen gegen die Reblaus, den gefährlichsten Feind des Weinbaues, widerstandsfähig sein und sich leicht an andere Länder anpassen, sodass sie als Unterlagen für vernichtete Weingärten empfohlen werden. Auch in Südamerika, dem Kapland und Australien wird Weinbau betrieben, ohne dass sich dort schon die klimatischen Verbreitungsgrenzen feststellen liessen. Ganz örtlich beschränkt ist die Rosinenkultur[58] (Kleinasien, Küste von Malaga und Valencia in Spanien) und die der kleinen kernlosen Korinthen, die allein Griechenland entstammt.

3. Zu einem der wichtigsten Lebensbedürfnisse hat sich namentlich unter der germanischen Bevölkerung in und ausser Europa das Bier entwickelt. Aus der Gerste haben die Deutschen zuerst Bier gebraut, welches Getränk im Mittelalter bekanntlich einen der wichtigsten Handelsartikel der Hansa bildete und die Binnenstädte Deutschlands (Goslar, Einbeck u. a.) mit den Ostseestädten in Verbindung setzte. Die Würzung durch Zusatz von Hopfen ist erst später hinzugetreten.

4. Mit dem Kaffee[59] wenden wir uns wieder den Tropen zu. Nur zwei Arten (*Coffea arabica* und *liberica*) werden aus der zahlreichen Anzahl kultiviert. In Abessinien, dem Sudan, Guinea und Mozambique kam der Baum wild vor. Die Frucht hat erst spät ihre Benutzung gefunden. Es scheint als ob

[57]) V. Hehn, 1873, 62—83; Semler IV, 1893, 2—186. Dazu K. Wilke, Die geogr. Verbreitung d. Weinstocks, Progr. Weissenfels 1903, Zusammenstellung wichtiger Literatur über die Verbreitung von E. Friedrich, Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 389; Bartholomew, 90, 91. — [58]) G. H. Skinas, Die kleinasiatischen Rosinen, Diss., Bonn 1912. — [59]) K. Ritter, Asien XIII, 1846, 533—608; Semler, I, 1897, 217—350; H. Lecomte, La culture du café dans le monde (La Géographie, III, 1901, 471—488, mit Karte der Verbreitungsgebiete.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

zuerst das Volk der Galla, südlich von Habesch, die geröstete Bohne — der einheimische Name des Baumes ist Bun — mit Butter gemengt als Kräftigungsmittel gegessen habe. Aber ein anregendes Getränk daraus zu bereiten soll die Erfindung eines arabischen Scheich, El Schäsili, in der Mitte des 15. Jahrh. gewesen sein. Darauf ist der Kaffee in der Landschaft Jemen in Arabien — Mokka — angebaut worden, und von dieser seiner neuen Kulturheimat aus übersiedelten ihn die Holländer (1690) nach Java und die Engländer gleichzeitig nach Vorderindien. Erst 1727 verpflanzte die französische Regierung einige Bäumchen — die Bohnen verlieren zu rasch ihre Keimkraft — nach Martinique, und von hieraus wanderte der Anbau nach den übrigen westindischen Inseln, Zentralamerika, Venezuela und vor allem Brasilien. Die Polargrenzen des Kaffeebaumes gehen wie die des Zuckerrohrs über die Wendekreise hinaus bis zur Isotherme von 20° C; auch in den heissesten Ländern der Erde kommt er fort; doch liebt er eine etwas bergige Lage und Schatten. Die Ernten sind verhältnismässig sicherer als die des Zuckers und des Kakaos und, da die Arbeiten in den Kaffeegärten viel leichter als die in den Zuckerplantagen sind und ohne Nachteil vom Europäer geleistet werden können, da ferner der Kaffeebaum viel rascher fruchttragend wird als der Kakaobaum, so breitet sich sein Anbau seit der Negeremanzipation in Amerika immer mehr aus. Gegenwärtig (1911) mag die jährliche Kaffeeproduktion der Erde, die in dem letzten Jahrzehnt ausserordentlich stieg, 1400 Mill. kg betragen, wovon Brasilien vielleicht 70% liefert; 20% entfallen[60]) auf das übrige Amerika und der Rest auf Asien und die übrigen Länder. Es sind etwa 28000 qkm auf der Erdoberfläche dieser Kultur gewidmet.

5. Der Teestrauch (*Thea chinensis* L.)[61]) scheint seine Heimat in den Grenzgebirgen Assams (wo er Wälder bildend auftritt) und Chinas zu haben und wird in China seit undenklichen Zeiten in zahlreichen Varietäten gebaut, die dort ebenso unterschieden werden wie bei uns die Weinsorten. Die Unterscheidung zwischen schwarzem und grünem Tee beruht übrigens ausschliesslich auf der Art der Erntebereitung. Sein Kulturgebiet liegt in China zwischen 24° und 35° N. Etwas nördlicher reicht es in Japan, wo der Anbau gleichfalls alt ist. Dagegen hat seit der Mitte des 19. Jahrhunderts sich ein wichtiges Anbaufeld in Ceylon und am Abhang des Himálaja gebildet, das heute bereits doppelt so viel Tee auf den Weltmarkt wirft als China. Die erwärmende und mild anregende Kraft des Tee hat seinen Gebrauch besonders in den Ländern mit feuchtem und kaltem Klima stets zunehmen lassen, während der des Kaffees sich allmählich über die ganze Erde ausdehnt. Die Produktion für den inneren Verbrauch lässt sich auch nicht annähernd schätzen. Ost- und Südasien führte um 1907 etwa 320 Mill. kg Tee aus, wovon 60% auf Ostindien (einschl. Ceylon), 30% auf China, 6% auf Japan, 4% auf Java kommen.

Der Paraguaytee (Portugiesisch Herva Mate), den Matepflanzen (*Ilex paraguaiensis* L.)[62]), entnommen, die in Südbrasilien Wälder bildend auftreten, hat ausschliesslich für Südamerika Bedeutung, soll aber hier auf einem Raum von 10 Mill. qkm von mehr als 10 Mill. Menschen genossen werden.

6. Der Kakaobaum (*Theobroma cacao* L.)[63]) wird wild in Wäldern von Mexiko bis Brasilien gefunden. Die in schotenähnlichen Früchten sitzenden Bohnen des stattlichen Baumes sind schon zur Zeit der Entdeckung Amerikas in Mexiko und Peru verwendet worden und der Baum entsprechend in Kultur

---

[60]) Nach Angaben des Stateman's Yearbook u. a. zusammengestellt. — [61]) Ritter, Asien III, 1833, 229—236; Semler I, 1897, 439—567; Bartholomew 1907, 82, 83. — [62]) Semler I, 1897, 567 ff.; E. Heinze, Der Matte oder Paraná Tee. Beiheft z. Tropenpflanzer XIV, Nr. 2, 1910. — [63]) Semler I, 1897, 350—406; Bartholomew, 94, 95.

genommen. In Spanien und Portugal wurde die Schokolade bald Nationalgetränk. Ecuador, die Provinz Pará in Brasilien, Venezuela und Zentralamerika nebst Westindien waren bisher Hauptproduktionsgebiete dieser Frucht, die auch als Nahrungsmittel immer grössere Beachtung gewinnt. In neuerer Zeit hat die Kultur auch in Ceylon und Java und besonders auch in den deutsch-afrikanischen Kolonien Eingang gefunden. Die Produktion stieg zwischen 1901—11 von 106 auf rund 250 Mill. kg[64]), hat sich also in einem Jahrzehnt weit mehr als verdoppelt.

Die übrigen Getränke liefernden Pflanzen, z. B. die Agave oder die weingebenden Palmen, sind von keiner Bedeutung für den Welthandel und werden in der Länderkunde erwähnt werden.

Betäubungsmittel. 1. Der Tabak[65]). Zur Benutzung kommen die Blätter verschiedener Arten der Gattung Nicotiana, sämtlich einjährige Stauden amerikanischen Ursprungs. Der gemeine Tabak (*Nicotiana tabacum* L.) ist es, der in Amerika und Europa, hier bis zum 55.° N, gebaut wird. Dazu treten der syrische, persische und chinesische Tabak. Nach Europa kam der Tabak um 1560; im 17. Jahrh. begannen die Anpflanzungen in den Niederlanden und Deutschland. Jetzt findet der Anbau im mittleren Schweden (60° N) seine Polargrenze. Er ist in Mittel- und Südosteuropa, Kleinasien, Persien, Indien, China und Japan nebst dem Archipel und ganz Afrika verbreitet. In den Vereinigten Staaten, wo früher nur Kentucky und Virginien Tabakstaaten waren, hat sich der Anbau stark in den nördlich angrenzenden Staaten ausgebreitet. Mexiko und Zentralamerika, Westindien und die Küstenstaaten Brasiliens treten hinzu. Die jährliche Gesamtproduktion auf rund 10000 qkm Fläche übersteigt jetzt wohl 1100 Mill. kg, wovon etwa 44 % auf Amerika, 34 % auf Asien, 21 % auf Europa entfallen mögen.

2. Haschisch, einst ein Berauschungsmittel der Assassinen, wird jetzt in Vorderasien, Südasien und ganz Afrika viel benutzt und aus einer Spielart des Hanfes *(Cannabis indica)* bereitet; er ist hier und da von gleich schädlicher Wirkung wie Opium.

3. Das Opium[66]), aus Mohn (*Papaver somniferum* L.) bereitet, ist besonders bei den Türken, Malayen und Chinesen beliebt. Es wird in Makedonien, Kleinasien, Persien und, durch den Islam eingedrungen, in Indien im grossen angebaut. Hier behielten die Engländer das schon früher bestehende Opiummonopol bei und steigerten, nachdem sich in China ein höchst vorteilhaftes Absatzgebiet eröffnet hatte, die Kultur ausserordentlich. In China ist das Opiumrauchen seit Mitte des vorigen Jahrhunderts verbreiteter. Als durch die Regierung die Einfuhr desselben verboten wurde, ist von seiten Englands anfangs durch grossartig betriebene Schmuggelei das Land mit dem Gift überschwemmt, später sogar durch glücklich geführte Kriege die freie Einfuhr erzwungen worden, weil man durch die Verbreitung der Mohnkultur in Indien Gewinn machen wollte, andererseits das Opium lange so ziemlich die einzige in China anzubringende Ware war. Die Gewöhnung an den Genuss dieses Giftes hat jedoch die Chinesen selbst veranlasst, fast in allen Provinzen die Mohnpflanze trotz aller Verbote anzubauen, und man behauptet, bereits werde $^4/_5$ des Verbrauchs im Lande selbst gewonnen. In der Tat ist die Ausfuhr Indiens an Opium vom höchsten Betrag von 145000 engl. Ztr. (zu 50,8 kg) im Jahre 1879 auf 78000 im Jahre 1898 gesunken, seitdem wieder etwas gestiegen[67]). Neuerdings sucht China den Opiumgenuss kräftig zu unterdrücken.

---

[64]) Statist. Jahrb. d. D. Reiches 1912, 25*. — [65]) Semler III, 1903, 312—488; O. Comes, Histoire géogr. et statistique du Tabac, Neapel 1900. S. die Handelsatlanten. — [66]) Ritter, Asien VI, 1836, 773—800; Semler IV, 1893, 532—564. — [67]) Statist. Abstract. rel. to British-India, 1890 u. 1906.

4. Die Koka[68]), das Blatt des Kokastrauches (*Erytroxylon coca* Lam.), der in den Anden im Quellgebiet des Amazonenstroms heimisch ist, bildet in Ecuador, Peru und Bolivia eines der wichtigsten Lebensbedürfnisse des Indianers. Er kaut das mit Kalkpulver zusammengeriebene Blatt, und dieser Genuss befähigt ihn, bei sehr geringer Nahrung die schwersten, anhaltendsten Mühen zu ertragen. Es ist die Koka unter allen derartigen narkotischen Mitteln bei mässigem Genuss das nützlichste; die Blätter verlieren aber durch Einfluss der Feuchtigkeit ihre Kraft, und deshalb ist auf eine weite Verbreitung des Gebrauches nicht zu rechnen. Neuerdings hat die Pflanze zur Bereitung des Kokains aber in der Arzneikunde erhöhte Bedeutung gewonnen. Seitdem wird der Strauch auch in anderen tropischen Gebieten in 600 m — 1800 m Höhe kultiviert.

5. Die Arekanuss (*Areca catechu* L.)[69]), von einer der zierlichsten Palmen Südasiens gewonnen, wird mit Kalk eingewickelt in das Blatt des Betelpfeffers (*Piper betle* L.) in ganz Südasien als Narkotikum, ähnlich wie bei uns der Kautabak, viel benutzt.

6. Als ein wichtiges Reiz- und Genussmittel gilt den Negern in Afrika auch die Gura- oder Kolanuss (*Cola acuminata*)[70]). Sie ist im tropischen Westafrika zwischen 11° N u. 5° S heimisch und hat dort ähnliche Bedeutung wie der Mate in Südamerika.

7. Aus der grossen Zahl der Arzneipflanzen wählen wir nur eine aus, deren Anbau sich im Laufe der Jahre ganz verschoben. Die Cinchonarindenbäume[71]), gewöhnlich Chinarindenbaum genannt, (*Chinchona officinalis* L. u. a.) haben ihre Heimat in den kühlen Regionen der Anden von 10° N. Br. bis 19° S. Br. Die Rinde, aus der das fieberstillende Chinin dargestellt wird, wurde bisher von sog. Chinajägern, Cascadores, in den Wäldern gesucht und hauptsächlich über Guayaquil in den Handel gebracht. Indessen hat man den Baum mit Erfolg in Indien (Himálaja), Ceylon und Java angepflanzt, welche Länder nebst Sierra Leone jetzt fast alles benötigte Material nach Europa und Nordamerika liefern.

§ 290. Die Gewürzpflanzen. Die Gewürze[72]) sind es, die neben Edelsteinen und edlen Metallen die Europäer nach Indien gelockt und die Entdeckung des Seewegs nach Ostindien veranlasst haben, jene Entdeckung, welche dem Welthandel Venedigs den Todesstoss gegeben hat. Um den Besitz der Gewürzinseln haben die Niederlande mit Spanien und Portugal lange Kriege geführt, und im Gewürzhandel hat dies Land zu einer Zeit, als es noch möglich war, die Preise künstlich durch teilweises Ausrotten der Pflanzen auf unnatürlicher Höhe zu halten, die Grundlage seines materiellen Wohlstandes gelegt. Jetzt fallen aber die dadurch in Bewegung gesetzten Geldsummen im Welthandel kaum noch ins Gewicht.

Die Mehrzahl der echten Gewürze erfordert tropische Wärme, möglichst gleichmässige Temperatur, reichlichen Regen. Wir nennen 1. den Pfeffer (*Piper nigrum*, L.), die Körner eines rankenden Strauches, den man von seiner Heimat an der Malabarküste nach Hinterindien, Sumatra und Borneo verbreitet hat. Jetzt liefert Sumatra reichlich die Hälfte des jährlichen Ertrages, der auf 25 Mill. kg. angenommen wird. In einen noch engeren Raum als der Pfeffer

[68]) Semler I, 1897, 592 ff. — [69]) Ders. I, 704 ff. — [70]) Ders. I, 1897, 407—430; von Warburg. — [71]) Semler II, 1900, 242—276; J. Dronke, Verpflanzung des Fieberrindenbaums aus seiner südamerikanischen Heimat nach Asien und andern Ländern (Abh. d. k. k. geogr. Gesellsch. Wien, Bd. IV, 1902). — [72]) Semler, 2. Aufl., 1900, II, Die Gewürze, 281—398.

war ursprünglich der Gewürznelken-Baum (*Caryophyllus aromaticus* L.) eingeschlossen, der zu den immergrünen Myrtengewächsen gehört. Aengstlich von den Holländern auf die ursprüngliche Heimat der nördlichen Molukken (Ternate und Tidor) beschränkt, ist der Baum seit 1770 durch List auf die Maskarenen gelangt und wird jetzt hauptsächlich auf Sansibar, Amboina und Malakka angebaut. Gewürznelken sind die getrockneten Blütenknospen des Baumes. — Zur gleichen Familie gehört der Piment (*Myrtus pimenta* L.) amerikanischen Ursprungs und wenig anpassungsfähig, sodass seine Kultur im wesentlichen auf Jamaika beschränkt ist (Jamaikapfeffer, mehr an Gewürznelken erinnernd). — Der Muskatbaum[73]) (*Myristica moschata* Thbg.), einst auf die Bandaeilande beschränkt, ist weiter nach Sumatra und Borneo verpflanzt. Es kommen das Samenkorn als Muskatnuss und der Samenmantel als Muskatblüte in den Handel. — Der Zimtbaum (*Cinnamomum zeylanicum* Nees) gehörte ursprünglich wohl nur der Insel Ceylon an, wo er noch in den Höhen über 1000 m wild wächst und seine erst seit 140 Jahren begonnene Hauptkulturstätte hat. Die Rinde des Baumes ist uns das älteste und geschätzteste Gewürz. Als Surrogat wird vielfach die Rinde von Kassiabäumen (*Persea cassia* L.) benutzt, welche in Südchina, Hinterindien und auf den Sundainseln heimisch sind. — Weiter stammen aus Ostindien der Ingwer (*Zingiber officinale* L.), der wegen seines gewürzigen Wurzelstocks dort seit alten Zeiten angebaut wird, und der Kardamumstrauch (*Elettaria cardamomum* L.), deren Samen das Gewürz bilden. — Amerika hat ausser dem Piment das teuerste aller Gewürze geliefert, die zylindrischen Schoten der Vanille (*Vanilla planifolia* Andr.), einer schmarotzenden Orchidee, deren mehrere Arten zu verwerten sind. Die heissfeuchten Küstenlandschaften Mexikos und Zentralamerikas sind die eigentliche Heimat. Doch hat man die verschiedenen Arten mit Erfolg nach anderen reintropischen Küsten verpflanzt. Die Pflege muss aber eine sehr sorgfältige sein.

§ 291. Oel und Harze liefernde Pflanzen. Die Pflanzen-Oele und -Fette, früher fast nur zur Speisebereitung benutzt, haben in der neueren Zeit durch den Aufschwung der Industrie (Maschinenöle) und des Wohlstandes — man denke nur an den gesteigerten Verbrauch der Seife — eine sehr grosse Bedeutung gewonnen, und Pflanzen, die früher für den Europäer fast nur ein botanisches Interesse hatten, sind dadurch zum Gegenstand weitverbreiteten Anbaues und des Handels geworden. Aehnlich steht es mit den Gummi liefernden Pflanzen.

Die Olive[74]) (*Olaea europaea* L.), aus ihrer syrischen Heimat schon im Altertum, vor allem durch die griechischen Kolonisten, um die ganze Küste des Mittelmeeres verbreitet, ist neuerdings auch nach Kalifornien und Australien gebracht. Auf die Verbreitung in Südeuropa kommen wir in der Länderkunde zurück. Wie einst auf ihrer Kultur die Handelsblüte Athens beruhte, so ist jetzt Marseille ein Hauptplatz für den Oelhandel und die Oelindustrie (Seifenbereitung) und Italien, Spanien, Frankreich sowie die Türkei sind noch Hauptbezugsländer. Das Olivenöl dient daneben dem Südeuropäer zur Speisebereitung als Ersatz für Butter, die ihm bei der mangelnden Rindviehzucht bisher fehlte. Neuerdings macht ihm jedoch Butterausfuhr aus der Lombardei Konkurrenz. — Sehr grosse Bedeutung hat halb als Nahrungs-, halb als Oelpflanze auch der Sesam[75]) (*Sesamum orientale* L.), der sich von seiner indischen Heimat bis nach Westafrika

[73]) S. die erschöpfende Monographie von O. Warburg, Die Muskatnuss, Leipzig 1897. — [74]) V. Hehn, Kulturpflanzen etc. 1874 87 ff.; Semler II, 1900, 404—455. Th. Fischer, Der Oelbaum, Erg.-Heft Nr. 147 zu Pet. Mitt. 1904 mit Karte 1 : 10 000 000. — [75]) Semler II, 1900, 472—480.

und nach China verbreitet hat und neben bedeutendem inneren Verbrauch in manchen Ländern wie Indien noch Mengen zur Ausfuhr des Oelsamens darbietet. — Die Oelpalme [76]) (*Elaeïs Guineensis* Jacq.) ist im westafrikanischen Waldgebiet überall verbreitet, hauptsächlich aber auf den Küstenterrassen von Guinea bis Angola. In Fruchtfleisch und Kernen liefert sie ausserordentliche Mengen von Palmöl, das gleich dem der Kokospalme zur Seifenbereitung benutzt wird. Zur Zeit wird fast alles Palmöl noch durch Sammeln der Früchte von wilden Bäumen gewonnen und der Palmhandel hat nicht wenig dazu beigetragen, den Sklavenhandel zu verdrängen. — Die Erdnuss [77]) (*Arachis hypogaea* L.) entstammt einem einjährigen Strauch, der wild in Brasilien wachsend erst bei den Negern in Westafrika solchen Anbau gefunden hat, dass sie einen wichtigen Ausfuhrartikel bildet, teils als Nährfrucht, mehr als Oelfrucht. In den letzten Jahren hat sich die Kultur nach allen Seiten ausgebreitet.

Gross ist die Zahl der nutzbare Harze liefernden Pflanzen. Bedeutend ist der Handel mit den im Boden ausgegrabenen Knollen von Kopalharz im tropischen Südafrika. Der Kautschuk [78]) wird vorzugsweise aus dem geronnenen Milchsaft von verschiedenen Pflanzen des heissen Amerika, namentlich Brasiliens (Pará) gewonnen, aber auch in Zentralamerika, im ganzen tropischen Afrika, in Indien, auf den Sunda- und den Südseeinseln sammelt man Kautschuk [79]). Seine Benutzung war den Eingeborenen schon bekannt. Von Bedeutung ist der Handel mit demselben geworden, seitdem man es aufzulösen und durch Zusatz von Schwefel zu härten (vulkanisieren) gelernt hat. Der mächtig steigende Bedarf, handinhand gehend mit der Ausbreitung der Telegraphennetze (Kabel), des Fahrrads und des Automobils hat Anlass gegeben, kräftige Kautschuk liefernde Bäume in Kultur zu nehmen, da der jetzige Raubbau eine baldige Erschöpfung der vorhandenen Vorräte erwarten lässt. Gutta-Percha [80]), der verhärtete Saft von *Isonandra Gutta* u. a., war in Hinterindien den Malayen längst bekannt, ist aber erst seit 60 Jahren von den Europäern beachtet und der mannigfaltigsten Anwendung (Umhüllung der Telegraphendrähte) fähig. Eine eigentliche Kultur der betreffenden Bäume hat kaum noch stattgefunden und der Bestand der Guttaperchabäume in Indien geht mit grossen Schritten der Ausrottung entgegen. Ceylon liefert noch am meisten.

§ 292. Die Gespinstpflanzen. Gross ist die Zahl der Pflanzen, welche Faserstoffe zu den verschiedensten Zwecken liefern. Sie treten alle zurück gegenüber dem grossen Stapelprodukt des Welthandels, der Baumwolle. Diese hat ebenso wie der Flachs erst fern von der ersten Stätte des Anbaues sich zu einem weit über das Produktionsgebiet greifenden Erzeugnis ausgebildet.

Der Lein (*Linum usitatissimum*, L.)[81]) wird ebenso wie der Hanf (*Cannabis sativa* L.) in manchen Gegenden mehr als ölgebende Pflanze angebaut denn als eine Gespinstpflanze. Das ist z. B. in Ostindien und in den Vereinigten Staaten mit dem Lein der Fall. Das faserige Produkt des letzteren, der Flachs, ward seit den ältesten Zeiten in Syrien und Aegypten zu Leinwand versponnen und verwebt und von hier hat sich der Gebrauch der leinenen Gewänder über die klassischen Völker verbreitet, bis später die nördlichen Länder die Hauptproduzenten wurden Wenn jetzt dem Anbau dieser Pflanze in Europa 20 000 qkm zugewiesen

---

[76]) Semler I, 1897, 658—671; S. Soskin, Die Oelpalme, ein Beitrag zu ihrer Kultur (Beihefte z. Tropenpflanzer, X., Heft 6, 1909). — [77]) Semler II, 497—512. — [78]) Semler, II, 1900, 692—723 v. O. Warburg. — [79]) Scobel, Handelsatlas, Taf. 31. — [80]) Semler II, 1900, 724 ff. v. O. Warburg. — [81]) V. Hehn, Kulturpflanzen, 1874, 142—168; Bartholomew, Atlas, 118, 119.

sind, so entfallen 16000 allein auf das südliche Russland, die übrigen fast ganz auf Mitteleuropa[82]). Auch hinsichtlich des für Tauwerk so wichtigen Hanfes, der im Altertum in Italien nicht angebaut ward, ist auf dieselben Länder zu verweisen. Der grössere Bedarf an groben Hanfsorten wird durch den Manilahanf (*Musa textilis* N. v. Es)[83]) und durch eine der neuesten Gespinstpflanzen, die Jute[84]), befriedigt. Letztere, aus zwei Arten der Gattung *Corchorus* gewonnen, stammt aus Bengalen, das auch heute, wo der Verbrauch der Jute (besonders zu Säcken) ein gewaltiger ist, fast allein den Bedarf befriedigt.

Die Baumwolle (*Gossypium* L.)[85]) wird von verschiedenen dieser Gattung angehörigen, teils kraut- teils baumartigen Pflanzen geliefert, welche sowohl in der alten als in der neuen Welt ihre Heimat haben. Es sind die in Kapseln eingeschlossenen Samenumhüllungen, die wir Baumwolle nennen. Es genügt hier von der indischen und der amerikanischen Baumwolle zu sprechen. Die Staude ist eine Tieflandpflanze, die ein mässig warmes, gleichmässiges und sonniges Klima erfordert. Sie reicht in Amerika bis 36° N; die kleinere indische Art wird auch noch bis zum 40° N angebaut. Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts war die Baumwolle nur in Ostindien und bei den Eingeborenen Zentralamerikas das Material der Nationalbekleidung, aber seit Erfindung der Dampf-Spinn- und -Webmaschinen hat sich ihr Verbrauch über alle Länder der Erde ausgedehnt. Daher die ungemeine Zunahme der Anpflanzungen, vor allem in den Vereinigten Staaten, die bis 1860 fast allein den grossen Konsum des europäischen Kontinents an diesem Rohprodukt deckten, da sie zugleich die beste Qualität in den Handel brachten. Mit der Vermehrung dieser Produktion nahm auch das Sklavenhalten an Ausdehnung zu und zuletzt arbeiteten 800000 Sklaven in den Plantagen, deren Besitzer das übermütige Wort erfanden: cotton is king. Der Ausbruch des amerikanischen Bürgerkrieges 1861—65 hat dann in ausserordentlicher Raschheit neue Produktionsgebiete in Ostindien und Aegypten eröffnet. Aber kaum war jener Krieg beendet, der die Sklavenemanzipation zur Folge hatte, als sich der Anbau in den Vereinigten Staaten, der nun zum Teil von Weissen betrieben wird, zu heben begann; nach 10 Jahren war die frühere Produktion erreicht und längst stehen die europäischen Baumwollspinnereien wieder in vollster Abhängigkeit von Amerika. Nimmt man die Gesamtproduktion der Erde im Durchschnitt der Jahre 1908—11 zu 4650 Mill. kg an[86]), so lieferten die Vereinigten Staaten etwa 3050. Es bedarf dazu einer Fläche von rund 125000 qkm[87]). Und da in den übrigen Ländern, besonders Indien, der Einzelertrag pro ha kaum halb so gross wie in den Vereinigten Staaten zu sein scheint[88]), so wird man die Gesamtfläche des Anbaues zu 180000 qkm — 200000 qkm annehmen dürfen. In zweiter Linie kommt, wie angedeutet, Britisch-Ostindien (1000 Mill. kg) in Betracht. Dazu tritt Aegypten (87), China und Russisch-Zentralasien, abgesehen von kleineren Produktionsgebieten in Persien und der Türkei, in Mexiko, Brasilien, Australien etc.

§ 293. Farbepflanzen[89]) und Hölzer. Unter den Farbepflanzen, deren manche ihre einstige Bedeutung verloren haben, seit die Chemie uns gelehrt hat viele Farbstoffe auf künstlichem Wege darzustellen, steht seit alten Zeiten bis

---

[82]) v. Juraschek, Uebersichten der Weltwirtschaft, Berlin 1893—96, 512. — [83]) Semler III, 1903, 694—700. — [84]) Semler III, 1903, 654—74. — [85]) Karl Ritters Abh. über die Verbreitung der Baumwolle (Abh. der Berl. Akad., Hist.-phil. Kl., 1851) kommt kaum über den antiquarischen Teil hinaus; Semler III, 489—653; A. Oppel, Die Baumwolle nach Geschichte, Anbau, Verbreitung und Handel etc., mit 236 Karten u. Abbild., Leipzig 1902; Langhans, Handelsatlas, Taf. 5; Scobel, Handelsatlas, Taf. 9, 30, 33; Bartholomew, Atlas 110, 111. — [86]) Statist. Jahrb. d. D. Reiches, 1912. Internat. Uebersichten. S. 24*. — [87]) Statistical Abstract of the United States, 1911, 142. — [88]) v. Juraschek (Anm. 82), 430 ff. — [89]) Semler, 2. Aufl. 1900, 603—688.

heute der Indigo[90]) oben an. Mehrere Arten der Gattung *Indigofera* L. sind es, die in Asien, Afrika und dem tropischen Amerika wild wachsen. Die Pflanze verlangt einen fruchtbaren durchfeuchteten Boden (Schwemmland) und warmes Klima. Noch heute liefert Ostindien (Nordwestprovinzen, Bengalen, Madras) reichlich $^1/_3$ des gesamten Bedarfs. Aber infolge der Erzeugung künstlichen Indigos hat der Anbau seinen Höhepunkt überschritten und geht stark zurück.

Der Handel mit Hölzern hat mit der Steigerung des Wohlstandes in Europa und der allmählichen Vernichtung des Waldes in vielen Ländern ausserordentlich zugenommen. Damit haben die holzreichen Länder wie Norwegen, Schweden, Russland, Kanada einen Aufschwung ihres Handels erfahren. Diese liefern wesentlich Bauhölzer. Unter den zahllosen Nutzhölzern im engeren Sinne nimmt Mahagoni (*Swietenia Mahagoni* L.) den ersten Platz ein. Die Mahagoniwälder von Belize (Honduras) haben die Festsetzung der Engländer daselbst zur Folge gehabt. Unter dem Schiffsbauholz steht der Tikbaum (Teakbaum) (*Tectonia grandis* L.) in Ost- und Hinterindien unübertroffen da. Die steigende Nachfrage nach diesem das Eichenholz weit übertreffenden Material hat die Anfänge einer geregelten Forstkultur in Ostindien hervorgerufen.

§ 294. Nutztiere und Haustiere. Gegenüber der grossen Zahl von Nutzpflanzen ist diejenige der Tiere, welche teils als Wildtiere eines bestimmten Nutzens wegen von den Menschen gejagt, teils als ständige Begleiter ihrer Wirtschaft eingefügt sind, gering zu nennen. Wir übergehen die nicht bedeutende Zahl von niederen Tieren, die einzelne tiefstehende Völker — fast ohne Waffen und Fangnetze — zur Nahrung sammeln. Im Innern des Landes sind es Schnecken, Würmer, Insektenlarven, kleine Nagetiere, Vögel. Der zur Ebbezeit blossgelegte Meeresstrand bietet Küstenstämmen eine reichere Auswahl von Muschel- und Krustentieren. Fischfang und Jagd bemächtigen sich grösserer Tiere. Ersterer war zunächst auf die Flüsse und Küstengewässer beschränkt, und noch heute bieten beide ungemein grosse Mengen gesunder Nahrungsstoffe. Mit der Entwickelung der ozeanischen Schifffahrt hat sich der Fang immer weiter ausgedehnt und die grossen Seesäugetiere erfasst, deren Hauptprodukt der Tran ist (S. 750). Die Mehrzahl der einstigen und heutigen Jagdtiere wird nicht allein des Fleisches wegen von den Menschen verfolgt, sondern ebenso sehr des Felles, des Pelzes, der Federn, kurz der äusseren Bedeckung wegen; sie bieten Mittel zur Bekleidung, zum Schmuck, zu Schutzvorrichtungen (Zelt- und Hüttenbekleidung), zu sonstigen häuslichen Gebrauchsgegenständen.

Beschränkter schon ist die Zahl der vom Menschen gezähmten, an seine Nähe gewöhnten Tiere. Die Neigung, sich mit solchen gezähmten Tieren zu umgeben, und die Kunst, sie junggefangen zu zähmen, ist bei den verschiedenen Völkern der Erde recht verschieden. Die Indianer Südamerikas pflegen ihre Hütten mit einer Menge von eingefangenen Vögeln und Säugetieren zu umgeben, ohne jedoch aus ihnen Nutzen zu ziehen. Das Charakteristische für alle diese gezähmten, nur zum Vergnügen gefangen gehaltenen Tiere, wie sie jetzt die Tiergärten zahlreicher Grossstädte enthalten, ist, dass sie sich in

[90]) Semler II, 1900, 603 ff.

dieser Gefangenschaft im allgemeinen nicht fortpflanzen, sondern der Bestand aus jung gefangenen Wildtieren wieder ergänzt werden muss.

Auf diesem Standpunkt steht z. B. auch noch der Elefant, den man gewöhnlich zu den Haustieren des Menschen rechnet, weil er als lasttragendes Tier ausgenutzt wird. Bekanntlich geschieht dies heute nur mit dem indischen Elefanten, der wegen seiner Kraft und Gelehrsamkeit im hohen Grade geschätzt, aber doch nur in geringer Zahl von Grossen und Reichen gehalten wird, da seine Ernährung kostspielig ist. Im Altertum half der gezähmte afrikanische Elefant Schlachten entscheiden (Hannibal), und die Kampfspiele der Römer haben ihn im nördlichen Afrika ausgerottet. Die Eingeborenen Afrikas haben nicht gelernt ihn zu zähmen und die Versuche, indische Elefanten in Afrika als Lasttier einzuführen, sind bisher misslungen. Wie gesagt, erneuert sich der Bestand der gezähmten Elefanten immer nur wieder aus eingefangenen wilden.

Zu diesen gezähmten Nutztieren gehören auch manche für die Jagd abgerichteten wie der Gepard oder Jagdleopard, oder die verschiedenen Raubvögel, unter denen die Falken sich besonderer Gunst erfreuten.

Haustiere im engeren Sinn[91]) werden gezähmte Tiere nur dann, wenn sie dauernd in der Nähe des Menschen ausharren, sich fortpflanzen und allmählich durch die Zucht neue Eigenschaften entwickeln und forterben, die sie im freien Zustand nicht oder nur in geringem Grade besitzen. Von diesem Gesichtspunkt kann man nur wenige Dutzende von Tieren zu den eigentlichen Haustieren rechnen[92]), der Mehrzahl nach Säugetiere und Vögel. Dazu treten einige Fische und aus der niederen Tierwelt eigentlich nur der Seidenschmetterling und die Biene. Von weitaus den meisten derselben ist nicht mehr nachweisbar, wo und wann ihre erste Zähmung und Ausbildung zum Haustier vor sich gegangen ist; sie gehören vielmehr mit zu dem ältesten Kulturbesitz des Menschen, aber ihre Uebertragung in neue Gebiete ist meist jungen Ursprungs. Sehen wir hier von der Ausnutzung geistiger Kräfte ab, wozu wir neben der Wachsamkeit die Verwendung zum Fang oder zur Jagd anderer Tiere rechnen können. Es kommen dabei im wesentlichen nur die gezähmten Raubtiere wie Hund, Katze, Frettchen, ferner der Kormoran, den die Chinesen zum Fischfang abgerichtet haben, in Betracht.

Das tote Haustier ist dem Menschen zunächst seines Fleisches wegen von grösstem Werte, wenn auch die Sitten der einzelnen Völkerkreise in dieser Hinsicht die grössten Verschiedenheiten zeigen und Tiere, die dem einen wichtige Nährtiere sind wie das Schwein, bei anderen vollkommen verschmäht werden. Es ist ein Haupterfolg der Haustierpflege, dass einzelne zur Hergabe von Ausscheidungen erzogen sind, die wichtige Nahrungsstoffe enthalten: die Milch[93]), das Ei, der Honig. Als Milchtiere werden Rind, Ziege, Schaf, Kamel, Pferd und wohl auch das Rentier verwandt, aber keineswegs überall. Weite Gebiete Ostasiens wie China, Japan, Hinterindien kennen den Genuss der Tiermilch überhaupt nicht trotz der Nähe der viehzüchtenden

[91]) Vergl. Ed. Hahn, Die Haustiere und ihre Beziehungen zur Wirtschaft des Menschen, Leipzig 1896 (S. 720). — [92]) Hahn rechnet nur 19 Säugetiere, 16 Vögel, 3 Fische, 2 Insekten zu den Haustieren. — [93]) E. Hahn, a. a. O., 77—82.

Indier und der Steppennomaden, deren Leben ohne die Milch kaum denkbar wäre. Butter und Käse, die Produkte der Milch, sind natürlich jenen Ländern auch fremd. In weitgiebigstem Masse wird auch bei den Haussäugetieren das Fell und die Bedeckung desselben, das Haar, ausgenutzt. Ebenso wie das Haar (Wolle) lassen sich die Federn der Hausvögel (Straussenfedern) wiederholt dem lebenden Tier nach Art einer Aberntung der Bodenerzeugnisse entnehmen, von dem übrigen Nutzen des Tierkörpers zu schweigen. Nur der wichtigen Verwendung der Auswurfstoffe der Haustiere zur Düngung ist noch zu gedenken. Ein weiterer wesentlicher Kulturfortschritt ist vom Menschen gemacht worden, als er sich die Körperkraft der grösseren Säugetiere zu Nutze machte und sie zu Last- und Zugtieren erzog. Die schwere Arbeit des Ziehens am Pflug ist durch Jahrtausende dem Rind und Büffel zugewiesen geblieben; nur erst in neuerer Zeit spannt man in einigen Gegenden das Pferd, hier und da auch das Kamel oder den Elefanten an den Pflug. Für den rollenden Wagen, der bessere Wege zur Voraussetzung hat, kommen neben Rind und Büffel in den tropischen und subtropischen Landschaften mehr die schnelleren Einhufer Pferd, Esel, Maultier in Betracht, den leichteren gleitenden Schlitten ziehen neben den kleinen nordischen Pferden Rentiere und Hunde. Wo die Wegsamkeit gering ist, also besonders im Gebirgslande, werden die Lasten auf den Rücken der Tiere gelegt. In vielen Gegenden ist dieser sogenannte Saumverkehr zurückgetreten, seit die Herstellung von Wegen die Verwendung von Wagen gestattete (§ 372). Am spätesten sind die gezähmten Huftiere als Reittiere benutzt worden und, wenn auch einzelne Stämme sich zu wahren Reitervölkern ausbildeten, unter denen die gesamte Zahl der erwachsenen Männer beritten ist, und kein Heer der Reiterei entbehrt, so tritt diese Verwendung im allgemeinen gegenüber derjenigen als Last- oder Zugtiere doch sehr zurück.

In auffallendem Masse gering ist die Zahl der Haustiere gewesen, welche die Europäer bei ihrem Eintritt in Amerika vorfanden. Man kann eigentlich nur das Lama Südamerikas, den Hund, den die Indianer Nordamerikas wohl vor Schleifen spannten, die Moschusente, den Truthahn und das Hokkohuhn nennen, denn das in Nordamerika lebende Rentier ist ebenso wie der Bison dort nur Jagdtier geblieben.

§ 295. Die wichtigsten Haustiere. 1. Der Hund wird als der älteste Begleiter des Menschen angesehen werden dürfen. Unzweifelhaft erscheint er schon als solcher in der jüngeren Steinzeit und in den Pfahlbautenresten[94]). Aus dem Umstand, dass er in zahllose, höchst verschiedene Varietäten zerfällt, darf geschlossen werden, dass verschiedene Gattungsverwandte die Elemente für die Hunderassen abgegeben haben, vor allem Wolf und Schakal. Von Hause aus stumm, wie noch jetzt der südamerikanische Hund, hat er die Sprache des Bellens, durch die er erst als Wächter benutzbar wird, im Laufe seiner Erziehung durch die Völker der alten Welt erworben. Als Fleischtier ward der Hund im alten Mexiko verwendet, ebenso neben Schwein und Haushuhn auf den Südseeinseln vor Einführung anderer Säugetiere. In ganz Afrika wird er gleichfalls gern verzehrt.

[94]) L. Rütimeyer, Fauna der Pfahlbauten in der Schweiz, Basel, 1861.

Im Kleinverkehr Lasten ziehend hat er die grösste Bedeutung als Zugtier jedenfalls in den arktischen Gebieten, wo der Hundeschlitten das wichtigste Beförderungsmittel ist.

2. Reihen wir an diesen Kosmopoliten gleich die einzige zum Haustier gewordene Hirschart an: das Rentier[95]). Auf die arktische Subregion beschränkt (S. 701), macht das wesentlich jüngere Haustier diese für den Nordländer erst bewohnbar und befriedigt ihm die wichtigsten Lebensbedürfnisse. Gezähmt ist es aber nur in der alten Welt, wo es als Milchtier, vor allem aber als Zugtier dient. Die Tungusen allein reiten es auch; dem Europäer hat es sich nicht angeschlossen. In Nordamerika hat man es zu zähmen nicht verstanden und daraus erklärt sich nicht zuletzt die grössere Armut, Not und Wildheit der dortigen Eskimos und nördlichen Indianerstämme gegenüber dem behaglichen und friedlichen Dasein der Polarvölker der alten Welt.

3. Ob unserm Rind[96]), dessen Zähmung in die Urzeit des Menschengeschlechtes hinaufreicht, in seinen verschiedenen Varietäten ein und dieselbe Urform zu grunde liegt, ist noch zweifelhaft. Manche leiten es unmittelbar vom Ur, *Bos primigenius* Boj. ab, der einst im wilden Zustand durch Europa und Vorderasien verbreitet war. Der Ur hat sich wild in Deutschland noch bis ins 11. Jahrh., in Polen bis ins 16. Jahrh. erhalten. Nahe Verwandte sind der noch in schwachen Resten in Polen erhaltene Wisent und der amerikanische Bison, die beide noch nie gezähmt worden sind. Die heutige Verbreitung des Rindes ist eine weltweite; von den Palmenhainen Indiens bis zu den eisigen Gestaden Islands, wo das Tier zum Teil mit animalischer Kost (Heringsabfällen) erhalten wird. In Ostsibirien bewohnt es im Dienst der Jakuten die kältesten Gegenden der Erde Bei den Hirtenstämmen der asiatischen Steppen ist es kaum vertreten und ebenso tritt die Rindviehzucht innerhalb des chinesischen Kulturkreises, der, wie angedeutet, die Ausnutzung desselben als Milchtier nicht kennt, stark zurück. In Südasien und Indien wird es zum Teil durch den Büffel ersetzt, der dann allmählich westwärts verbreitet ist[97]) und bis nach Italien hin die sumpfigen ungesunden Strecken mit Vorliebe bewohnt In Afrika herrscht Reichtum an Rindvieh bei den Hirtenstämmen Ostafrikas, ebenso bei denen Südafrikas, und hier ist der Zugochse auch das wichtigste Transporttier geworden. Nach Amerika gelangte das Rind durch die Spanier, um auf den Antillen und später in den Pampas zu verwildern und sich zu gewaltigen Scharen zu vermehren. Wir finden im übrigen in der Geschichte der Kulturvölker das Rind stets in Verbindung mit der Bebauung des Feldes mittelst des Pfluges[98]). Als Milch- und Fleischtier hat es für die ansässige Bevölkerung immer grösseren Wert erlangt und die rationelle Viehzucht der Neuzeit, wie sie natürlich nur in Ländern mit ausgedehntem Gras- und Futterkräuterbau betrieben werden kann, hat das Lebendgewicht der Schlachttiere ausserordentlich erhöht. Dennoch genügt der heutige Stand für die rasch wachsende und durch den Wohlstand sich an höheren Fleischkonsum gewöhnende Bevölkerung Europas längst nicht mehr. Unser Erdteil ist ebenso wie hinsichtlich des Getreides auf die Zufuhr von Fleisch von aussen angewiesen. Diese erfolgt aus den Ländern mit weiten Weideflächen: Nordamerika, den Laplatastaaten und Australien. Man bedenke, dass Amerika und Australien, die zusammen heute noch nicht 190 Mill. Einwohner haben, über einen Rindviehbestand von 125—130 Mill. Stück verfügen, der den Europas trotz seiner Einwohnerschaft von rund 450 Mill. wohl schon erreicht. Im allgemeinen ist aber in jenen dünn bevölkerten Ländern der Viehstand noch einer beträchtlichen Vermehrung fähig.

---

[95]) A. Brauer, Die arktische Subregion, das Rentier, (Zool. Jahrb., Abt. f. Systematik, III, 1888, 194—220). — [96]) Ed. Hahn, a. a. O., 75—132. — [97]) V. Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere etc., 1874, 406; 1902, 469. — [98]) Ed. Hahn, 75, 410 ff.

Der Yak oder Grunzochse (*Bos gruniens* L.) bewohnt Hochasien, vom Himâlaja bis zur Mongolei. Er kommt jetzt noch wild vor auf Höhen von 2000 m und mehr und steigt nur ungern in grössere Tiefen unter 2000 m herab. In Tibet ist er eins der gemeinen Haustiere, aber auch im zahmen Zustand störrisch. Besondere Wichtigkeit hat er in diesen hohen Gebirgsländern als Transporttier. Sommer und Winter lebt er ohne Pflege, ohne Stallung im Freien.

4. Von gleich hohem Alter als Haustier wie das Rind ist das Schaf. Eine Reihe von Wildschafen gibt es auch heute noch in Afrika, auf den grössern Inseln des Mittelmeers etc., aber, wie es scheint, keine verwilderten Schafe. Das wichtigste Produkt dieses Tieres ist sein Haar, die Wolle; aber es ist festzuhalten, dass, während das Rind der stete Begleiter des Ackerbauers war, das Schaf das eigentliche Herdentier der Nomaden der grossen Steppengebiete der alten Welt ist, denen es durch Milch, Fleisch und Fett ebenso wichtig wie als Wolltier ist. Bei vielen Nomaden herrscht übrigens das Fettschwanzschaf vor. Bei den Ackerbauern hat das Schaf als Fleischtier erst in jüngster Zeit grössere Bedeutung gewonnen. Dennoch verschwindet diese im Welthandel gegenüber der Wollzucht. Das Schaf ist mit einer verhältnismässig geringen Weide zufrieden. Zeitweise hatte sich in Europa der Schafbestand ausserordentlich vermehrt, um der Nachfrage nach Wolle zu genügen. Seit aber die Steppengebiete und Prairien Amerikas, des Kaplandes und besonders Australiens der Schafzucht geöffnet sind, war Europa nicht mehr im stande, mit der dortigen billigen Wollproduktion in Wettbewerb zu bleiben und viele Staaten haben daher ihre Schafherden beträchtlich vermindert. In Deutschland sank z. B. die Zahl von 28 Mill. in den 60er Jahren auf $7_{,7}$ Mill. (1907)[99]). Schätzt man den heutigen Bestand (1910) von Schafen innerhalb Europas noch zu 170 Mill. Stück — im Jahre 1900 konnte man noch 200 Mill. annehmen —, so übertreffen jene oben genannten jungen Kolonialländer zusammen unsern Kontinent schon fast um das Doppelte. Es ist nicht zu vergessen, dass diese Bestände starkem Wechsel ausgesetzt sind. Entsprechend obigem Stand stand 1907 einer Wollproduktion von rund 420 Mill. kg in Europa eine aussereuropäische von mindestens 780 Mill. kg[100]) gegenüber. Diese Zahlen werden sich zu Ungunsten Europas noch mehr verschieben, da das Durchschnittsgewicht der vom Schaf gewonnenen Wolle im Steigen begriffen ist.

Die Ziege[101]) gilt Manchen als ein noch früher der menschlichen Wirtschaft eingefügtes Tier als das Schaf. Die Zucht hat wohl sicher in Vorderasien begonnen. Dort gibt es in den gebirgigen Gegenden vom Kaukasus bis zum Himâlaja noch wilde Verwandte. Die Ziege verwildert bei ungleich grösserer Selbständigkeit leicht, indem sie in die höchsten Gebirgsregionen flieht. Das ist auf vielen einst unbewohnten Inseln geschehen. Sie haben dort vielfach den Wald vernichten helfen. Die Ziege ist ein ausgezeichnetes Milchtier. In Südeuropa sagen ihr die trockenen Macchien (S. 714) zu. Von den 22 Mill. Ziegen Europas entfällt die grössere Hälfte auf Südeuropa. Für den Neger ist die Ziege meist das einzige Haustier. Wir finden sie bei allen Nomaden, für die auch das Haar von wirtschaftlicher Bedeutung ist. Ganz besonders wird wegen ihres feinen Vliesses die kleinasiatische sog. Angoraziege geschätzt, die mit vollem Erfolg sich auch in der Kapkolonie eingebürgert hat[102]).

---

[99]) Statist. Jahrb. d. Deutschen Reiches, 1912. — [100]) Vergl. J. Hertl in R. Sonndorfers, Technik. des Welthandels, 4. Aufl., 1812, II, 289. — [101]) Ed. Hahn, 139—152; Semler (Tropische Agrikultur, IV, 2, 1893, 774–832, Die Angoraziegenzucht) verbreitet sich auch über andere Ziegenrassen. — [102]) Semler, 794 ff.; irrtümlich gibt Ed. Hahn im Kapland die Zahl der Angoraziegen für 1891 (152, Anm. 7) zu 6628000 Stück an. Dies ist die Zahl sämtlicher Ziegen, unter denen sich jedoch nur 3184000 Angoraziegen befanden (Census of the Colony of Good Hope 1891, Cape Town 1892, 439).

5. Unter den übrigen gezähmten Wiederkäuern sind das Kamel und die Lamaarten Südamerikas als Nahrung spendende, Wolle gebende und Lasten tragende Tiere dem Menschen nützlich. Aber während die bisher besprochenen im Laufe der Zeit eine weltweite Verbreitung unter den verschiedensten Himmelsstrichen gefunden haben, haben wir es hier mit Formen zu tun, die an scharf begrenzte klimatische Bedingungen gebunden scheinen. Es ist ungewiss, ob das zweihöckerige Kamel (Trampeltier)[103]) und das einhöckerige Dromedar nur Varietäten einer Art sind — wofür die Erkenntnis, dass der Buckel des letzteren aus zwei zusammengewachsenen Fettpolstern gebildet ist, spricht[104]) — oder zwei Arten. Ihr Verbreitungsgebiet ist von den wenig geglückten Versuchen, es in andere Länder zu verpflanzen, abgesehen im Grunde auf den grossen Steppen- und Wüstengürtel der alten Welt beschränkt. Aber es hat die Westhälfte des Gebiets erst spät in Anspruch genommen. Das zweihöckerige Kamel stammt wohl aus den Steppenländern Zentralasiens, wo auch wilde Kamele (ohne Fettbuckel) vorkommen[105]). Es hat sich mit den Nomadenstämmen von dort bis zur Wolga und andererseits nach China verbreitet. Nach Vorderasien, besonders Kleinasien, ist es erst durch die Türken gekommen. Es überschreitet die südlichen Randgebirge Irans kaum. Letzteres Land wird auch vom Dromedar durchzogen, das die Hauptstätte seiner Zucht jedoch in Arabien hat. Hier bildet es einen weit wichtigeren Teil des Besitzstandes der Nomaden als das Pferd (s. u.). Auf aegyptischen Denkmälern findet man das Dromedar nie dargestellt. Der Nil blieb lange Zeit eine Grenze, und erst nach dem Beginn neuerer Zeitrechnung drang es allmählich nach Westen vor. Doch hat erst der Einbruch der Araber es über ganz Nordafrika bis zum Niger verbreitet und damit eine neue Kulturperiode dieser Länder eingeleitet. Im Osten reicht es bis ins Pandschab und die Wüste Tharr. Man unterscheidet in Asien und Afrika das zierlicher gebaute Reit- und das plumpere Lastkamel. Das erstere (in Aegypten Hadjin genannt) steht zwar an Schnelligkeit einem guten Vollblutpferde nach, übertrifft es aber an Ausdauer und Einhaltung einer mässig schnellen Gangart. Das Lastkamel, langsameren Ganges, trägt nur 150 kg — 200 kg. Die Kamelwolle dient u. a. zur Herstellung der Filzjurten der Kirgisen. Das Tier ist im übrigen schwer zu behandeln und nicht unmöglich ist, dass das vielfache Scheitern der Ueberführung des Kamels in andere Trockengebiete an der unrichtigen Behandlung des störrischen Tieres lag (vgl. § 371). — Das Lama[106]) lebt in den hohen Bergregionen der Anden von Peru und ist nebst dem als Wolltier ungleich mehr geschätzten Alpaca (oder Paco), das eine etwas grössere Verbreitung hat, schon von den alten Peruanern zum Haustier gemacht worden. Sein Hauptnutzen liegt in der Möglichkeit gerade in Höhen, die anderen Lasttieren Beschwerden machen, Lasten bis zu 50 kg zu tragen.

6. Ein eigentümliches Verbreitungsgebiet hat das für die heutige europäische Bevölkerung als Fleisch- und Fettier so wichtige Schwein. Auch dieses gehört nebst Hund, Schaf und Rind schon zu den in Pfahlbauresten vorgefundenen Haustieren. Ob von Alters her zwei Herde der Schweinezucht bestanden haben, wie wir dies heute finden, steht nicht fest. Jedenfalls legt sich das Wohngebiet islamitischer Völker, denen der Genuss von Schweinefleisch verboten ist, breit zwischen den westlichen — europäischen — und den chinesischen Verbreitungsbezirk. Das Schwein ist sowohl ein Begleiter des extensiven Ackerbaues, indem es

---

[103]) Ritter, Geogr. v. Asien, XIII, 1847, 609—759; Ed. Hahn 220—237; Otto Lehmann, Das Kamel, seine geogr. Verbreitung und die Bedingungen seines Vorkommens, mit Kartenskizze 1 : 60 000 000 (Zeitschrift f. wissensch. Geographie VIII, 1891, 87—141). — [104]) Lombardini, Sui camelli, Ricerche, Pisa 1879. — [105]) B Langkavel, Das wilde Kamel (Zeitschr. f. wiss. Geogr. VIII, 139) nach Prschewalski u. a. — [106]) Ed. Hahn 267 ff.; Semler a. a. O., IV, 1891, 752 bis 774, Die Alpacazucht.

sich im nahen Urwald von Eicheln und Bucheckern nährt, als ein solcher des sorgfältigsten Gartenbaues wie eben bei den Chinesen[107]). In Afrika spielt es auch im Süden der mohammedanischen Gebiete keine Rolle. Verwildert ist das Schwein in vielen Ländern und Inseln. In Amerika, wohin es durch die Europäer gekommen, hat die Zucht um so grössere Ausdehnung gewonnen, je grösser der Bedarf an Fleischnahrung in den dicht bevölkerten Kulturgebieten wird. Und auch in einzelnen europäischen Staaten wendet man diesem nützlichen Fleischtier neuerdings viel grössere Aufmerksamkeit zu, sodass innerhalb des atlantischen Verbreitungsgebietes, wie man es nennen könnte, von den ca. 150 Mill. Schweinen (1910) die grössere Hälfte wieder auf der europäischen Seite liegt.

7. Das Pferd[108]) dürfte unter den älteren Haustieren am spätesten gezähmt sein. In den historischen Ueberlieferungen der orientalischen Kulturvölker tritt es uns zuerst nur als Zugtier, vor den Wagen gespannt, entgegen. Vielleicht stammt die Verwendung als Reittier aus Zentralasien, wo am frühesten von Reitervölkern gesprochen wird. Dort finden sich auch heute noch wilde Pferde, von denen freilich nicht feststeht, ob sie nicht von wieder verwilderten abstammen. Lange Zeit war das Wildpferd auch in Europa verbreitet, hier mehr im Walde Schutz suchend, dort die offenen Steppen in Rudeln durcheilend. Durch die Europäer nach Amerika gebracht sind Pferde in einzelnen Steppengebieten wie besonders in den Pampas und im nördlichen Mexiko und Texas zu ungeheuren Scharen angewachsen, und einzelne Indianerstämme sind dort ebenfalls zu Reitervölkern geworden. In subarktischen Gebieten finden wir überall nur ein kleines zottiges Pferd (isländische Ponies). Die stärksten Rassen züchtet man in unseren Industriestaaten, wo die Zunahme der Bestände durch den täglich wachsenden lokalen Frachtverkehr bedingt ward. Von grosser Bedeutung ist das Pferd für die Nomaden Mittelasiens und Turans. Bei denjenigen türkischen und mongolischen Stammes werden auch die Stuten gemolken (Kumys). Als Fleischtier dient es dort gleichfalls, mehr aber bei den Pampasindianern Südamerikas. Ein Irrtum ist, Arabien als Heimstätte der Pferdezucht anzusehen. Wenn das Pferd dort auch Gegenstand sorgfältiger Pflege ist, so tritt es an Zahl stark gegen den Besitz der Kamele zurück. Im heissen feuchten Tropenklima gedeiht das Pferd nicht gut. Arabien und Persien haben seit vielen Jahrhunderten auch Indien und Südasien mit Pferden versorgt. In Nordafrika reicht es südwärts nicht viel über den Nordrand vom Sudan. Alle Pferde der südlichen Halbkugel sind erst durch die Europäer in die betreffenden Länder gelangt. — Im Orient und den Mittelmeerländern spielt der Esel eine weit bedeutendere Rolle als bei uns, im Orient auch als Reittier, wenn er auch nie zum Krieg verwandt wird. Manche nehmen an, dass der Esel das älteste Lasttier der Menschen sei. Durch die Araber ist er auch nach Afrika eingedrungen und hier für manche Gegenden zu gebrauchen, die dem Pferd verschlossen sind. — Sehr alt ist die Erzeugung eines Blendlings von Eselhengsten und Pferdestuten, des sog. Maultiers[109]) (der Maulesel von Pferdehengst und Eselstute ist weit seltener). Man sagt ihm gewisse Vorzüge grösserer Widerstandsfähigkeit und Härte, gleichmässigerer Arbeitslust, einer Dienstfähigkeit bis 40, ja 50 Jahre etc. nach. Als Lasttier in Gebirgen ist das Maultier des sicheren Trittes wegen vorzuziehen. In Südeuropa, ganz besonders aber in allen spanischen und portugiesischen Kolonialländern hält man an dieser Zucht fest, sodass die Zahl der Maultiere vielfach die der Pferde und Esel übertrifft.

8. Ueberschaut man den heutigen Bestand unserer grösseren Haustiere, so zeigt sich, wie angedeutet, eine erhebliche Zunahme in den letzten Jahrzehnten.

---

[107]) W. Roscher, Nationalökonomie des Ackerbaues, 9. Aufl., Stuttgart 1882, 596. — [108]) Ed. Hahn, 168—206. — [109]) Semler IV, 605—752, Die Maultierzucht.

Auf Grund der Ergebnisse von Viehzählungen in den meisten Kulturstaaten wird man für das Jahr 1911 vielleicht die folgenden Zahlen annehmen dürfen (in Millionen; in Russland und Italien sind Ziegen und Schafe zusammengefasst):

	Pferde	Maulesel, Esel	Rinder	Schafe	Ziegen	Schweine
Europa	45	$4_{,4}$	130	170	22	80
Amerika	32	9	110	157	15	70
Afrika und Asien . .	15 (?)	3 (?)	147 (?)	117 (?)	23 (?)	33 (?)
Australien	$2_{,5}$	?	13	116	—	2
Summa . .	95	17	400	560	60	185

9. Wir übergehen die aus der Vogelwelt dem menschlichen Haushalt eingefügten Tiere, da kein einziges von grösserer weltwirtschaftlicher Bedeutung ist. In einzelnen Ländern spielen die in unseren Hühnerhöfen vereinigten Geflügel durch Fleisch und Eier allerdings eine nicht unwichtige Rolle und die erhöhte Lebenshaltung reicher Länder wie Deutschlands, Englands hat den Eierhandel belebt (Deutschland führte 1910 für 163 Mill. Mark, Grossbritannien für 146 Mill. Mark Eier ein). Halten wir aber daran fest, dass uns der Beginn der Zucht dieser Tiere gleichfalls unbekannt ist. Ein neues Haustier ist aber doch in unserer Zeit gewonnen, was vielleicht weitere Versuche zur Folge hat, das ist der afrikanische Strauss, den man lange Zeit für unbezähmbar gehalten hat. Bereits sieht die südafrikanische Straussenzucht[110]) auf einige Jahrzente des Bestehens zurück und der dortige Bestand hat sich auf mehr als 250000 Stück gehoben. Man betreibt diese Zucht allein der Schmuckfedern wegen, deren Ausfuhr aus dem Kapland einen Wert von 42 Mill. Mark (1910) darstellte.

10. Es ist das Verdienst der Chinesen, die Seidenraupe[111]) zum Haustier gemacht zu haben, indem sie statt, wie es noch heute vielfach in Indien und China geschieht, die Puppen (Cocons) von den Bäumen zu sammeln, lehrten, die Raupe im geschlossenen Raum auf die Blätter der ihnen zusagenden Bäume (Maulbeerbäume) zu setzen und die ganze Entwicklung des Schmetterlings zu überwachen. Die Herstellung seidener Gewebe ist in China uralt und bis zum Beginn unserer Zeitrechnung kamen nur wenige Erzeugnisse nach Westasien. Aber China galt dem Altertum stets als das ersehnte Land dieses kostbaren Produkts. Allmählich verpflanzte sich die Zucht bis nach Ostturkestan; und von hier sollen im 6. Jahrhundert syrische Mönche die Eier der Seidenraupe und die Kunst der Aufzucht nach Konstantinopel gebracht haben. Die Araber haben die Seidenzucht und Weberei nach Spanien und Sizilien verpflanzt, von wo aus sie in Italien Fuss fasste. Später hat sich die Aufzucht der Raupe oder die Gewinnung der Rohseide nach Südfrankreich, der Schweiz, Südösterreich verbreitet, während die Seidenweberei in Lyon und im vorigen Jahrhundert im Rheinland (Krefeld) wichtige Mittelpunkte gewann. Verheerende Krankheit der Raupe hat in den 60er Jahren die Rohseidenproduktion in Europa fast verschwinden lassen; man musste sich wieder nach Ostasien wenden. Das ist heute überwunden, dennoch ist der Ertrag der jährlichen Seidenernte in Ostasien noch immer viel grösser als bei uns. Wenn man diesen insgesamt zu 23 Mill. kg für 1908 annehmen kann, so entfallen nur 6 Mill. davon auf Europa, dagegen 14 auf China und Japan[112]).

11. Die Haus- oder Honigbiene[113]) ist den Bewohnern der alten Welt seit langen Zeiten ein nützliches Insekt gewesen vermöge der Produktion von

[110]) Semler IV, 1893, 833—865. — [111]) Ed. Hahn, 367–379; V. Groffier, La production de la soie dans le monde (Ann. de géogr. IX, 1900, 97 ff., mit Karte aller Verbreitungsgebiete). — [112]) E. Friedrich in Scobels Geogr. Handb., 5. Aufl. 1910, II, 654. — [113]) Ed. Hahn, Haustiere, 379. Gerstäcker, Verbreitung der Honigbiene, Potsdam 1862. Bessler, Geschichte der Bienenzucht, Ludwigsburg 1885.

Honig und Wachs. Die heutige Bienenzucht ist allerdings ganz neu, während man sich sonst von jeher bei allen Völkern beschränkte, die Biene durch Darbietung geeigneter Wohnstätten für den Schwarm in die Nähe der menschlichen Behausungen zu locken. Sie kommt in den Tropen ebenso gut fort wie in gemässigten Breiten. Trockenes Klima und blütenreiche Gefilde zieht sie vor. Nach Norden scheint sie in 60° — 61° Br. so ziemlich ihre klimatische Grenze zu haben. Man unterscheidet mehrere Rassen. Nach Nordamerika ist sie schon im 17. Jahrh. durch die Einwanderer gekommen, nach Brasilien erst 1848, nach Australien 1862. Meist ist sie überall rasch verwildert, wenn nicht sofort geeignete Zucht eintrat.

§ 296. Jagdbare Wildtiere. Kaum von minderer Bedeutung für Völkerverkehr, geographische Entdeckungen und geschichtliche Verhältnisse als die gezähmten Tiere sind auch manche jagdbare Wildtiere geworden. Nur diese verfolgen wir hier kurz. Haben wir es innerhalb der Haustiere fast allein mit Arten zu tun, die mit den Kulturfortschritten und der Vermehrung des Menschengeschlechts bedeutend an Zahl gewachsen sind und noch zunehmen, so rechnen die zu besprechenden Jagdtiere zu solchen, deren Ausnutzung nur einer kurzen Episode der Geschichte angehört. Fast liegt dieselbe schon abgeschlossen hinter uns. In ungemessener Fülle belebten sie bis vor wenigen Jahrhunderten, ja zum Teil bis in unsere Zeit fast alle ihre Wohngebiete Aber der Europäer hat es durch die masslose Verfolgung dieser nützlichen oder wertvollen Tiere dahin gebracht, dass viele auf kleine Zufluchtsstätten zurückgedrängt oder heute schon dem Aussterben nahe gebracht sind. Aber es nahen sich Zeichen, dass man diese Zustände nicht länger dulden will und unser Jahrhundert scheint bestimmt, durch Jagd- und Fanggesetze den verfolgten Nutztieren Schonzeiten zu gewähren und durch künstliche Zucht, wie sie bei manchen Fischarten, bei der Auster etc. begonnen hat, die verödeten Wälder und Gewässer wieder zu beleben.

Unter den hier in Frage kommenden stehen zeitlich und dem Werte nach die Pelztiere nordischer Breiten voran. Um der köstlichen Pelze, vor allem des Zobels willen, ist Sibirien in einem Zeitraum von 60 Jahren 1578 — 1638 bis an das Ochotskische Meer von den Russen durchzogen und erobert worden und dort hat sie der Fang des köstlichsten aller Pelztiere, der Seeotter (*Enhydra marina* Cuv.), die erst durch Berings Reisen 1743 in Europa bekannt ward, weiter nach Amerika geführt und die Gründung ihrer dortigen Kolonien veranlasst. Später hat die Jagd desselben Tieres Spanier und Engländer an die gleichen Küsten Nordwestamerikas geleitet. Im übrigen Nordamerika ist wesentlich des Biberfanges wegen jener eigentümliche Jägerstaat der Hudsonbaigesellschaft (1670) gegründet; in unvergleichlicher Menge fanden die dort eindringenden Franzosen und später die Engländer ihn vor. Längst sind die Erträgnisse aller seit zweihundert Jahren und mehr mit rücksichtsloser Energie betriebenen Pelztierjagden zurückgegangen und viele der 20 — 30 Pelztierarten sind schon recht selten geworden.

Nicht ganz die gleiche Bedeutung hat die um des Elfenbeins willen gepflegte Elefantenjagd in Afrika. Im Norden ist sie seit dem Altertum betrieben und der Nil war die Ausfuhrpforte des Elfenbeins. Arabische Händler sind dann immer weiter vom Nil aus südwärts gedrungen. Um des Elfenbeins willen sind unter den Ein-

geborenen grausame Kämpfe geführt, sodass man mit Recht den afrikanischen Elfenbeinhandel einen Zwillingsbruder des Sklavenhandels genannt hat. In Südafrika begannen Europäer erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts ihre Jagdzüge. Wenn man bedenkt, dass jährlich 60—70000 Elefanten wegen ihrer Stosszähne ihr Leben lassen müssen — den Negern ist das Fleisch nebenbei eine gesuchte Speise — so ist klar, dass die Vernichtung dieser Riesentiere bevorsteht. Aus Südafrika und dem Norden sind sie schon ganz verschwunden[114]). In Nordsibirien wird seit dem Vordringen der Russen auch immer eifriger nach fossilem Elfenbein gesucht, das sich seit der Eiszeit in diesen kalten Gegenden trefflich erhalten hat.

Viel wichtiger als diese Zweige des Jagdgewerbes ist die Seefischerei[115]) für die Entwickelung geographischer Kenntnisse und politischer Gestaltungen geworden. Auf dem Fange des Herings und dem Handel damit beruhte zum Teil der Wohlstand der Hansa, und um das Recht des Heringsfanges an den schottischen und englischen Küsten haben die Niederlande, deren merkantile Blüte im 15. Jahrhundert durch den Handel mit diesem Fisch eingeleitet ward, schwere Kriege geführt. Neuerdings beginnt man die Bedeutung der Seefischerei für die Volksernährung mehr zu würdigen, und in steigender Menge werden die Erträgnisse ins Binnenland eingeführt. Der ungemeine Aufschwung dieser Seefischerei rührt vom Verlassen der reinen Küstenfischerei und vom Uebergang zur Hochseefischerei her. Für den Seefischfang kommt aber immer nur die Flachsee in Betracht, niemals der offene Ozean, und in ersterer sind die sog. „Bänke" die einträglichsten Stellen. Der Ertrag wuchs in unseren Meeren, seit man mit Grundnetzen die früher fast unberührten Fischbänke der Nordsee auszupflügen begann. Allerdings ist dies nichts anderes als schwerster Raubbau, und die Gefahr der Vernichtung der nur für Jahrzehnte unerschöpflich scheinenden Fischgründe liegt unmittelbar vor[116]). — Von grosser Bedeutung ist noch immer der Stockfischfang. Stockfisch heisst der getrocknete Dorsch *(Gadus Morrhua)*. Seinetwegen haben skandinavische Ansiedler die Küste Norwegens bis zum Nordkap besetzt und die lappische Urbevölkerung zurückgedrängt; der Stockfischfang führte die deutschen Kaufleute der Hansa nach Bergen. Bedeutsamer noch wurde der Fang dieses Tieres für Nordamerika, wo an den Küsten und Bänken von Neufundland und Neuschottland[117]) sich seit Beginn des 16. Jahrhunderts Fischereiflotten europäischer Länder treffen. Wie der Heringsfang die Schule der holländischen Seeleute geworden ist, so der Stockfischfang für diejenigen Englands,

---

[114]) M. C. Engell, Verbreitung und Häufigkeit der Elefanten (und Löwen) in Afrika. Erg.-Heft 171 zu Pet. Mitt. 1911, mit Karte 1:25000000. — [115]) M. Lindeman, Die Seefischereien, ihre Gebiete, Betrieb und Erträge (1869–1878). Erg.-Heft zu Pet. Geogr. Mitt. Nr. 60, 1880, mit 2 Karten. Bartholomews Atlas of the Worlds Commerce 1907, 106. M. Eckert, Ueber die Produktivität des Meeres. Deutsche Geogr. Blätter XXVIII, 1905, 10—36. — [116]) Fr. Heincke, Die Erforschung der deutschen Meere im Dienste der Seefischerei (Mitt. d. D. Seefischereivereins 1896, Heft 10, 11). — [117]) S. die Karte bei Lindeman, 63, 1:7500000.

ja er hat als nebensächlichen Erfolg die Verdrängung Frankreichs von seinen nordamerikanischen Besitzungen zur Folge gehabt. Gegenwärtig beteiligen sich ausser Engländern (Neufundländern) auch Nordamerikaner und Franzosen am Fange des Stockfisches an den Küsten Neufundlands. Die Ausfuhr geschieht grossenteils nach den katholischen Ländern Amerikas und Südeuropas, wo der getrocknete Fisch wichtige Fastenspeise ist.

Ein geringeres Kapital setzt der Walfischfang und die Robbenschlägerei[118]) in Bewegung, aber für die Verknüpfung der fernsten Küsten mit Europa sind sie von grösserer Bedeutung. Durch sie sind die Europäer in die arktischen Regionen geführt, zuerst die Engländer von Bristol aus. Um das Recht des freien Fanges, den England für sich beanspruchte, sind Kriege mit Holland geführt worden. Für die Entwickelung der nordamerikanischen Handelsmarine ist der Walfischfang, seit 1690 von der Insel Nantucket ($41\,^1/_3{}^0$ N, Taf. 42) aus begonnen, der Ausgangspunkt geworden. Heute nehmen ausser Nordamerikanern nur noch Schotten und Norweger geringen Anteil an diesem Fang. San Franzisco ist jetzt Hauptmittelpunkt der Walfischfänger, da der nördliche Stille Ozean nebst Beringsmeer fast die einzige Region ist, wo die Wale noch in etwas grösserer Menge auftreten. Aber während um 1850 noch 700 Schiffe ausliefen, so heute kaum 50[119]) Der Wert eines Wals kann durchschnittlich an Tran und Barten zu 20000 Mark angenommen werden. Auch die Robbenschlägerei, durch die allein die öden tier- und pflanzenleeren Inseln des südlichen Eismeers dem Gesichtskreis der Europäer näher gebracht werden, ist in starker Abnahme begriffen wegen des sinnlosen Vorgehens der Fänger. — Perlen- und Korallenfischerei sind von geringerem Einfluss auf geographische Entdeckungen gewesen. Wir kommen später auf diese zurück.

---

[118]) Lindeman, a. a. O., 66 ff.; E. Friedrich, Wesen u. geogr. Verbreitung der Raubwirtschaft, Pet. Mitt. 1904, 68—97, 92—95. — [119]) H. Bolau, Die wichtigsten Wale des Stillen Ozeans und ihre Verbreitung. Segelhandbuch des Stillen Ozeans, Hamburg 1897, 401—417.

Buch IV.

Anthropogeographie
oder Erde und Mensch.

§ 297. Literarischer Wegweiser. 1. Wiewohl die Eigenschaft der Erde, den Wohnplatz des Menschen zu bilden, seit den ältesten Zeiten wissenschaftlicher Geographie einen Hauptgegenstand der Forschung gebildet hat (S. 17), hat die Anthropogeographie im Rahmen der allgemeinen Erdkunde bis in die jüngste Zeit eine äusserst geringe Pflege gefunden. Man kann sich kaum grössere Gegensätze der Behandlung der gleichen Aufgabe vorstellen, als sie in den Schlusskapiteln der allgemeinen Erdkunde in unseren grösseren Handbüchern (vergl. S. 7), wie z. B. von J. H. Wappaeus (1855) und H. A. Daniel (1859) unter dem Namen der „Politischen Geographie", von A. v. Klöden (1859) innerhalb der „Physischen Erdkunde" als „Verbreitung der Menschen nach Rassen und Sprachen", und etwa Elisée Reclus in seiner Schrift „La Terre" (S. 41) (1867) gegeben ward. Letzterer fasste die Lehren unter die beiden Kapitel: Einfluss der Natur auf die Entwicklung der Menschheit und die ländergestaltende Arbeit des Menschen zusammen. Bei Wappaeus lag der Schwerpunkt durchaus auf der Seite der reinen Staatenkunde (vergl S 36); Daniel, v. Klöden etc. wurden durch die langjährige Verquickung von Länder- und Völkerkunde beeinflusst, sich auf einige einleitende Kapitel der Völkerkunde zu beschränken. Karl Ritter, der Neubegründer der historischen Richtung der Erdkunde, hat niemals versucht, die Verbreitung der Menschen über die Erdoberfläche in Gesamtübersichten zu schildern [1]). H. Guthe hat in den früheren Auflagen seines Lehrbuchs grundsätzlich die politische und wirtschaftliche Geographie ausgeschlossen.

Es ist das Verdienst Friedrich Ratzels, in neuerer Zeit die ersten Versuche gemacht zu haben, diese offenbaren Lücken der Methodik der Erdkunde systematisch auszufüllen, das Gebiet der Anthropogeographie [2]) gegen Nachbardisziplinen abzugrenzen und im Rahmen der allgemeinen Erdkunde auszugestalten. Seine drei hierhergehörigen Hauptwerke: Anthropogeographie oder Grundzüge

[1]) Karl Ritter hat sich programmatisch nur in den beiden Abhandlungen „Ueber das historische Element in der geogr. Wissenschaft", 1833, und „Ueber geographische Produktenkunde" 1836 (beide abgedruckt in der Sammelschrift „Einleitung zur allg. vergl. Geographie und Abhandlungen etc.", Berlin 1852) über die Aufgaben der allgemeinen Anthropogeographie ausgesprochen. — [2]) Eine kurze Geschichte der Entwickelung der Ansichten über die Aufgaben und Methoden der Anthropogeographie in ihrer beschränkten Bedeutung als die Lehre von dem Einfluss der Naturbedingungen auf den Menschen gibt Ratzel in Anthropogeographie I, 2. Aufl., 1899, 13—40.

der Anwendung der Erdkunde auf die Geschichte“ (Stuttgart 1882, 2. wesentlich umgestaltete Aufl. 1899), „Anthropogeographie“, II. (Die geographische Verbreitung des Menschen, Stuttgart 1891, 2. unveränderter, aber mit ausführlichem Register versehener Abdruck 1912) und „Politische Geographie“ (München 1897, 2. Aufl. 1903) sind nicht Teile eines Systems und sind auch nicht nach einem einheitlichen zuvor bedachten Plane gearbeitet, sondern entstammen der allmählich reifenden Gedankenarbeit dieses hervorragenden Anthropogeographen. Dieselben Probleme werden unter verschiedenem Gesichtspunkt wiederholt abgehandelt. Ist der Inhalt der allgemeinen Anthropogeographie dabei auch nicht erschöpft — die gesamten wirtschaftlichen Fragen in ihrer Abhängigkeit vom Boden werden nicht berührt —, so bieten jene Werke doch eine Fülle von Anregungen. Manche der dabei zur Sprache kommenden Punkte hat J. G. Kohl schon 1841 in seinem Werke „Der Verkehr und die Ansiedelungen der Menschen in ihrer Abhängigkeit von der Gestaltung der Erdoberfläche“ eingehend, wenn auch meist in sehr abstrakter Form, erörtert. In neuerer Zeit haben sich jüngere Kräfte der methodischen Ausgestaltung der allgemeinen Anthropogeographie gewidmet, wie besonders O. Schlüter in „Die Ziele der Geographie des Menschen“ (München 1906) und „Die leitenden Gesichtspunkte in der Anthropogeographie, insbesondere der Lehre Fr. Ratzels“ (Arch. f. Sozialwiss. u. Sozialpolitik 22, 1906, 581—630); E. Friedrich in seinen Berichten über die Fortschritte der Anthropogeographie (Geogr. Jahrbuch XXVI, 1903 u. XXXI, 1908). Vergl. dazu A. Hettner, Die Geographie des Menschen (Geogr. Zeitschr. XIII, 1907, 401—425).

2. Bei dem Reichtum der Gestaltung der menschlichen Genossenschaften, die in verschiedenen Formen nebeneinander auf der Erdoberfläche auftreten, stehen der Anthropogeographie ungleich mehr Nachbardisziplinen zur Seite als den bisher behandelten Zweigen der Erdkunde. Einige derselben haben sich von der Geographie unmittelbar abgezweigt. Verschiedene Hinweise den zu besprechenden Einzelfragen vorbehaltend, verweilen wir bei Folgendem:

Anthropologie. In ihrer heutigen Beschränkung auf den Körperbau der Menschenrassen, Völker und Stämme wird sie übersichtlich behandelt von P. Topinard (L'Anthropologie, V. Aufl., Paris 1897, deutsch von R. Neuhaus, Leipzig 1888, und Éléments d' Anthropologie générale, 1885) und in mehr populärer Form von Joh. Ranke (Der Mensch, Bd. II: Die heutigen und die vorgeschichtlichen Menschenrassen, Leipzig 1888, 3. Aufl. 1912 ohne Quellennachweise). Die wichtige Zeitschrift: „Archiv für Anthropologie“ mit reichen Referaten auch über die ausländische Literatur erscheint seit 1866. J. Deniker sucht in seinem Werke „Les Races et les Peuples de la terre“, Paris 1900, die Völker der Erde zahlreichen grösseren somatologischen Einheiten unterzuordnen. — Die Urgeschichte des Menschen und die Prähistorik findet teils in der anthropologischen, teils in der kulturgeschichtlichen und der soziologischen, teils in der völkerkundlichen Literatur Pflege.

Ethnologie oder Völkerkunde. Weniger eine Geschichte der solange mit der Geographie eng verbundenen Völkerkunde als eine Uebersicht der verschiedenen Auffassungen und Durchführungen von seiten der hauptsächlichsten Ethnologen seit 100 Jahren findet man in der Schrift „Moderne Völkerkunde, deren Entwicklung und Aufgaben“, von Th. Achelis (Stuttgart 1896). — Aus den darstellenden älteren Spezialwerken mit reichem Material seien des Engländers J. C. Prichard Werk, Naturgeschichte des Menschen (deutsch nach der 3. Aufl. von Rud. Wagner, 5 Bde., 1840—1848), ferner Th. Waitz' Anthropologie der Naturvölker (I—IV, 1859—1864; Bd. 5 u. 6 von G. Gerland, 1870—1871; Bd. I, 2. Aufl. von Gerland, 1876) genannt. In neuerer Zeit hat Fr. Ratzel den Versuch einer Zusammenfassung des überreichen Stoffs in anschaulicher Sprache gemacht (Völkerkunde, 3 Bde., Leipzig 1885—1888, mit reichen Illustrationen;

2. stark verkürzte und gänzlich umgearbeitete Aufl. in 2. Bdn., 1894—1895). — Aus der Absicht, eine Umarbeitung der „Darstellung der allg. Verhältnisse und Erscheinungen der Völkerkunde als Propaedeutik der politischen Geographie" von Albr. v. Roon (Grundzüge der Erd-, Völker- und Staatenkunde, Bd. 3, 1855) zu liefern, ging die schön geschriebene und gedankenreiche, knappgefasste „Völkerkunde" von Oskar Peschel hervor (1874; in 5. u. 6. Aufl. herausgeg. von A. Kirchhoff, 1881 u. 1885; seltsamer Weise 1897 in 7. Aufl. nach dem ursprünglichen Text, ohne die klarliegenden Missverständnisse auszumerzen, wieder abgedruckt). Der Schwerpunkt liegt in der allgemeinen Völkerkunde. Umgekehrt suchte der Sprachforscher Friedr. Müller in seiner „Allg. Ethnographie" (Wien 1873, 2. erweiterte Aufl., 1879) eine möglichst scharfe Charakteristik aller einzelnen Völker zu geben. Einen zweckmässigen Leitfaden der allgemeinen Ethnographie bietet H. Schurtz: „Völkerkunde" (Klars' Erdkunde XVI), Lpz. 1903, wogegen die von G. Buschan mit mehreren Fachmännern herausgegebene „Illustrierte Völkerkunde" (Stuttgart 1910) die Einzelvölker länderweise beschreibt, ohne systematische Uebersichten zu geben. Auf ähnlichem Standpunkt steht K. Weule's Leitfaden der Völkerkunde (Lpz. 1912, auch reich illustriert). — G. Gerland verdanken wir einen trefflichen Atlas der Völkerkunde von 15 Karten als Abt. VII von Berghaus' Phys. Atlas, Gotha 1892 (auch Einzelausgabe), in welchem ein ungemein grosses Material ethnographischer Momente zur übersichtlichen Darstellung gebracht ist. — Seit 1876 berichtete G. Gerland eingehend im Geograph. Jahrbuch über die Fortschritte der ethnologischen Forschung; an seine Stelle trat 1905 P. Gaehtgens.

Historisch-politische Geographie. Was uns unter dem Titel eines Handbuchs der alten, mittleren oder neueren (historischen) Geographie geboten wird, gehört inhaltlich durchaus der Topographie bezw. der Länderkunde an und berührt uns hier nicht. Vergleichenden Uebersichten über die räumliche Verteilung der menschlichen Staaten und die Abhängigkeit ihrer Entwicklung von geographischen Faktoren begegnet man in der weltgeschichtlichen Literatur kaum. Gerade hier setzt Ratzel mit seiner oben genannten „Politischen Geographie" ein, indem er die Beziehungen der Staatsterritorien zu den räumlichen Verhältnissen des Bodens (Lage, Grösse, Grenzen, Gestalt, Oberflächenbau) untersucht und hierbei nicht nur die Zustände der Kulturstaaten verschiedener Zeitalter, sondern auch die Gebiete der Halbkultur- oder Naturvölker zum Vergleich heranzieht. Die Helmoltsche Weltgeschichte (9 Bde., Leipzig 1899—1907) bezweckt, diesen Begriff auf alle Völker der Erde auszudehnen und leistet daher auch manchen geographischen Gesichtspunkten Vorschub. Vielleicht lässt sich an dieser Stelle am besten das letzte Werk von Elisée Reclus, L'homme et la terre (3 Bde., Paris, 1905—6) einreihen, das zwar im 1. Bd. mannigfache anthropogeographische Fragen berührt, im übrigen mehr eine historische Geographie darstellt, die allerdings oft die Kritik herausfordert.

Die Siedelungskunde ist ein erst in neuerer Zeit gepflegtes Grenzgebiet zwischen Geschichte, Nationalökonomie (Wirtschaftsgeschichte) und Geographie, das zwar schon tüchtige Einzelstudien, aber keine grösseren zusammenfassenden Werke allgemeiner Siedelungskunde gezeitigt hat (s. o. Ratzel u. Kohl); um so mehr muss daher die Herausgabe von F. v. Richthofens „Vorlesungen über allgemeine Siedlungs- und Verkehrsgeographie" (besorgt von O. Schlüter, Berlin 1908) begrüsst werden.

Staatenkunde. Wie früher dargelegt (S. 7), ist die Beschreibung der Staaten nach den verschiedenen zur Grundmacht (Territorium und Bevölkerung), Kultur (Rohproduktion, Industrie, Handel, geistige Kultur), Verwaltung, ja Verfassung gehörigen Seiten seit Büschings Zeiten zum Bestandteil der Geographie erhoben, wogegen wir aus diesem Wissensgebiet jetzt nur das als zugehörig be-

trachten, wobei eine bestimmte Abhängigkeit vom Boden, ein unmittelbarer Einfluss geographischer Verhältnisse nachgewiesen werden kann, also wesentlich nur Staatsgebiet, Bevölkerungsverteilung, wirtschaftliche Hülfsquellen und was daraus folgt. Der allgemeinen Geographie, die stets die einzelnen Erscheinungen über die gesamte Erdoberfläche zu verfolgen hat, stehen wenige allgemeine Uebersichten der in Frage kommenden Kategorien zur Verfügung. Die Mehrzahl der etwa zu nennenden Werke beschränkt sich auf statistische Angaben aus Kulturstaaten, wie sie durch staatliche Aufnahmen teils jährlich, teils in periodischer Wiederkehr gewonnen werden.

Das Handbuch der vergleichenden Statistik, des Völkerzustandes und der Staatenkunde von G. Fr. Kolb (1856) ist zuletzt 1875 in 7. Aufl. herausgegeben und daher heute veraltet. Der Stoff ist heute für die Bearbeitung durch einen Einzelnen zu umfangreich geworden. Von den internationalen jährlich erscheinenden Staatshandbüchern ist jetzt „The Statesmans Yearbook, Statistical and historical Annual of the States of the World (London, Macmillan, seit 1867) das umfangreichste und gibt die wichtigere statistische Quellenliteratur an. Knapper gefasst, aber zuverlässig sind die statistischen Notizen des „Gothaischen Genealogischen Hofkalenders“ (Almanach de Gotha; er enthält seit 1841 kurz die neuesten statistischen Angaben über Areal, Bevölkerung, Handel, Land- und Seeverkehr). Die wirtschaftliche Seite berücksichtigt mehr das „Annuaire de l'économie politique“ (Paris seit 1843). Für gelegentliche erste Orientierung dienen Hübners Statistische Tabellen in ihrer Ausgabe von Juraschek, seit 1911 von R. v. Schullern. Von hervorragendem Wert, aber selbstverständlich nur auf den Einzelstaat sich erstreckend, sind die von einer Reihe europäischer Staaten und Kolonien, den Ver. Staaten, Japan etc. herausgegebenen „Statistischen Jahrbücher, Statistical Abstracts, Annuaires statistiques“. Umfangreiche, bis auf die neueste Zeit reichende Tabellen für die Mehrzahl der Kulturstaaten (ohne Text) sind aus diesen Jahrbüchern und anderem offiziellen statistischen Material zusammengetragen in R. Calwers Jahrbuch der Weltwirtschaft (Jena I, 1911; II, 1912, 1006 S.), um wohl fortgesetzt zu werden; doch gibt das Werk keine vergleichenden Uebersichten nach sachlichen Gesichtspunkten.

Weltübersichten über Staatsgebiete und deren Bevölkerung boten in kritischer Form und eingehender Weise die 1872 von E. Behm und H. Wagner begründeten, später (1891) mit A. Supan, seitdem allein von letzterem herausgegebenen Ergänzungshefte zu Pet. Mitteil.: „Die Bevölkerung der Erde“, VIII. Ausg., 1891; IX. Ausg. (Ortsbevölkerung), 1893; X. Europa, 1899; XI. Asien und Australien 1901; XII. Afrika und Amerika 1904; XIII. Europa 1909. Grundlegend für manche hierher gehörige Fragen ist die „Allgemeine Bevölkerungsstatistik“ von J. E. Wappaeus, Leipzig I, 1859, II, 1861; vergl. auch Frhr. v. Fircks, Bevölkerungslehre und Bevölkerungspolitik, Leipzig 1898. Vieles wird in der Länderkunde nachzutragen sein.

Eine allgemeine Wirtschaftsgeographie auf wissenschaftlicher Grundlage besitzen wir noch nicht. Die Franzosen haben diese Disziplin im allgemeinen seit länger mehr als wir gepflegt. Ein Gesamtbild suchte der Précis de géographie économique von M. Dubois und J. G. Kergomard (Paris, Masson 1897, 3. Aufl., 1909) zu geben, wobei etwas mehr auf die neuesten Zustände hätte eingegangen werden müssen. Es handelt sich wesentlich um spezielle Wirtschaftsgeographie der Einzelländer. In England ist das „Handbook of Commercial Geography“ von G. G. Chisholm (London 1889; 7. Aufl. 1908) weit verbreitet. Es zeichnet sich durch eine einheitliche Behandlung des Stoffes und Hervorhebung der geographischen Bedingungen von Produktion und Verkehr aus. Versuche von deutscher Seite, den Stoff zu gestalten, machten neuderdings E. Friedrich (Allg. u. spez. Wirt-

schaftsgeogr., Leipzig 1904, 2. erweiterte Aufl. 1907); und M. Eckert (Grundriss der Handelsgeogr., I. Allg. Wirtschafts- und Verkehrsgeographie, Leipzig 1905). Weit umfangreicher ist die völlige Neubearbeitung von K. Andrees geschätzter Geographie des Welthandels, die mit Fachgenossen von F. Heiderich und R. Sieger unternommen ist (Frankf. a. M., I. 1910; II. 1912; der III. Bd. soll allgemeineren Inhalts werden). Methodisch durchgeführter ist E. Friedrichs Geographie des Welthandels und Weltverkehrs. Jena 1911. Mit lehrreichen Karten.

Unter den historischen Werken über den Welthandel sei besonders auf Ad. Beers Allg. Geschichte des Welthandels, Wien, I. II. III[1]., 1860—1864, III[2], 1884) und Bd. I von K. Andrees Geographie des Welthandels mit geschichtl. Erläuterungen, Stuttgart 1867, verwiesen. Die umfangreiche historisch-geographische Untersuchung von W. Götz, „Die Verkehrswege im Dienste des Welthandels" (Stuttgart 1888) geht über Altertum und Mittelalter kaum hinaus, das 19. Jahrhundert ist auf wenigen Seiten abgehandelt. Die Arbeiten K. v. Scherzers, die hierher gehören, besonders „Das wirtschaftliche Leben der Völker", ein Handbuch über Produktion und Konsum, 1885, Nachtr. 1891, sind S. 720 erwähnt.

„Uebersichten der Weltwirtschaft" hat F. X. von Neumann-Spallart zuerst im Geogr. Jahrbuch (III—VI, 1870—1876), dann als eigenes Buch, Stuttgart I—V. 1878—1884 veröffentlicht; diese äusserst nützliche Arbeit ist von Fr. v. Juraschek fortgesetzt, VI. 1896; VII, 1904 leider unvollendet; in kürzerer Form in Scobels Geogr. Handbuch zu Andrees Handatlas 1895 u. 1899. In der 5. Aufl. desselben (II. 1910) ist Welt-Produktion, -Handel und -Verkehr von E. Friedrich und M. Geistbeck bearbeitet. Bei der ungeheuren Entwicklung der Weltwirtschaft veralten die in solchen Werken niedergelegten Daten ungemein rasch. Daher muss zu Jahrbüchern gegriffen werden. Das Statist. Jahrbuch f. d. Deutsche Reich bringt seit 1903 wertvolle, sich jährlich erweiternde „Internationale Uebersichten". Von 1906—8 ward von E. v. Halle mit vielen Mitarbeitern u. d. T. „Die Weltwirtschaft" ein Jahr- und Lesebuch mit vergleichenden Uebersichten herausgegeben, ist aber nach dessen Tod nicht fortgesetzt. Schmerzlich wird ein grosser Atlas der Produktionsgebiete mit genauerer Angabe der Fundstätten oder Produktionsflächen vermisst. Nützliche Dienste leisten an Stelle eines solchen P. Langhans' Handelsatlas, Gotha 1902, Scobels Handelsatlas zur Verkehrs- und Wirtschaftsgeographie (40 Kartenseiten, Leipzig 1902), und besonders Bartholomews Atlas of the Worlds Commerce, London 1907 (176 Karten mit Text). Für die Schiffahrtskurse wertvoll ist Hermann Berghaus, Chart of the World, Gotha 1864, 13. Aufl. 1907, Aequatorial-Massstab 1:28 000 000, und G. Philips Mercantile Marine Atlas, London 1904.

I. Das Menschengeschlecht.

§ 298. Alter des Menschengeschlechts. Historische Ueberlieferungen, wie sie uns von einigen orientalischen Völkern in Denkmälern und deren Aufschriften erhalten sind, beweisen, dass mehrere derselben wie die Bewohner des unteren Niltales oder von Mesopotamien bereits im 4., selbst im 5. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung eine hohe Kultur besessen haben. Ebenso ist dieselbe in Nordchina von sehr hohem Alter. Viele Jahrtausende müssen also vorhergegangen sein, um die Bewohner dieser Gebiete auf solche Höhe der Entwicklung zu bringen. Ueber die Urgeschichte des Menschen erfahren wir aus dieser Quelle nichts.

Ein anderer Zweig der Erkenntnis knüpft an die menschlichen Knochen, Werkzeuge und Wirtschaftsreste an [1]), welche sich teils in Gräbern, teils unter natürlichen Anschwemmungen des Bodens erhalten haben. Es sind deren im Laufe der letzten Jahrzehnte immer zahlreichere Fundstätten aufgedeckt. Von den unzweifelhaft jüngsten derselben, den Gräberfunden mit erhaltenen Skeletteilen und Kunsterzeugnissen, die meist schon die Benutzung des Metalls bekunden, sehen wir hier ganz ab. Aber auch die Mehrzahl der besonders in Mitteleuropa gemachten übrigen Entdeckungen beweisen, dass wir es mit Menschen nicht ohne Kulturbesitz zu tun haben. Dafür spricht das Vorhandensein von Knochen unserer wichtigsten Haustiere, des Rindes, Schafes, der Ziege, des Hausschweines und des Hundes, von sichtlich zu Waffen und Werkzeugen bearbeiteten Steinen oder durchbohrten Tierknochen, sowie deutlichen Bauresten (Pfahlbauten). Nichts deutet an, dass wir die Perioden, aus denen diese Ueberbleibsel stammen, höher als ins zweite oder dritte Jahrtausend v. Chr. hinaufzurücken hätten. Mit anderen Worten: auch die Menschen der jüngeren Steinzeit (neolithische Zeit), wie man die ältesten Glieder dieser Epochen nennt, haben die gleichen Landumrisse, den gleichen Oberflächenbau, die gleiche Fauna und Flora und das Klima vorgefunden, wie wir sie im grossen Ganzen noch heute beobachten.

Indessen fehlt es heute nicht an deutlichen Spuren, dass in Mitteleuropa Menschen bereits Zeugen der Eiszeit gewesen sind. Damit verlängert sich die Geschichte der Menschheit beträchtlich und rückt ihren Anfang zum mindesten in die Diluvialzeit hinauf.

---

[1]) Joh. Ranke, Der Mensch, Leipzig, 3. Aufl., II, 1912, 344—639; M. Hörnes, Natur- und Urgeschichte des Menschen, Wien und Leipzig, 2 Bde., 1909.

Reste menschlicher Knochen kennt man allerdings aus diesen Ablagerungen kaum, sondern vermag auf die Anwesenheit der Menschen wesentlich nur aus Steinen und Knochen zu schliessen, die in irgend einer Weise eine künstliche, nur von Menschenhand herzustellende Bearbeitung anzeigen. Diese sog. ältere Steinzeit (palaeolithische Zeit) scheidet sich von der jüngeren nicht nur durch die viel rohere Art der Bearbeitung von Steinen, sondern vor allem durch das Fehlen aller Haustiere, besonders auch des Hundes. Verkohlte Knochen zeigen jedoch überall bereits den Besitz des Feuers an. Im übrigen bauen sich die Altersbestimmungen hauptsächlich auf der an den gleichen Stellen gefundenen Fauna auf. Ungleich beweiskräftiger als die Höhlen, in welche die verschiedensten Zeitalter Knochenreste zusammen geschwemmt und durcheinander gewürfelt haben können, sind alle Einschlüsse in ruhig gebildeten Sedimenten, wie sie zumeist den Süsswasserablagerungen ehemaliger Seen entstammen.

Greifen wir aus den etwa 60 Fundstätten Süd- und Mitteldeutschlands zwischen March und Maas [2]) diejenige von Schussenried, nördlich vom Bodensee, heraus, so ruhen die Reste hier auf den Moränen der jüngsten Vereisung in der Umgebung einer Tierwelt, die durch Rentier, Fjällfras, Elch, Eisfuchs, Singschwan und Schneegans ebenso auf ein eiszeitliches Klima hinweist, wie die nordischen Moose davon zeugen. Im Gegensatz dazu sind die Steinwerkzeuge und bearbeiteten Tierknochen bei Weimar (Taubach) an der Ilm zwar gleichfalls auf den Ablagerungen der ersten Eiszeit im Süsswasserkalk gebettet, aber in Begleitung nur von solchen Tieren, die, abgesehen von den ausgestorbenen Formen wie Elefant und Rhinoceros, Höhlenbär etc., den heute bei uns lebenden gleichen. Das spricht für die Anwesenheit von menschlichen Ansiedlern während einer Interglazialzeit mit milderem Klima.

Wie in Mitteleuropa, in Frankreich, dem südlichen England, so sind ähnliche Menschenspuren (Feuersteinwerkzeuge) im geschichteten Diluvium auch innerhalb Spaniens, Italiens, Griechenlands, Russlands, Nordafrikas, und selbst Indiens gefunden [3]). Dazu gesellen sich neuerdings die reichen Funde in den Schotterterrassen Unterägyptens [4]). Dasselbe gilt von Nordamerika. Besonderes Aufsehen erregten die gleichen Entdeckungen im Diluvium der Pampas von Südamerika, begleitet von vielen Skeletten. Es geht, wenn sich die Altersbestimmungen bestätigen, daraus die wichtige Tatsache hervor, dass das Menschengeschlecht bereits in der Diluvialzeit eine sehr weite von Südamerika bis Mittelasien reichende Verbreitung gehabt haben muss. Dagegen ist man einer voreiszeitlichen Spur des Menschen nirgends auf dem weiten Gebiet, das einst hoch vergletschert gewesen ist, begegnet. Alle oben genannten Funde gehören entweder dem gletscherlosen oder dem Randgebiet an.

---

[2]) A. Penck, Mensch u. Eiszeit (Arch. f. Anthrop. XV, 1884); die Karte III der Fundstätten des palaeolith. Menschen ist in Rankes Werk (II, 3. Aufl. 1912, 374) bis auf die Neuzeit ergänzt, 1 : 6 600 000. — [3]) K. Zittel, Palaeontologie, IV, 1893, 717. — [4]) G. Schweinfurth in Verh. d. Berl. Anthropol. Ges. 1902, 293 ff.; M. Blanckenhorn in Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1902, 753 ff.

Wohl aber scheint Dänemark und das südliche Schweden bereits in einer Zeit bewohnt gewesen zu sein, in welcher das Klima noch wesentlich rauher war als jetzt. Es handelt sich um Reste in Mooren, die sich aus Fichtenwaldungen gebildet haben, während heute fast überall die anspruchsvollere Buche die Küsten einnimmt. Die Spuren zeigen sich in den 1—3 m hohen, bis 300 m langen Bänken von Küchenabfällen (Kjökkenmöddinger), die man nur an den dänischen Ostseeküsten gefunden hat. Haben am Aussenrande längs der Nordsee solche bestanden, so sind sie längst durch den Wogendrang an diesen veränderlichen Küsten fortgewaschen. Aus Tausenden von Schalen von Seemuscheln und Knochen aller Art bestehend, lassen sie auf eine Fischer- und Jägerbevölkerung schliessen, die dem heutigen Feuerländer gleichend ohne Ackerbau und Viehzucht lebte. Alle Haustiere bis auf den Hund fehlen. In gleicher Weise finden sich übrigens deutlich geschichtete Anhäufungen von Muscheln und Knochenresten von Tieren und Menschen sowie Steinwerkzeugen an den Küsten Südbrasiliens wo sie den Namen Sambaquis (Sambakis) führen, in Kalifornien etc.

Weit höher rückt natürlich das Alter des Menschengeschlechts hinauf, wenn sich die Funde weiter bestätigen sollten, die künstlich behauene Feuersteine in tertiärer Lagerstätte (tertiäre Eolithen) nachweisen [5]).

Solche glaubt man mehrfach in Frankreich, besonders bei Aurillac im Cantal in Schichten gefunden zu haben, die dem Miocän (Hipparionschichten) angehören sollen [6]).

§ 299. Die Grenzen der Oekumene [7]). Das griechische Altertum glaubte die Menschheit auf den Erdraum beschränkt, der sich längs der Achse des Mittelmeers in ziemlicher Breite weit nach Asien zog. Es sprach von der bewohnten Weltinsel, der Oekumene (S. 271). Doch ward auch bereits über die Frage gestritten, ob nicht ausserhalb dieser Oekumene die anderen Viertel der Erdkugel etwa auch innerhalb der gemässigten Klimata Bewohner haben könnten. Man unterschied im Kreise dieser kosmologischen Anschauungen [8]) noch die Gegenwohner oder Antoeken auf gleichen Meridianen, jedoch in südlicher Breite, die Umwohner oder Perioeken auf der anderen Halbkugel, jedoch in gleicher Breite, und die Gegenfüssler oder Antipoden in den Gebieten entgegengesetzter Länge und Breite.

In der Tat haben sich solche nur vermuteten Weltinseln nachmals als wirklich vorhanden und auch bewohnt gezeigt, und die obige Betrachtung beweist, dass allem Anschein nach schon die Zeitgenossen der Eiszeit von Antipoden hätten sprechen können. Nach Verschwinden dieser Eisdecke ist die von Menschen bewohnte Landfläche allmählich um ein Beträchtliches gewachsen. Es haben Einwanderer begonnen, die ehemals vergletscherten Gebiete (die man auf mehr als 27 Mill. qkm annehmen kann) [9]) zu besiedeln; von einer früheren Anwesenheit von Menschen in Skandinavien hat man, wie angedeutet, nichts entdecken

[5]) A. Rutot, Le Préhistorique dans l'Europe centrale. Namur 1904. — [6]) M. Verworn, Die archaeolithische Kultur in den Hipparionschichten von Aurillac. (Abhandl. k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Math.-phys. Kl. IV, Nr. 4, 1905). H. Klaatsch, Die Aurillac-Rasse und ihre Stellung im Stammbaum des Menschen (Zeitschr. f. Ethnol. 1910). — [7]) Ratzel, Anthropogeogr., II, 1891, 3—144. — [8]) H. Berger, Gesch. d. wiss. Geogr. d. Griechen, II, 1889, 135 ff., 2. Aufl. 1903, 311. — [9]) Penck, a. a. O., s. Anm. 2.

können. Erst mussten sich alle jene Flächen wieder mit Vegetation bedecken, die der einwandernden Tierwelt Nahrung bot. Es müssen demnach ungeheure Zeiträume verstrichen sein, ehe die Besiedelung durch Menschen möglich war.

Sehr allmählich wird sich die Polargrenze des menschlichen Wohngebietes nach Norden verschoben haben. Den Nordrand der Kontinente scheinen die Menschen erst im letzten Jahrtausend erreicht zu haben. Für die Erkenntnis aller dieser Verhältnisse ist das Zeitalter der Entdeckungen das bedeutungsvollste. Hier beginnt gleichsam die historische Periode unseres Wissens von den Grenzen der Oekumene.

Im grossen und ganzen waren zum Beginn dieser Periode, also um das Jahr 1500, die Landflächen der Erde, vielleicht mit Ausnahme der polaren Inseln, von den Menschen eingenommen. Doch zeigten sich innerhalb der 132 Mill. qkm, die wir diesen zuweisen müssen, noch vielfache Lücken. Abgesehen von der fortschreitenden Verdichtung innerhalb der bereits zum Wohnsitz erkorenen Länder gehört die Besiedelung der meisten Gebirge in den höheren Stufen der neuen Zeit an. Nicht unbeträchtlich ist die Zahl der von den Europäern unbewohnt gefundenen Inseln.

Im Atlantischen Ozean ist dies mit sämtlichen Inseln, ausgenommen die Kanarien, der Fall gewesen. Am frühesten wurden die nordischen Inseln, die Färöer (6. Jahrh.) und Island (8. Jahrh.) in die Oekumene einbezogen. Es folgten Madeira und die Azoren bald nach ihrer Entdeckung im 14. Jahrh. Die Kapverden erhielten ihre ersten Bewohner auch Ende des 15. Jahrh., die Bermudas Inseln i. J. 1611 etc. — Im Indischen Ozean waren die Gruppe der Maskarenen östl. von Madagaskar, ferner die Seychellen und Tschagos Inseln unbewohnt, als die Europäer jene Meere erreichten, und im Grossen Ozean gehören die im Westen Amerikas gelegenen ozeanischen Inseln, darunter die Galápagos, hierher. Der Wanderzug, welcher die polynesische Bevölkerung über die Inselwolke Ozeaniens von Westen her ausgebreitet hat, hatte, als die Europäer im 18. Jahrh. dort eintrafen, bereits in den äussersten Punkten — Neu-Seeland, Osterinsel und Hawaii — sein Ende erreicht, wenn auch manche Einzelinsel dabei keine oder nur vorübergehende Bevölkerung empfangen hatte.

Der Zuwachs an bewohnter Landfläche ist durch die Besetzung der Mehrzahl früher unbewohnter Inseln jedoch nur unbedeutend — selbst mit Einschluss von Island (103 000 qkm) wenig über 111 000 qkm — vergrössert. Aber indem die Schiffahrt sich hinauswagte und die breitesten Meere quer durchschnitt, hat sie — und das ist die eigentliche Errungenschaft — die vormals in vier oder fünf Spitzen nach Süden auslaufende Oekumene[10]) zu einer breiten vom 70.° N zum 50.° S reichenden geschlossenen Zone ausgestaltet. Das Areal derselben hat sich mehr als verdreifacht[11]). Sie hat der Landfläche allerdings einen Wohn- und Spielraum für den Verkehr des Menschen hinzugefügt, der als Wasserfläche für immer zu den dünn bevölkerten Teilen der Erdoberfläche gehören wird (§ 363), aber den

[10]) S. die Karte zu Ratzel, Anthropogeogr. II, mit der Menschengrenze um 1500. — [11]) Die Fläche der Erde zwischen den Parallelen 50° S und 70° N beträgt ca. 430 Mill. qkm.

Vorteil leichter Verbindung fernliegender Küsten vor dem Festland voraus hat.

Die antarktische Grenze heutiger menschlicher Wohnsitze endigt auf den Küsteninseln, welche die Südspitzen Amerikas, Neuseelands, Tasmaniens begleiten, und zieht längs des 40° S — die kleinen Inselchen St. Paul und Neu-Amsterdam sind nur vorübergehend bewohnt gewesen — zum Kap der guten Hoffnung. — In der Arktis[12]) schliesst sie vom Festland Asien wohl nur den nördlichsten Vorsprung der Taimyrhalbinsel aus. Sie zieht durch die Waigatsch-Strasse im S von Nowaja Semlja am europäischen Nordkap vorüber nach Grönland (66° N). Eskimo-Niederlassungen umsäumen die Küsten der Davis Strasse und Baffin Bai. Von dem Arktischen Archipel im Norden Amerikas werden heute nur die Südküsten bewohnt. Hier im Norden ist die Menschengrenze, soweit sie polare Völker betrifft, im Rückschreiten begriffen. Der arktische Archipel, der Smith Sund, die Ostküste Grönlands und die Sibirischen Inseln zeigen Spuren früherer Besuche der Anwohner.

Indessen auch jenseits der oben beschriebenen Grenzen gibt es noch suboekumenische Gebiete. Die Walfischfänger und Seehundjäger sind im Norden des Atlantischen Ozeans und rings um den antarktischen Polarkreis weit in diese eingedrungen und nützen die Meereserträgnisse für Europäer und Amerikaner aus. Inselgruppen wie Spitzbergen und Franz Joseph Land werden neuerdings von Sportsleuten ähnlich den Hochgebirgen in den Bereich regelmässigen Besuches gezogen. So fehlt nicht viel, dass am Beginn des 20. Jahrhunderts die bekannte Erdoberfläche (493 Mill. qkm S. 274) mit der Oekumene zusammenfällt; man mag sie zu 450 Mill. qkm annehmen.

§ 300. Die Zahl der Menschen[13]). Erst seit $2^1/_2$ Jahrhunderten hat man den Versuch gemacht, die Zahl der Menschen zu schätzen[14]). Es konnte sich damals nur um ganz vage Vermutungen handeln, denn kaum ein näher bekannter europäischer Landstrich, kein Staat bot durch das Ergebnis einer Volkszählung eine geeignete Handhabe zum Vergleich. Wir überspringen die um 1650 beginnende und bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts reichende Periode, in der 1000 Mill. Seelen für eine annehmbare Zahl gehalten wurden. Asien galt vermöge der dichten Bevölkerung Chinas für den weitaus bevölkertsten Erdteil. Dann folgte ein Rückschlag der Meinungen, hervorgerufen durch die Ergebnisse der ersten Volkszählung in den Vereinigten Staaten (1790) und das Eindringen der Forscher in das dünn bevölkerte Nordafrika. Um 1810 nahm man 700 Mill. als wahrscheinliche Gesamtbevölkerung der Erde an. Auf Grund späterer Kenntnisse muss dies als eine beträchtliche Unterschätzung angesehen werden; wahrscheinlich hat die Bevölkerung der Erde zu Anfang des 19. Jahrhunderts schon 1000 Mill. betragen.

Im Laufe dieses letzteren hat sich dieselbe in den meisten Staaten der Erde infolge langer Friedensjahre, mehr noch infolge der Ent-

[12]) K. Hassert, Nordpolargrenze der bewohnten und bewohnbaren Erde. Diss. Leipzig 1891. Ausz. in Pet. Mitt. 1891, 141, mit Karte. — [13]) F. Ratzel, Anthropogeogr., II, 1891, 145—179. — [14]) Vergl. über die älteren Versuche der Schätzung H. Wagner in Bevölkerung der Erde, II, Gotha 1874, 3—8.

wicklung reicher Hülfsquellen in einem nie zuvor gesehenen Grade vermehrt und übersteigt jetzt gewiss die Zahl von 1600 Mill. Seelen nicht unbeträchtlich.

Die Aufgabe, die Gesamtzahl der Menschen zu bestimmen, setzt sich aus zwei wesentlich verschiedenen Teilen zusammen. Auf der einen Seite handelt es sich um kritische Zusammenstellung der Ergebnisse von eigentlichen Volkszählungen innerhalb der hoch- und halbkultivierten Staaten der Erde, auf der anderen um Wahrscheinlichkeitsberechnungen und Schätzungen innerhalb nicht gezählter Gebiete. Das letztere ist die eigentlich geographische Aufgabe.

1. Genauere Aufnahmen der Bevölkerung [15]) haben am frühesten in Schweden — wenn wir von ganzen Staatsgebieten sprechen —, begonnen (1749). Seit 1790 folgten die Vereinigten Staaten, allmählich in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts die meisten europäischen Staaten. Russlands erste und einzige wirkliche Volkszählung hat sogar erst im Jahre 1897 stattgefunden. Die Einrichtung ist inzwischen auch auf viele Kolonialgebiete übertragen. Die grossartigsten Leistungen stellen in dieser Hinsicht die bereits fünfmal durchgeführten Volkszählungen in Britisch Indien dar, deren erste (1869—1872) rund 60 Mill. Bewohner mehr daselbst erkennen liess, als man vorher vermutet hatte. Auch Japan hat heute regelmässige Volksaufnahmen. Natürlich ist das Ergebnis in den einzelnen Ländern je nach der Leistung der gesamten Verwaltungsmaschine ein mehr oder minder sicheres [16]). Immerhin muss es als ein gewaltiger, im Laufe dieses Jahrhunderts erreichter Fortschritt angesehen werden, dass jetzt rund 65 Prozent der Gesamtbevölkerung der Erde auf Grund von Volkszählungsergebnissen eingestellt werden können [17]). Diese letzteren erstrecken sich auf etwa die Hälfte der bewohnten Landfläche, wenn man, was richtiger erscheint, die weiten Gebiete im nordamerikanischen Waldgebiet, im Innern Brasiliens und Australiens, die nur von einzelnen Horden durchschwärmt sind, in Abrechnung von den Staatsgebieten bringt.

Ausser letzteren entbehrt noch die Hälfte Asiens und $^9/_{10}$ von Afrika der genaueren Zählungen. Hiervon fällt das dichtbevölkerte China mit seinen 350 bis 400 Mill. Seelen am meisten ins Gewicht. Hier haben allerdings wohl am frühesten staatliche Erhebungen über die Bewohnerzahl stattgefunden. Aber die Ergebnisse sind uns offenbar in ziemlich verderbtem Zustande überkommen [18]). Sie bilden die Grundlage von Wahrscheinlichkeitsberechnungen, die freilich noch immer um rund 100 Mill. (320—420) voneinander abweichen (S. 763).

2. Eines der Mittel, die Bevölkerung eines Landes zu schätzen [19]), bilden partielle Erhebungen einzelner Bevölkerungsklassen wie in der Türkei die der wehrhaften männlichen Bevölkerung oder der Zahl der Steuerzahler. Wo letztere annähernd den Familienhäuptern entsprechen, kann man bei Kenntnis der mittleren Zahl von Gliedern eines Hauses oder einer Familie zur Gesamtzahl kommen. Die Versuche scheitern in Ländern mit grosser Sklavenzahl. Die Unkenntnis über das Verhältnis der letzteren zu den freien Bürgern macht die Schätzungen der Bevölkerung im klassischen Altertum so ausserordentlich

---

[15]) J. E. Wappaeus, Bevölkerungsstatistik, 1859, I, 17 ff. — [16]) Ueber die Technik der Volkszählungen s. d. Berichte im Geogr. Jahrb. I — VII u. Bevölk. d. Erde, VI — VII, 1880 — 1882; vergl. auch A. v. Fircks, Bevölkerungs-Lehre u. -Politik, Leipzig 1898, 20 — 31. — [17]) Bevölk. d. Erde, VIII, 1891, Vorwort. — [18]) H. Wagner in Bevölk. d. Erde, II, 1874, 7 u. VIII, 1891, 100—105; A. Supan, das. XI, 1901, 44 ff. — [19]) Ratzel, Anthropogeographie, II, 1891, 160 ff.

schwierig[20]). Noch unsicherer, aber nicht abzuweisen sind Abschätzungen auf Grund von Produktion und Verbrauch von Nahrungsmitteln in einem Lande. — Dem einzelnen Reisenden stehen, abgesehen von aller Art der Erkundigungen, nur zwei Wege unmittelbarer Aufnahme zur Verfügung, die Zählung der Wohnungen (Häuser, Hütten, Zelte) der durchzogenen Ortschaften, Lagerplätze etc. und in dicht bevölkerten Gebieten die Zählung der überschaubaren Wohnplätze (Weiler, Dörfer etc.). Für beide gilt es eine mittlere Bewohnerzahl festzustellen. Das ist bei Wohnungen, die je eine Familie beherbergen, leichter als bei den grossen Familienhäusern mancher Südseeinsulaner und ganzen Dörfern.

3. Bevölkerungsdichte. Es ist Sache des geographischen Forschers, die uns auf solchem Wege übermittelten Grundzahlen auf bestimmte Flächen zu übertragen und daraus relative Angaben zu berechnen. Unter der relativen Bevölkerung oder der Dichte der Bevölkerung versteht man den Quotienten aus Bevölkerungsziffer und zugehöriger Arealzahl (Näheres in § 360). Es ist das Mittel der Bewohnerzahl übertragen auf die Flächeneinheit, d. h. das Quadratkilometer. Da das Königreich Sachsen i. J. 1910 rund $4{,}_{8}$ Mill. Einwohner zählte auf einem Staatsgebiet von 15000 qkm, betrug die Volksdichte 320 Einwohner auf 1 qkm. Mittelst des Vergleichs bestimmt man die Bevölkerungszahl grösserer benachbarter Gebiete, deren Flächengrösse sich bei Bekanntschaft fester Grenzen oder bei Annahme solcher durch Kartenmessungen (§ 114) berechnen lässt. Das Ergebnis solcher Schätzungen wird der Wahrheit um so näher kommen, in je kleinere Teile ein Gebiet für die Berechnung zerlegt wird und je sorgfältiger man durch die vergleichende Methode die Wahrscheinlichkeit des Einzelergebnisses prüft.

So haben erst die Ergebnisse der indischen Volkszählungen einzelne hohe Dichtigkeitszahlen chinesischer Bezirke wahrscheinlich gemacht, aber umgekehrt auch gezeigt, dass sie zum Teil stark übertrieben waren. Die Provinz Schantung (145000 qkm) sollte nach chinesischen Quellen 37 Mill. Einw. haben, also im Mittel ca. 255 auf 1 qkm. Das ist für eine so grosse Fläche zum Teil sehr gebirgigen Bodens eine sicher zu grosse Durchschnittszahl angesichts des Umstandes, dass das fast ausschliesslich aus Schwemmland bestehende Niederbengalen (ohne die Bergdistrikte 173000 qkm) im Mittel 1891 nur 215 Einw., 1901 etwa 235 auf 1 qkm besass[21]).

Bei der heutigen ausserordentlich raschen Zunahme der Bevölkerung in vielen Staaten der Erde ist es irreführend, bei Einzelvergleichen die Zählungsergebnisse der einzelnen Länder aus ganz verschiedenen Jahren einander gegenüberzustellen und überhaupt zu sagen, dies oder jenes Land habe so viel Einwohner, ohne die Jahreszahl beizufügen. Bei Zusammenstellungen für Erdteile oder die gesamte Erde gleicht sich dies angesichts der Unsicherheit vieler Schätzungen einigermassen aus. Mit einiger Wahrscheinlichkeit lässt sich jedoch für eine kurze Reihe von Jahren die künftige Volkszahl voraus berechnen. Es muss dies aber mit grosser Vorsicht für jedes einzelne Land nach der wahrscheinlichen Zuwachsrate geschehen. Hierbei spielt die sog. Bewegung der Bevölkerung eine Rolle. Man versteht darunter die Veränderung des Bevölkerungsstandes eines Landes einmal durch den etwaigen Ueberschuss der Geburten über die Todesfälle (im Deutschen Reiche jährlich 8—900000 Seelen), dann durch den etwaigen Ueberschuss der Einwanderung über die Auswanderung oder umgekehrt.

Auf Grund derartiger Einzelberechnungen, die für einen sehr grossen Teil der Erdoberfläche für den Anfang des 20. Jahrhunderts deshalb in

[20]) J. Beloch, Die Bevölkerung der griech.-röm. Welt, Leipzig 1886. — [21]) H. Wagner in Bevölkerung d. Erde, VIII, 1891, 104. Durch die sog. 2. allg. Volkszählung in China (vergl. Anm. 23) scheinen obige Bedenken bestätigt zu sein. Sie gibt in allen Varianten für Schantung nur 26—27 Mill. Einw. oder 180—185 auf 1 qkm.

engere Grenzen eingeschlossen werden konnten, weil die Jahre 1900, 1901 und 1910/11 für viele Staaten Volkszählungsjahre waren, wird man die Gesamtheit der um das Jahr 1910 lebenden Menschheit auf mindestens 1665 Millionen rechnen dürfen [22]), wobei für China (360 Mill.) und Afrika (135 Mill.) absichtlich die geringern Schätzungen eingestellt sind. Davon entfallen — wohl verstanden für Ende 1910 berechnet — auf:

	Millionen
Asien	rund 893
Europa	„ 449
Amerika	„ 181
Afrika	„ 135
Australien und Ozeanien	„ 7

Wenn die mittlere jährliche Zunahme [23]) der Bevölkerung der Erde während der letzten Jahrzehnte $0,_{66}$ oder rund $^2/_3$ Prozent erreicht zu haben scheint, so ist doch nicht anzunehmen, dass das Wachstum auf die Dauer in gleicher Weise anhält, weil eine ähnliche weitere Entwicklung von Hülfsquellen für die menschliche Existenz, wie sie sich im Laufe des letzten Dritteils des 19. Jahrhunderts eröffnet haben, für weitere Menschenalter unwahrscheinlich ist, mag sie auch zunächst noch nicht zum Stillstand kommen. Die Geburtenziffer beginnt bereits in fast allen Staaten abzunehmen.

---

[22]) Den Ausgangspunkt dieser neuen Berechnung für 1910 bildeten in voriger Auflage 1908 die Schätzungen und Zählungsergebnisse, welche in der „Bevölkerung der Erde“ VIII, 1891, X, 1899 (Europa), XI, 1901 (Asien), XII, 1904 (Afrika u. Amerika), Gothaer Hofkalender 1908 u. The Statesman's Year-Book 1908, mitgeteilt waren. Der grösste Teil der damaligen Vorausberechnungen eines wahrscheinlichen Bevölkerungsstandes am Ende 1910 ist durch die inzwischen erfolgten neuen Volkszählungen bestätigt worden. Zweifelhaft bleibt im Bereich der europäischen Staaten vor allem, ob die gewaltige Volksvermehrung im Russischen Reiche tatsächlich stattgefunden hat, welche sich seit der einzigen wirklichen Volkszählung vom Februar 1897 nach den jährlich veröffentlichten offiziellen Berechnungen ergeben haben müsste. Danach soll die Gesamtbevölkerung des Reiches ohne Finland i. J. 1897 insgesamt $125,_6$ Mill. Seelen (Europ. Russland mit Polen $102,_8$ Mill.), dagegen am 1. Jan. 1910 $160,_7$ Mill. (Europ. Russland mit Polen $130,_8$ Mill.) betragen haben. (Comité central de Statistique. Annuaire de la Russie. 1910. VII^e année, St. Petersbourg 1911 (in russ. Sprache). Seit 1905 sind die Angaben über die Bewegung der Bevölkernng im Russ. Reiche nicht veröffentlicht. Für Weiteres vergl. S. 846, Anm. 158). — Gegenüber der früheren Annahme von 175 Mill. Einw. für Afrika (Lehrbuch 1900 und 1903) ist 1908 und jetzt den wesentlich niedrigern Schätzungen Rechnung getragen, welche sich auf die allerdings noch sehr unsichern Aufnahmen in einzelnen Kolonialgebieten stützen. — Ganz unsicher ist noch immer die Kenntnis der Bevölkerung Chinas. Zwar wird neuerdings von einer sog. 2. allgemeinen Volkszählung nach Familien v. J. 1910 gesprochen, deren Ergebnisse im Thronbericht des Ministeriums der Inneren Verwaltung v. 27. Febr. 1911 veröffentlicht sind (Pet. Mitt. 1911, II, 255 ff.; Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1912, S. 534), doch sind die Angaben noch sehr widerspruchsvoll, geben aber sämtlich der Gesamtbevölkerung eine Zahl von unter 350 Mill. Wer also 426 Mill. Bew. für China annimmt, müsste hiernach die Bevölkerung der Erde zu weit mehr als 1700 Mill. schätzen. — [23]) Die mittlere jährliche Zunahme x einer Bevölkerung, die von der Summe a auf die Summe b in n Jahren steigt, ist nicht gleich dem Jahresmittel aus der Zunahme $(= (b - a) : n)$, sondern berechnet sich nach den Regeln der Zinseszinsrechnung wie folgt:

$$\log\left(\frac{100 + x}{100}\right) = \frac{\log b - \log a}{n}.$$

II. Natürliche Gliederung des Menschengeschlechts.

§ 301. Einheit des Menschengeschlechts. Grosse Gegensätze treten uns im Bereiche der Menschenwelt noch heute entgegen: nach körperlichem Bau Schwankungen in der Höhe des Wuchses, des Ebenmasses der Glieder, der Gesichtszüge, der Farbe der Haut und der Haare; neben körperlich kräftigen ausdauernden Menschenschlägen solche, die in andere Klimate verpflanzt oder zu härterer Arbeit herangezogen rasch dahinsiechen. Schärfer noch prägen sich die Unterschiede in Lebensweise und Gesittung aus. Neben den Völkern, die auf mehrtausendjährige Kulturarbeit zurückblicken und, Erfahrungen auf Erfahrungen häufend, sich die Kräfte der Natur bis zu einem gewissen Grade untertan zu machen wussten, leben oft in unmittelbarer Nähe Stämme, die kaum die ersten Schritte einer wirtschaftlichen, sie von den freiwilligen Gaben der Natur unabhängig machenden Entwicklung hinter sich haben. Neben Nationen, die in kraftvoller politischer Geschlossenheit sich dauernd zu Herrschern über weite Gebiete aufgeschwungen haben, gibt es auch heute noch zerstreute Horden ohne allen Zusammenhang.

Vor einem Menschenalter und mehr haben diese Gegensätze das Bewusstsein unseres Kulturkreises beherrscht. Viele liessen darüber das allen Menschen ohne Unterschied der Rasse gemeinsame Erbteil, vernunftbegabtes und einer höheren Entwicklung fähiges Wesen zu sein, ausser Acht und gingen von der Annahme aus, es zerfalle das Geschlecht in eine Reihe scharf gesonderter Arten, von denen manche dem Tiere näher ständen als andere. Der Sieg der Entwicklungslehre, die Erkenntnis, dass eine jegliche Vermischung von Menschen verschiedener Rasse sich dauernd zu erhalten und fortzupflanzen vermag, die liebevollere Versenkung der Ethnographen in Leben und Wesen, Anschauungen und Sitten vieler Naturvölker schuf Wandel in diesem Punkte. Heute hat die Ansicht, dass die verschiedenen Erscheinungsformen, in denen die Menschengruppen sich auf der Erde bewegen, aus einer Wurzel hervorgegangen sind, wieder Geltung. Die Einheit des Menschengeschlechts ist wieder ein Glied in der herrschenden Weltanschauung unserer Tage.

§ 302. Die menschlichen Genossenschaften. Das Grundelement der mannigfaltigen Genossenschaften, zu denen der Mensch als geselliges Lebewesen — *Ζῶον πολιτικόν* nach Aristoteles' bekanntem Ausdruck —, sich vereinigt, ist die Familie[24]). Im engeren Sinne des Wortes be-

[24]) E. Grosse, Die Formen der Familie und die Formen der Wirtschaft, Leipzig 1896, 9—24.

greift sie nur Eltern und Kinder: Sonderfamilie; im weiteren erstreckt sie sich bei verschiedenen Völkern — wir nennen die Römer im Altertum und die heutigen Chinesen — auf mehrere Generationen und kettet auch die Frauen der Söhne mit ihren Nachkommen zu einer Genossenschaft zusammen: Grossfamilie. Zu einer Sippe (gens) vereinigt der Gebrauch einzelner Völker — freilich in sehr verschiedenem Umfang — Familien, in denen noch das Blut gleicher Ahnherren (oder Ahnfrauen) fliesst. Mit dem Stamm beginnt eine Genossenschaft, deren Glieder im allgemeinen nicht mehr durch das Bewusstsein der Verwandtschaft verbunden sind, aber ursprünglich nahe wohnend, durch Aehnlichkeit des körperlichen Baues und gemeinsame Sprache noch die gemeinsame Abkunft bekunden.

Die ursprünglich gemeinsame Abstammung ist dagegen nicht mehr notwendige Voraussetzung bei dem Begriff des Volkes[25]). Das Band, das die Glieder des Volkes umschliesst, ist auch in erster Linie die Sprache, das Mittel gegenseitiger Verständigung, gemeinsamen Fühlens und Denkens; aber sie werden erst durch die Gemeinsamkeit der historischen Schicksale, die ihre Interessen nach gemeinsamen Zielen vereinigt, ihre Kräfte gelegentlich unter dieselbe Führung stellt, zusammengeschweisst. Wohl kann auch ein einzelner Stamm zum Volk auswachsen. Aber viel häufiger sind auch nicht verwandte, ja entfernt stehende Stämme oder Teile von solchen zu einem Volk vereinigt worden. Eroberer und Unterworfene verschmelzen mit der Zeit zu einer solchen Volkseinheit, wobei die ursprünglichen Elemente oft durch Jahrhunderte noch in gewissen Körpermerkmalen erhalten bleiben; sei es innerhalb einzelner Gruppen und der sich mehr getrennt haltenden Stände (Kasten), sei es räumlich in den einzelnen Landschaften des Wohngebiets eines Volkes je nach dem Grad der Mischung verschiedenartiger Stämme. Je weiter die Verschmelzung gediehen ist, um so mehr wird durch Generationen hindurch gemeinsames Blut in den Gliedern eines Volkes fliessen. Insofern sind die letzteren berechtigt sich nicht nur nach Sprache und Sitte, sondern auch nach der Abstammung als zusammengehörig zu betrachten.

Das Bewusstsein und die Betätigung gemeinsamen Volkstums ist erst das Erzeugnis hoher Kultur, glorreicher Geschichte in einzelnen Perioden des Lebens der Völker. Durch solche entsteht die Nation, ein Volksbegriff von beschränkterem Umfang, aber idealerem Gehalt. Die Zahl der Nationen ist unter den Stämmen und Völkern einst wie heute nur gering. Das wichtigste Mittel zur Bildung von Nationen ist der staatliche Zusammenschluss. Jede festere Vereinigung von Menschen, die auch ohne Rücksicht auf gemeinsame Abstammung und Sprache unter einer gemeinsamen höchsten Gewalt und Leitung steht und für die Gemeinschaft ein bestimmt umgrenztes Gebiet als sein eigenes beansprucht, nennen wir Staat. Die Zahl der Staaten übertrifft weit diejenige der Stämme und Völker der Erde. Viele der

---

[25]) Friedr. Müller, Abstammung und Nationalität, Globus Bd. 66, 1894, 177 ff.

letzteren sind noch gar nicht zu staatlicher Vereinigung gekommen. Im übrigen erhalten sich die Staaten teils aktiv durch Behauptung ihres Staatsgebietes allen Staatsfremden gegenüber, teils passiv infolge der Duldung oder des völkerrechtlichen Uebereinkommens der mächtigeren Staaten.

Unter einem Nationalstaat[26]) endlich verstehen wir einen solchen, in dem, wenn auch nicht alle, so doch die auf geschlossenem Gebiet zusammenwohnenden Glieder ein und derselben Nation staatlich, d. h. unter einer höchsten Zentralgewalt verbunden sind. Die Neuzeit strebt im Kreise der Kulturvölker der Bildung nationaler Staaten zu. Das erfordert in erster Linie eine vielfach erst im Laufe von Jahrhunderten erworbene Kraft eines Volkes, einen lebensfähigen, nach gemeinsamen Zielen strebenden Staat zu bilden. Diese Begriffe müssen hier voraufgeschickt werden.

§ 303. Menschenrassen und ethnologische Gruppen. In eine Vielheit der Stämme und Völker sehen wir die heutige Menschheit gegliedert. Sie ordnen sich aber nach Körperbau und Sprache wieder höheren Einheiten unter, deren Eigenheiten nicht immer auf der Oberfläche liegen und trotz mühsamster wissenschaftlicher Arbeit des 19. Jahrhunderts erst in einigen Grundzügen erkannt sind. Dies sind die Menschenrassen.

Blicken wir zurück. Ueber die ursprüngliche Heimat des Menschengeschlechts wissen wir nichts. Wir vermuten nur, dass sie in den wärmeren Landstrichen der alten Welt gelegen haben könnte, weil sich die Verbreitungsgebiete der Hauptrassen um diese gruppieren. Von dort aus sind, wie es scheint, nach verschiedenen Richtungen Abzweigungen durch Wanderungen vor sich gegangen, aus denen nachmals — nach Trennung von den Stammeseltern — durch Einflüsse, die uns unbekannt sind, eine beschränkte Zahl unterschiedlicher Menschenformen sich gebildet hat. Diese in räumlicher Sonderung einst entstandenen Varietäten sind es, die wir Menschenrassen nennen. Längst ist die Periode eigentlicher Rassenbildung vorüber, wohl mit aus geographischen Gründen. Es fehlt auf der kleinen Erde bereits an Platz zur Isolierung. Indem sich die Erde stärker bevölkerte, rückten die verschiedenen Typen einander wieder näher, traten in Verkehr, tauschten durch Raub- und Kriegszüge in den Grenzgebieten das Menschenmaterial (Weiberraub, Sklavenraub, Eroberungen) aus. Dadurch, so kann man annehmen, bildete sich eine nicht unbeträchtliche Zahl von Misch- oder Uebergangsformen, durch die allmählich die früher schärfer geschiedenen Rassen verbunden, in sich aber ungleichartiger wurden. Wir finden die aus älterer Zeit stammenden meist nur in den Grenzgebieten zwischen den Mischformen ausgeprägterer Rassen wie in Nordafrika, in Indien, im westlichen Ozeanien etc. Je mehr sich der Verkehr der Menschen entwickelt hat, um so lebhafter sehen wir den Vorgang fortschreiten.

---

[26]) A. v. Kremer, Nationalitätsidee und Staat, Wien 1885.

Die Durchdringung der Völker, in neuerer Zeit zuerst nur auf Küsten und Rassengrenzen beschränkt, später mehr ins Innere der Kontinente verlegt, nimmt zu und damit wird die Bildung von Zwischenformen lebhafter. Unter unseren Augen sehen wir sie besonders in Amerika durch die Vermischung von Südeuropäern mit Negern und Amerikanern entstehen. Wir gehen einem freilich noch fernen Zustande des Ausgleichs der Menschenformen entgegen. Noch aber sind die typischen Rassenerbteile nicht verwischt. Sie treten für den Blick eines jeden wahrnehmbar in den räumlich weit getrennten Menschengruppen zutage. Man kann sich keine grösseren Gegensätze als den blonden, blauäugigen Skandinavier und den wollhaarigen Neger, als den weizengelben, straffhaarigen, breitgesichtigen Chinesen und den dunklen Papua mit weichem, gekräuseltem Haarwuchs denken. Aber doch sind alle diese extremen Formen durch eine unendliche Anzahl von Uebergängen verbunden, die in den Grenzgebieten der Scheidung Schwierigkeiten bereiten.

Dies hat einzelnen Ethnographen Anlass gegeben, an Stelle der Aufstellung von Rassen eine Einteilung der Völker der Erde in ethnologische Gruppen[27]) oder Völkerkreise zu versuchen und hierbei die geographische Verbreitung als erste Grundlage für die Abgrenzung zu nehmen[28]). Dieser Ausweg hat indessen durch unnatürliche Zusammenfassungen in Einzelfällen[29]) die Schwierigkeiten nicht beseitigt. Da für diese ethnologischen Gruppen zum Teil die Namen gewählt sind, die sich für die Rassen eingebürgert haben, so muss man sich die Ausgangspunkte der jeweiligen Forscher gegenwärtig halten, um nicht starken Missverständnissen ausgesetzt zu sein.

In der Hauptsache laufen natürlich beide Klassifikationsversuche auf dasselbe hinaus, und die Uebereinstimmung würde noch mehr zutage treten, wenn man von vornherein eine kleine Reihe von Restvölkern, deren körperlicher Bau oder deren Sprache sich heute noch nicht in Zusammenhang mit den grossen Rassen oder Völkergruppen bringen lässt, als vorläufig unbestimmbar aus dem System ausscheiden würde.

§ 304. Hauptunterschiede der Körpermerkmale. Es ist die Aufgabe der physischen Anthropologie, den Rassenmerkmalen nachzuspüren. Seit den Zeiten, da vor mehr als hundert Jahren der jugendliche Blumenbach eine übersichtliche Einteilung der Menschen in fünf Rassen vorschlug (S. 773), hat es nicht an ähnlichen Versuchen gefehlt. Jedoch scheiterten viele daran, dass sie, den Weg Blumenbachs verlassend, das Ziel auf einseitigem Wege, nämlich durch scheinbar durchgreifende Systeme, die sich auf einem einzigen Merkmal aufbauten, zu

---

[27]) Hauptvertreter ist G. Gerland, s. Atlas der Ethnographie, Leipzig 1876, und Atlas der Völkerkunde, Gotha 1892, Taf. VI. — [28]) Ratzel, Anthropogeogr. Klassifikationen und Karten. Ratzels eigene Klassifikationen (s. bes. Völkerkunde 1. u. 2. Aufl.) sind schwankend und wenig durchsichtig. — [29]) S. u. Kaukasier, S. 774, Anm. 46.

erreichen suchten. Als solches boten sich vor allem der Schädelbau, der Haarwuchs, die Hautfarbe oder die Komplexion (s. u.). Vergegenwärtigen wir uns rasch, welche typischen Gegensätze dabei festgestellt wurden und welchen Kunstausdrücken man daher in der geographischen Literatur nach dieser Seite begegnet. Wir verweilen nur bei den wichtigsten.

1. Der Schädel[30]), die Hülle des Gehirns, zugleich das wichtigste Ueberbleibsel des Menschen nach dem Begräbnis, ist innerhalb der sog. Kraniometrie oder Schädelmesskunde der Gegenstand zahlreicher Messungen zur Fixierung seiner Gestalt geworden. Man unterscheidet u. a. den langköpfigen (dolichokephalen) und den kurzköpfigen (brachykephalen), den hochköpfigen (hypsikephalen) und den flachköpfigen (platykephalen) Typus. Zur Bestimmung der ersteren wird die Längs- und die Querachse des Schädelumrisses in einer gewissen Horizontalebene gemessen. Der Index zeigt das Verhältnis beider an. Die Neger sind ausgesprochene Dolichokephalen mit einem Breitenindex von 71—73 (d. h. Länge = 100, Breite = 71), die Kalmücken echte Kurzköpfige mit fast vierkantigem Schädelumriss oder einem Index von 85. Wenn sich im allgemeinen diese Indices zwischen 70 und 85 bewegen, so pflegt man als Mittelköpfe (Mesokephalen) diejenigen von 75—79 zu bezeichnen. In ähnlicher Weise können auch die Schmalgesichter (Dolichoprosope) und Breitgesichter (Brachyprosope) bestimmt werden. Weiter verstand man unter Prognathie die Schiefzähnigkeit mancher Stämme, bei denen in vorstehenden Kiefern die Zähne nicht aufrecht, sondern gegeneinander konvergierend stehen. Der Gegensatz ist die Orthognathie, Geradzähnigkeit. Neuerdings wendet man die Ausdrücke mehr für einen kleineren oder grösseren Gesichtswinkel an. Die Hoffnung, auf diesen Begriffen ein System menschlicher Rassen aufzubauen, musste verrinnen, seit man in scheinbar einheitlichen Völkern die nämlichen Gegensätze wiederfand, die man für Merkmale entfernt stehender Rassen hielt. So sind die Deutschen keineswegs, wie man früher glaubte, ausgesprochene Dolichokephalen, sondern es beteiligen sich namentlich in Süddeutschland in hervorragendem Masse Mesokephalen und Brachykephalen an der Zusammensetzung der Bevölkerung. Um den Grad der Mischung einer Bevölkerung aus verschiedenen Elementen festzustellen, behalten diese und andere Messungen freilich ihren Wert.

Der Schädelinnenraum, aus welchem auf die Grösse des Gehirns geschlossen werden kann, ist in Kubikcentimetern berechnet beim weiblichen Geschlecht durchweg um 100^{kbcm}—200^{kbcm} geringer und mag bei Männern, wenn wir von einzelnen Ausnahmen, wie sie in jedem Volke vorkommen, absehen, etwa zwischen 1200^{kbcm}—1600^{kbcm} schwanken[31]). Er scheint in bestimmter Abhängigkeit von der Körpergrösse (besonders vom Rumpfe) zu sein.

Man hat diese Messungen später auf den gesamten Körper der Angehörigen verschiedener Völker ausgedehnt (Anthropometrie). Die mittlere Körpergrösse, die auffallendste Erscheinung im Habitus des Menschen, schwankt danach bei erwachsenen Individuen etwa zwischen 175^{cm} und 140^{cm}[32]). Zu den durchschnittlich grössten Völkern gehören z. B. die Patagonier, die Weissen Nord-

---

[30]) Topinard, Eléments d'anthropologie, 1885, 350—411; Ranke, Der Mensch, II, 1912, 175—215. — [31]) Topinard, a. a. O., 611. Wenn der Abdruck von Peschels Völkerkunde, 1897, 70, das Missverständnis wiederholt, B. Davis habe bedenklich hohe Mittelwerte für den Schädelraum, nämlich 1628^{kbcm} für Australier und 1835^{kbcm} für Europäer etc. gefunden, so ist daran zu erinnern, dass Peschel die Werte falsch reduziert und Kirchhoff diesen Irrtum schon 1885 (6. Aufl., 66) berichtigt hatte. Davis fand tatsächlich 1338—1509^{kbcm}. — [32]) Ranke, Der Mensch, II, 1912, 131 ff.

amerikas, die Irokesen, die Buren Südafrikas etc. Noch manche andere sind von hoher Statur (170 cm und darüber); der Norddeutsche im Mittel 168 cm. Die sog. Zwergvölker wie die Buschmänner Südafrikas und die Abango Westafrikas bleiben mit 138 cm — 140 cm allerdings rund 25 cm — 30 cm hinter der Körpergrösse der umwohnenden Negervölker zurück. Klein sind auch die Lappen (152 cm). Jedenfalls hat sich aus allen bisherigen Untersuchungen ergeben, dass die Körpergrösse ein Erbteil verschiedener Stämme ist, das mit der geographischen Breite oder der Höhenlage des Wohnorts, wie man lange glaubte, nichts zu tun hat. — Wir übergehen die übrigen Körpermasse, die wie das Verhältnis von Rumpf zu Gliedern zum Teil Rassenmerkmale sind, zum Teil mit der Lebensweise einzelner Berufsklassen in Zusammenhang stehen. Leider kennt man zu wenig das mittlere Körpergewicht der einzelnen Völker, das innerhalb derselben übrigens je nach der körperlichen Arbeit, der Lebensweise nicht unbeträchtlich variieren wird. Es ist dies für die Beurteilung der Nahrungsbedürfnisse eines Volkes (S. 781) wichtig zu wissen. Wenn bei uns der erwachsene Mann durchschnittlich sicher 60 kg — 65 kg wiegen wird, so glaubte man, dass der kleine und zierliche Japaner wohl nicht viel über 50 kg schwer sei, aber neuere Messungen haben ein mittleres Gewicht des Erwachsenen von 55 kg ergeben [33]).

3. Unter der Komplexion versteht man den Inbegriff der im Aeussern des Menschen sich verfärbenden Organe [34]), also Haar, Auge (Iris) und Haut. Man weiss jetzt [35]), dass zwischen den so stark verschiedenen Färbungen ein eigentlicher Unterschied der Qualität des Farbstoffs (Pigment) nicht besteht, sondern die Haut etc. nur dann um so dunkler erscheint, wenn an sich mehr Pigment in den Hautzellen abgelagert wird und dies zugleich näher der Oberfläche geschieht. Das Ergebnis aller Beobachtungen zeigt, dass innerhalb hell- oder dunkelfarbiger Rassen grosse Unterschiede der Komplexion auftreten, die sämtlich durch alle Arten von Uebergängen verbunden sind. Seit man gefunden, dass in denselben Völkerschaften wie den Deutschen, Kelten, Finnen ein heller (blonder) Typus neben einem dunklen (brünetten) einhergeht, wird man der Hautfarbe allein oder auch der Komplexion nicht die erste Entscheidung bei Trennung der Rassen zuerkennen dürfen [36]).

4. Der Haarwuchs scheint gewisse, ganzen Völkern und selbst Rassen zukommende Eigentümlichkeiten zu besitzen, wenn auch nicht in dem Masse, dass man denselben primär zur Einteilung des Menschengeschlechts verwenden könnte [37]). Jedenfalls ist der Querschnitt des Einzelhaars — kreisrund oder oval — nicht konstant bei einzelnen Völkern. Der büschelförmige (bürstenförmige) Stand, den man für massgebend bei Südafrikanern hielt, hat sich nachmals, wenn auch nicht in so auffallendem Grade, bei der Mehrzahl der Menschen ergeben. Hauptunterschiede sind die schlichthaarigen (straff, weich, lockig) und die kraushaarigen Formen; unter letzteren ist aber eigentlich nur das in kleinen Spiralen gewundene Haar typisch [38]).

---

[33]) Ranke II, 1912, 260. — [34]) Uebrigens wenden andere Anthropologen den Ausdruck „Komplexion“ auch im weiteren Sinne für die physische Gesamterscheinung des Menschen an. — [35]) R. Virchow, Rassenbildung und Erblichkeit in der Bastian-Festschrift, Berlin 1896, 19. — [36]) Vergl. hierzu Gerlands Versuch, die Geogr. Verbreitung der Hautfarbe und des Haarwuchses kartographisch darzustellen, im Phys. Atlas. Taf. 61. — [37]) Auf den Haarwuchs baute Häckel seine von Fr. Müller (Ethnographie 1879) aufgenommene Einteilung in 12 Rassen auf, zunächst in Wollhaarige (büschel- und vliesshaarige) und Schlichthaarige (straffhaarige und lockenhaarige). Auch J. Deniker (Les Races et les Peuples de la Terre, 1900) legt den Haarwuchs seiner Haupteinteilung des Menschengeschlechts in sechs grosse Gruppen unter.

§ 305. Die Sprachverschiedenheiten[38]). Die Sprache ist der gegliederte Ausdruck unseres Denkens durch Laute. Das Wesen des Denkens besteht darin, dass Begriffe und Vorstellungen in gewisse Beziehungen gebracht werden. Die geistigen Vorstellungen und Begriffe heissen, wenn sie lautlich dargestellt werden, Bedeutung; die Lautverbindung, welche nur Bedeutung enthält, heisst Wurzel. In „*ibam*" z. B. bildet die Silbe *i* die Wurzel, welche nur den Begriff des Gehens ohne alle weitere Beziehung enthält. Von jedem Worte muss sich eine Wurzel darstellen lassen, und der Reichtum einer Sprache wird vorzugsweise nach der Zahl der in ihr enthaltenen Wurzeln bemessen. Die Bildung der Wurzeln fällt vor alle Geschichte, und in der geschichtlichen Periode eines Volkes können nur Wurzeln verloren gehen, aber keine neuen mehr gebildet werden. Man hat verschiedene Grundsätze behufs Einteilung der Sprachen aufgestellt, vermag indessen noch nicht alle Sprachen den Systemen unterzuordnen oder ihre Verwandschaft klarzulegen.

Geht man von der Form der Laute aus, so umfasst eine erste Klasse diejenigen Sprachen, welche in den Lautformen mehr die Bedeutung ausdrücken, dagegen die Beziehungen der Begriffe lediglich durch die Stellung der Wörter, wie es z. B. im Chinesischen der Fall ist. Man nennt sie isolierende Sprachen, und unter diesen das Chinesische, Anamitische und Siamesische wegen der vorherrschenden Einsilbigkeit der Wurzeln auch wohl einsilbige Sprachen. — Die malayischen Sprachen, die sich von Südasien bis über die ganze Inselwelt des Grossen Ozeans hinziehen, erinnern in ihrem Bau zum Teil noch an die vorige Klasse, indem keine Redeteile streng unterschieden werden, aber abgesehen davon, dass sie meist zweisilbige Wurzeln besitzen, zeigt sich die Eigentümlichkeit der Abwandelung der Worte, indem ihre begrenzenden Laute den Wurzeln meist vorausgeschickt werden, sodass Mittelwesen zwischen Wurzeln und Wörtern entstehen (stammisolierende Sprachen[39]). — Eine weitere Klasse bilden die sogenannten anfügenden oder agglutinierenden Sprachen. Stoff und Form klebt in diesen äusserlich aneinander. Die Wurzeln erhalten Zusätze angehängt, Bestimmungslaute, die häufig auch für sich allein einen Sinn haben. Mancher verwickelte Gedanke, für welchen wir eines ganzen Satzes bedürfen, kann durch eine einfache Silbengruppierung ausgedrückt werden. Hierher gehören alle Sprachen Nord- und Mittelasiens sowie Nordwesteuropas, aber auch die

---

[38]) Fr. Müller, Grundriss der Sprachwissenschaft, Wien I—III, 1876 bis 1880, mit Nachtr. 1888. In der Einleitung in die Sprachwissenschaft findet man die drei Hauptprinzipien der Einteilung der Sprachen erörtert, nämlich 1. das von Fr. W. Schlegel begründete und in den Grundzügen oben im Text (in der Fassung der früheren Auflagen von H. Guthe) mitgeteilte, welches von der Form der Laute ausgeht. Dasselbe ist weiter vornehmlich von A. Schleicher ausgebildet. 2. Das genealogische Prinzip gliedert die Sprachen nach der Abstammung und sucht den Grad der Verwandtschaft der einzelnen Sprachen und Sprachstämme festzustellen. Diesem System huldigte Fr. Müller selbst. Vergl. auch Whitney, Leben und Wachstum der Sprache, deutsch von Leskien, Leipzig 1876. 3. Das psychologische Prinzip, hauptsächlich von Steinthal vertreten (Charakteristik der hauptsächl. Typen des Sprachbaues, 1861; ganz neue Bearbeitung von Fr. Misteli, Berlin 1893), ordnet die Sprachen nach der immer grösseren Vervollkommnung der Mittel, durch welche die Sprachen den Gedanken zum Ausdruck bringen. Bd. II u. III des Müllerschen Grundrisses enthalten ausschliesslich Sprachproben. Peschel (Völkerkunde, 103—136) versucht durch Beispiele dem Nichtsprachforscher die Sprachtypen näher zu bringen. —
[39]) Misteli, Typen des Sprachbaues, 229 ff.

Sprachen dravidischer Völker in Vorderindien. — Die Bantu-Sprachen Mittel- und Südafrikas bilden die Worte viel mehr durch Vorsatzsilben, wenn auch hinten angefügte nicht fehlen. Die Silbe U bedeutet z. B. das Land, Wa (die Mehrheit von Mu) Leute; Bantu ist aus Ba-ntu (Menschen) hervorgegangen. U-niamwesi ist das Land, das von den Wa-niamwesi bewohnt wird. Man hat diese Sprachform wohl die anreihende genannt[40]). — In Amerika ist ein Sprachtypus weit verbreitet, der den Unterschied von Wort und Satz aufhebt. Ein ganzer Satz wird durch ein zusammengesetztes Wort ausgedrückt, das Objekt oder Adverbium wird z. B. in das Verbum eingeschoben. Es sind dies nach W. v. Humboldts Ausdruck inkorporierende oder einverleibende Sprachen. — Im Gegensatz zu diesen allen stehen die flektierenden Sprachen, zu denen die meisten europäischen gehören. In diesen wird die jedesmalige Beziehung entweder durch sich an die Wurzel anschliessende Laute ausgedrückt, welche für sich allein keinen Sinn haben, z. B. *i-t*, wo *t* der Beziehungslaut ist, oder zugleich durch eine Veränderung der Wurzel; wie z. B. aus der Wurzel *tud* durch eine Verstärkung des Praesens *tundo* entsteht, in welcher Form durch die Verstärkung der Wurzel die Beziehung der Dauer, durch das *o* die Beziehung auf die erste Person ausgedrückt wird. Diese flektierenden Sprachen treten ursprünglich mit einem grossen Reichtum von Flexionsformen auf, aber im Laufe der Zeit, je mehr das Volk zu geschichtlicher Tätigkeit erwacht, verschwindet diese Fülle. Die in grosser Abgeschlossenheit lebenden Isländer reden noch jetzt die flexionsreichere altnordische Sprache; die Dänen und Schweden haben schon viel von diesem Reichtum eingebüsst. Das tatkräftigste aller germanischen Völker, das englische, redet die flexionsärmste aller germanischen Sprachen. Die flektierenden Sprachen haben ursprünglich auch auf dem Standpunkt der Agglutination gestanden. In *am-o* z. B. ist der Beziehungslaut *o* nur ein Rest eines Pronomens der ersten Person, welches ursprünglich wohl in vollerer Form hinter der Wurzel gesprochen und dann in abgekürzter Form mit ihr eng zu einem Wort verbunden ist. — Soviel in Kürze zur Erläuterung der häufiger gebrauchten Bezeichnungen der Sprachtypen.

Die Zahl der Sprachen, welche noch heute auf der Erde vertreten sind, ist schwer zu bestimmen, weil ihre Trennung von den Dialekten innerhalb der einzelnen Sprachen schwierig ist. Oertliche Verschiedenheiten der Ausdrucksweise heissen Mundarten. Wo Sprachgenossen sich schwer miteinander verständigen, sind sie durch die Dialekte ihrer gemeinsamen Sprache geschieden[41]). Man kann daher ebensogut von 1000, wie 1500 Sprachen reden. Nach Aehnlichkeit im grammatischen Bau und in zweiter Linie nach Gemeinsamkeit der Wurzeln vereinigen sich die verschiedenen Sprachen zu Sprachstämmen. Die sämtlichen Sprachen eines solchen sind als Tochtersprachen im Laufe der Zeit aus einer Muttersprache entstanden, die dann verschwunden ist. Die Sprachen sind wie ihre Träger, die Stämme und Völker, lebendige Organismen, die sich mit ihnen umbilden und verändern, aber wenn sie sich nicht über ein weites Gebiet verbreiten und zu selbständigen Literaturen auswachsen, bald zu grunde gehen. Geschichtlich nachweisbar haben manche Stämme und Völker ihre Sprache abgelegt und diejenige ihrer Unterjocher angenommen, zumal wenn diese letzteren mit einem geistigen Uebergewicht und höherer Kultur ihnen gegenübertraten und langsam kolonisierend sich

[40]) Misteli, Typen des Sprachbaues, 267. — [41]) G. v. d. Gabelentz, Die Sprachwissenschaft, Leipzig 1891, 58.

zwischen ihnen festsetzten. Die Römer haben zahlreiche umwohnende Völker wie die Iberer, die Kelten, die Daken „romanisiert". Umgekehrt haben weniger zahlreiche Stämme, in dichter bevölkerte Gebiete höherer Kultur einbrechend, sehr bald Sprache und Kultur der von ihnen Unterworfenen angenommen wie die meisten Völkerscharen in der Periode der Völkerwanderung, deren Sprachen sich in den Mittelmeerländern nicht erhalten haben. So kann es geschehen, dass Bruchteile verschiedener Rassen, die körperlich nahe verwandt scheinen, heute sprachlich weit verschieden sind. Im allgemeinen sind dies indessen immer nur Ausnahmen, und mit Recht bekämpfen viele Ethnographen die Ansicht, dass der Wechsel der Sprache sich so rasch und leicht wie der einer äusseren Volkstracht vollziehe.

Das Gebiet der hauptsächlichsten Sprachstämme fällt daher auch heute noch annähernd in die Grenzen der Verbreitung der einzelnen Menschenrassen. Nicht dass ihre Zahl und ihr Gebiet übereinstimmte; die einzelnen Rassen schliessen verschiedene Sprachstämme in sich ein, greifen aber nur selten und dann meist nur in Grenzgebieten auf fremde Sprachgebiete über.

§ 306. Die Menschenrassen. Innerhalb der Pflanzen- und Tierwelt haben wir die zusammenhängenden und die unterbrochenen Verbreitungsgebiete der einzelnen Arten, Gattungen, Familien unterschieden und letztere im allgemeinen auf geologische Vorgänge zurückgeführt (S. 683). Solche fallen für die spät auftretende Menschheit (§ 298) im allgemeinen fort, wenn wir nicht den Zuwachs, den die Oekumene nach Schluss der Eiszeit erhalten hat, einrechnen wollen. Trotzdem finden wir heute einzelne Rassen und Völker sprungweise ungemein weit verbreitet, in einzelnen Bruchteilen zum Teil jenseits der Grenzen anderer Rassen wie vor allem Europäer und Chinesen (Atlas, Taf. 9). Indessen von diesen seit Entwicklung der ozeanischen Schiffahrt erfolgten, leicht überschaubaren Verschiebungen sehen wir für jetzt ab und versetzen uns ins Jahr 1400 oder 1500 vor Beginn des Zeitalters der Entdeckungen. Auch damals finden wir die Malayo-Polynesier schon mittelst der Schiffahrt über ein äusserst weites, von Madagaskar bis zur Osterinsel ausgedehntes Gebiet verbreitet (Taf. 9), es ist aber kein unterbrochenes im obigen Sinne, denn alle in Besitz genommenen Inseln bilden, als eine der anderen benachbart, im Grunde ein zusammenhängendes Verbreitungsgebiet. Im grossen und ganzen scheinen die grossen menschlichen Rassen zwar ihr ursprüngliches Wohngebiet nach den offenen Seiten erweitert zu haben — Wanderungen in diesem Sinne sind historisch nachweisbar —, sie sind auch an einzelnen Grenzen zurückgedrängt, aber in der Hauptsache scheinen sie ihre ursprünglichen Wohnsitze nicht völlig gewechselt zu haben.

Weniger als in Zoologie und Botanik ist in der Anthropologie hinsichtlich der Hauptfrage einer Einteilung ihrer Objekte Einigkeit erzielt. Nur diejenigen Versuche einer Rasseneinteilung können ernste Beachtung beanspruchen, welche die Gesamterscheinung des

Menschen zu grunde legen und nicht ein einzelnes Merkmal als Grundprinzip aufstellen[42]). Die geographische Lage des Verbreitungsgebietes und die Sprachverwandtschaft der zugehörigen Völker dürfen weiter im allgemeinen nicht gegen die Gruppierung sprechen, wenn auch in Grenzgebieten Ausnahmen dieser Regel denkbar sind.

Ein solcher typischer Ausnahmefall liegt bei den Magyaren in Ungarn vor. Das ursprünglich mongolische Volk, dessen Sprache noch jetzt durchaus den agglutinierenden Typus zeigt und derjenigen der Finnen am Ob (Ostjacken etc.) nächst verwandt ist, hat vermöge seiner ungewöhnlichen Assimilationskraft so viel andere Volkselemente mittelländischer Rasse in sich aufgenommen, dass sie leiblich der Hauptsache nach der letzteren zugerechnet werden müssen.

Ueberblickt man die zahlreichen Vorschläge der Rasseneinteilung, so lassen sich zwei Strömungen erkennen. Die eine nimmt, an Blumenbach anknüpfend, eine Mehrzahl von Rassen — zum mindesten sechs bis sieben — an, die andere, die man die Cuvier'sche Richtung nennen kann, zielt auf eine Vereinfachung ab und gipfelt in einer Dreiteilung des Menschengeschlechts.

Das System, das J. Fr. Blumenbach vor mehr als hundert Jahren (1795)[43]) nicht etwa, wie es vielfach dargestellt wird, nur nach der Hautfarbe, sondern nach einer wohlerwogenen Summe von gleichartigen Merkmalen aufstellte, indem er fünf Menschenrassen annahm, bedarf wesentlich nur nach der australasiatischen Seite eine Ergänzung.

1. Die mittelländische oder indoatlantische Rasse[44]), zwischen der mongolischen im Nordosten und der afrikanischen im Südwesten, nimmt, indem sie die wichtigsten Kulturvölker der Erde umschliesst, die führende Rolle innerhalb der heutigen Menschheit ein. Es gehört ihr heute bereits mehr als die Hälfte derselben an, da man sie zu mehr als 880 Mill. Seelen annehmen darf[45]).

Blumenbach nannte sie mit wenig glücklichem Namen die Kaukasische Rasse, in dem Glauben befangen, dass der Kaukasus das Vaterland der ersten Menschen gewesen sei, zugleich allerdings in den Georgiern das Schönheitsideal dieser Rasse erblickend.

Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich über ganz Europa mit Ausnahme der nordöstlichen Landstriche (Finnen) und einiger kleinen von asiatischen Völkern bewohnten Gebiete im Osten; sie herrscht in Vorder-

[42]) Man findet diese Anforderungen gut beleuchtet in P. Ehrenreich, Anthropol. Studien ü. d. Urbewohner Brasiliens. Kap. I: Ueber die Aufgaben und Methoden der phys. Anthropologie und ihre Anwendung auf Ethnologie (Braunschweig 1897, 5—39). — [43]) Die betr. Rasseneinteilung ist erst in der 3. Aufl., 1795, der Schrift „De generis humani varietate nativa" (Deutsch von Grube, 1798) gegeben. — [44]) Die Bezeichnung gerade dieser Rasse macht Schwierigkeit. Der Ausdruck „mittelländisch" rührt nicht von Peschel, sondern Fr. Müller her (s. Ethnographie, 1879, 490), „weil die hervorragendsten Völker dieser Gruppe um das Mittelmeer herum ihre Ausbildung und Blüte erlangt haben". — [45]) Wie kann dieser Tatsache gegenüber der Ethnolog Emil Schmidt noch 1898 schreiben, die ostasiatische (mongolische) Rasse sei „mit 500 Mill. Seelen die volksreichste der Erde"? (Scobels Geogr. Handb., 3. Aufl., Leipzig 1899, 180, wiederholt in der 4. Aufl., 1903).

asien vor und sendet einen Zweig nach dem dichtbevölkerten Indien hin. Nordafrika mit Ausnahme der transsaharischen Negerländer rechnen wir ein, im Osten Afrikas sind die Gallas und Somâl die südlichen Vertreter. Nach der Sprache wesentlich in drei grosse Abteilungen, nämlich die der Indoeuropäer (Indogermanen, Arier), Semiten und Hamiten zerfallend umfasst sie unter letzteren beiden auf dem Boden Asiens und Afrikas noch einen beträchtlichen Teil von Nomaden. Als Restvölker innerhalb der mittelländischen Rasse, deren Sprache keine Verwandtschaft mit den übrigen zeigt, sind die Basken in den westlichen Pyrenäen und die Mehrzahl der Kaukasusvölker[46]) zu bezeichnen. Seit dem Zeitalter der Entdeckungen beginnt die Ausbreitung dieser Rasse jenseits der Ozeane. Amerika gehört bereits grossenteils ihrem Bereiche an. Im Kapland und Australien haben sie sich festgesetzt. Der Einzelverfolg aller dieser Verhältnisse muss der Länderkunde vorbehalten bleiben.

Vorherrschend ist die helle Hautfarbe, die das Blut an den Wangen durchscheinen lässt; hergebracht wird sie als weiss bezeichnet. Die Kürze des Sprachgebrauches liebt es auch jetzt noch einfach von der weissen Rasse zu reden, trotzdem die helle Farbe nur den Nordländern unter den Indoeuropäern und Semiten zukommt; sie dunkelt in Südeuropa, mehr noch in Arabien und Indien (braun), bis bei einzelnen zugehörigen afrikanischen Völkern die Farbe von Schwarz nicht mehr viel abweicht. Im Schädelbau kommen die verschiedensten Typen vor. Mittel- und Kurzköpfe herrschen vor. Dem Kopf entspricht ein verhältnismässig grosses Gehirn. Das Gesicht, meist oval, hat kaum oder nur mässig vorspringende Backenknochen, schmale Nase, rundes, wenig hervortretendes Kinn, geradstehende Zähne und schmale Lippen. Weiches und welliges bis stark gelocktes Haar schwankt in der Farbe vom hellsten Blond bis zum tiefen Kastanienbraun, ja Schwarz. Der Bartwuchs ist im allgemeinen reichlich.

2. Die mongolische Rasse nimmt Asien mit Ausnahme Vorderasiens, Vorderindiens und des Archipels ein und sendet westwärts nach Nordeuropa, sowie über Kleinasien bis in die Türkei einige Vorposten. Umgekehrt strömen die Slaven (Russen) seit kurzem in das alte Mongolengebiet längs der Nordgrenze der asiatischen Steppenländer ein. Einst sicher die zahlreichste aller Rassen und einen eigenen Kulturkreis in Ostasien darstellend, umfasst sie (500 Mill.)[47]) wohl heute nicht mehr $^1/_3$ der Menschheit, tritt also bereits numerisch hinter die weisse Rasse sehr beträchtlich zurück (S. 778).

Sie wird körperlich durch breitgesichtigen, kurzköpfigen Schädel mit vorspringenden Backenknochen gekennzeichnet. Verhältnismässig plattes Gesicht mit mittelbreiter, wenig vorspringender Nase, grossem Mund, meist etwas schief geschlitzten Augen. Grobe, schlichte, meist schwarze Haare und fast bartloses Kinn. Die Hautfarbe ist weizengelb und geht bei einzelnen Völkern in dunklere Schattierungen über, wogegen sich die westlichsten Zweige (Finnen) in dieser Hinsicht vom weissen Indoeuropäer kaum unterscheiden.

---

[46]) Im Gerlandschen System figurieren die Kaukasusvölker, die der weissen Rasse den Namen gegeben haben, unter den „Mongolen", welche ethnologische Gruppe eben bei diesem Ethnographen nicht mit dem Rassenbegriff zusammenfällt (s. S. 767). — [47]) Wer 430 Mill. Seelen für China annimmt, wird dem mongolischen Kulturkreis allerdings beträchtlich mehr als 500 Mill. Seelen zusprechen müssen.

3. Im Süden Asiens breiten sich die Inselvölker der malayo-polynesischen Rasse aus, vom Kontinent gehört ihr nur die abgeschnürte Halbinsel Malakka an, wohin Bruchteile erst später zurückgewandert zu sein scheinen. Die Wanderungen, durch welche die Malayen von dem Archipel der grossen Inseln im Süden Asiens, nordostwärts bis zu den Philippinen und Formosa, westwärts bis Madagaskar und ostwärts bis zu den äussersten Inselgruppen des Pazifischen Ozeans (Polynesien), bis nach Hawaii, Tahiti, Neuseeland gelangt sind, werden später zu betrachten sein. Die Rasse schliesst Stämme ein, die zu einem hohen Grad der Halbkultur gelangt sind (Javanen), und bei dem raschen Wachtum gerade dieser Elemente wird man ihr, obwohl sie an ihren Ostgrenzen stark dem Aussterben entgegen geht, heute doch wohl 50 Mill. Menschen zuteilen dürfen. Auf die dunkle Bevölkerung, welche die Malayen bei ihrem Vordringen auf die Mehrzahl der grossen Inseln vorgefunden und in die Bergländer zurückgedrängt haben, kommen wir sogleich zurück.

Durch das schlichte schwarze Haar, die gelblichbraune bis olivenbraune Hautfarbe erinnern sie an die Mongolen — namentlich ist das mit den Malayen im engeren Sinne der Fall. Andererseits unterscheiden sich die östlichen Stämme durch den längeren Schädel (Index etwa 76 bei den Polynesiern), das ovalere Gesicht, die wenig vorstehenden Backenknochen, die stärkere Nase, das weichere Haar von jenen.

4. Die Amerikaner. Wandern wir zunächst nach Amerika hinüber, so scheinen die Stämme, welche die Europäer einst angetroffen haben, vom höchsten Norden bis zum Feuerland einer Rasse, der amerikanischen, angehört zu haben. Einzelne wie die Eskimos erinnern durch das breite und flache Gesicht, die vorstehenden Backenknochen, die geschlitzten Augen an die asiatischen Mongolen, haben aber keine Kurzköpfe. Auch im übrigen zieht kein so gleicher Typus durch die amerikanische Bevölkerung, wie man oft behauptet hat, aber die Extreme der Formen sind nicht grösser, als sie bei Weissen vorkommen[48]).

Im allgemeinen ist es eine grosse, aber nicht eigentlich kräftige und widerstandsfähige Rasse. Das schwarze schlichte Haar, der geringe Bartwuchs kommt allen Amerikanern zu. Die Grundfarbe der Haut ist gelblichbraun; der kupferrote Ton, welcher der Rasse früher den Namen der Rothäute eingetragen, entsteht künstlich bei einigen Stämmen durch Färbung. Meist gebogene und scharfrückige Nase, die Stirn bei vielen Stämmen zurückfliehend, allerdings zum Teil infolge von künstlicher Zusammenpressung des Schädels in der Kindheit.

Auf einigen Hochflächen wie in Mexiko und Peru hatten sich die Amerikaner vor Eintreffen der Europäer zu einer beachtenswerten Höhe der Halbkultur aufgeschwungen. Von diesen teilweise zurückgedrängt, teilweise vernichtet, stellen sie heute die wenigst zahlreiche der grossen, ganze Erdteile bevölkernden Rassen dar. Es ist aber fraglich, ob ihre Zahl früher wirklich beträchtlich, d. h. um viele Millionen grösser gewesen ist. Da sie mit Spaniern und Portugiesen,

[48]) S. Näheres in Ehrenreich (Anm. 42) S. 41 ff.: Die amerikanische Rasse und ihre anthropologische Stellung.

welche früher — im Gegensatz zur germanischen Einwanderung — grösstenteils ohne Frauen nach Amerika übersiedelten, vielfach Mischungen eingegangen sind, so ist es schwer, eine Scheidung zwischen reinen Indianern und Mischlingen zu machen. Die Zahl der ersten wird aber meist stark unterschätzt und mag doch wohl heute noch 16 — 18 Millionen betragen. Die gleiche Zahl entfällt dann auf die Mischlinge, vielleicht etwas mehr.

5. Als afrikanische Rasse kann man, unbeschadet ihrer allmählichen Zurückdrängung durch die Hamiten im Norden des Erdteils, die transsaharischen Bewohner Afrikas bezeichnen. Nach ihrer Mehrzahl den dunklen Negern angehörig, nennt man sie wohl auch kurz Negerrasse. Blumenbach bezeichnet sie als äthiopische, welcher Name mit Recht heute beanstandet wird, da das alte Aethiopien im engeren Sinne nicht von Negern bewohnt ist. Sie zerfallen sprachlich in die beiden grossen Gruppen der Sudanneger vom Rand der Sahara etwa bis zur Wasserscheide des Kongo reichend, und der Bantuvölker (Taf. 9). Durch die Europäer als Sklaven in den letzten Jahrhunderten massenhaft nach Amerika verpflanzt, bilden sie dort mit den aus ihnen hervorgegangenen Mischlingen einen bedeutenden Bruchteil der Bevölkerung und beginnen seit ihrer Befreiung an den Kulturarbeiten der Menschheit allmählich teilzunehmen, während in Afrika kein Negervolk sich über den Grad eines Halbkulturvolkes erhoben hat. Im Anschluss an die unsicheren Versuche, die Bewohner Afrikas zu schätzen, wird man der Rasse (mit Einschluss der Mulatten) in beiden Kontinenten wohl nicht mehr als 125 Mill. geben dürfen.

Was die körperlichen Merkmale betrifft, so bilden sie im allgemeinen eine kräftige und ausdauernde Rasse und sind hohen Wuchses. Der Schädel ist durch stark ausgeprägtes Hinterhaupt und zurückfliehende Stirn ausgesprochen dolichokephal, der Gesichtsschädel prognath (S. 768). Die Nase ist breit und meist platt, der grosse Mund von dicken wulstigen Lippen umgeben. Das Haar kurz und wollig von elliptischem Querschnitt des Einzelhaars. Die Farbe der Haut spielt in allen Mischungen des dunklen Braun bis zum vollen Schwarz.

Durch ganz Afrika tritt in Schlupfwinkeln versteckt eine kleine Menschenform auf, kurz unter dem Namen der afrikanischen Zwergvölker[49]) zusammengefasst, die meist auch von hellerer Farbe sind. Man bringt sie in Zusammenhang mit den einst über die ganze Südspitze Afrikas verbreiteten, von den Europäern allmählich binnenwärts getriebenen Hottentotten und Buschmännern. Durch ihre gelbbraune Farbe, ihre Kleinheit und den zierlichen Körperbau, die vorstehenden Backenknochen, etwas schief geschlitzten Augen, die Neigung zur Fettbildung bei den Frauen unterscheiden sie sich deutlich von den umwohnenden Bantunegern. Ihre Sprache hat nach unserer jetzigen Kenntnis mit keiner sonst bekannten eine Verwandtschaft. Alles das hat manche Anthropologen veranlasst, aus diesen Südafrikanern eine eigene Rasse zu bilden, während andere sie der afrikanischen unter-

[49]) De Quatrefages, Les Pygmées, Paris 1887; H. Panckow, Ueber Zwergvölker in Afrika u. Südasien (Zeitschr. f. Erdkunde, Berlin, Bd. 27, 1892, 75 ff., mit Karte).

ordnen. Die Entscheidung wird erst von weiterer Durchforschung Afrikas in betreff etwaiger Verwandten zu erwarten sein. Im übrigen handelt es sich bei ihnen um Restvölker, die nur noch in geringer Zahl in Reinheit bestehen.

6. Neben den genannten fünf Rassen sind es besonders drei dunkelfarbige Völkergruppen, die mehrfach zur Aufstellung weiterer „Rassen" geführt haben, ohne dass man über ihre Stellung zur Klarheit gekommen wäre. Das sind die Drâvidas Vorderindiens, die Papûas Neuguineas und benachbarter Inseln und endlich die Australier. Wir verweilen hier nur kurz bei diesen.

a. Die Drâvida-Völker bilden im südlichen Indien und Belutschistan Reste der einstigen dunklen Urbevölkerung Indiens, die von den aus Nordwesten eindringenden Ariern zurückgedrängt sind. Reiner sind sie nur in Bergstämmen vertreten, im übrigen hat in Indien vor Ausbildung des Kastenwesens eine starke Vermischung der Arier mit den Ureinwohnern stattgefunden, sodass der Rassentypus der Drâvidas sich schwer von dem des gleichfalls gemischten Hindu scheidet. Dunkle bis schwarze Farbe, weiches, welliges bis lockiges Haar, stärkerer Bartwuchs ist ihnen eigen. Die Drâvidasprachen freilich, von agglutinierendem Bau (S. 770), sind vollkommen abweichend, nicht etwa nur vom Indischen, sondern auch den übrigen asiatischen Sprachen. Wie also noch unter den arisch redenden manche Drâvidas vertreten sein mögen, so können auch die zahlreichen Stämme, die trotz Aufnahme der indischen Kultur ihre Sprache beibehielten, nicht sämtlich der entsprechenden Rasse zugerechnet werden. In Ermangelung anthropologischer Scheidung muss man sich an die Zahl der sich der Drâvidasprache Bedienenden in Indien (gegen 65 Mill. Seelen) halten [50]).

b. Als Papûas fasst man die dunklen negerähnlichen Stämme zusammen, die teils auf verschiedenen Inseln des malayischen Archipels von den Malayen ins Innere gedrängt sind — auf den Philippinen hiessen sie bei den Spaniern Negritos — teils noch ganz Neuguinea und die grösseren Inseln östlich davon bis zu den Fidschi-Inseln bewohnen. Diese Inselgruppen werden daher als die Inseln der Schwarzen — Melanesien — bezeichnet. In dunkelbrauner bis schwarzer Farbe dem Neger gleichend, unterscheiden sie sich durch das fein gekräuselte dichte Haar, den Bartreichtum, die stärker vortretende Nase und besonders die vorspringenden Stirnbeine von jenen. Im Verhältnis zu den übrigen Rassen sind diese Stämme wenig volkreich, haben sich nirgends zu höherer Kultur erhoben und werden insgesamt nicht mehr als 2—3 Millionen Seelen umfassen.

c. Ein echtes Restvolk sind die Australier, heute wohl nicht mehr 50 000 Seelen zählend [51]). Einst bewohnten sie den ganzen

[50]) Der Zensus von 1901 gruppiert die Einwohner nicht nur nach Sprachen, sondern auch nach Sprachstämmen und gibt der Drâvida-Munda-Gruppe zusammen 59,7 Mill. Seelen (Stat. Abstr. rel. to Brit.-India, 1904—05, London 1906, 18); dazu treten fast $^2/_3$ Mill. Tamils in Ceylon. — [51]) Ueber die Zahl der noch lebenden Australier gehen die Schätzungen noch immer stark auseinander.

Kontinent in kleineren Horden. Durch ihr schwarzes, lockiges, nicht spiralig gekräuseltes Haar, den mageren Körperbau, die starke Behaarung zeigen sie manche Unterschiede vom Neger, dem sie sonst ähneln; anderes erinnert an die Papûas. Wenn es sich bestätigen sollte, dass unter ihnen zwei verschiedene Typen auftreten, ein hellerer schlichthaariger im Norden und ein dunklerer kraushaariger im Süden, so würde allerdings der Zusammenhang mit den Nachbargebieten deutlicher gewahrt sein.

Unser Versuch, die Bevölkerung der Erde, die wir für das Jahr 1910 zu ca. 1665 annahmen (S. 763), nach den Hauptrassen abzuschätzen, ergibt in Millionen Seelen die folgende Uebersicht:

		rund
Mittelländer	885	885
Mongolen	500	587
Malayo-Polynesier	50	
Amerikaner und Mischlinge	37	
Afrikaner	125	193
Drâvidas	65	
Papûas, Australier	3	
Summa	1665	1665

Diese Ergebnisse, die im einzelnen um manche Millionen unrichtig sein können, müssen in der Hauptsache doch anderen Schätzungen gegenüber aufrecht erhalten werden[52]).

§ 307. Die Dreigliederung des Menschengeschlechts[53]). Die Dreigliederung der Menschheit, wiederholt verteidigt, läuft, wenn auch unter anderem Namen auftretend, doch immer wieder auf den Cuvier'schen Vorschlag von 1817 hinaus, eine weisse, gelbe und schwarze Rasse zu unterscheiden.

Der Gedanke, alle dunklen, mehr oder weniger kraushaarigen, breitnasigen Völker der Erde als eine einstige negroide Einheit aufzufassen, hat angesichts ihrer wesentlich auf den Süden der Ostfeste beschränkten Verbreitung für den Geographen etwas Anmutendes. Gegen diese schwarzen Völker richtet sich tatsächlich ein Andrang hellerer von Norden aus, der sie bereits auf die drei den Indischen

---

[52]) Derartige Berechnungen hängen selbstverständlich aufs engste mit den Annahmen über die Bevölkerung der Erde im ganzen wie im einzelnen zusammen und die angenommene Zahl der Mongolen wieder speziell mit derjenigen für die Bewohner Chinas. Eine mit obigem nicht schlecht übereinstimmende Schätzung gab V. Rizzi, La Terra, 1885, p. 1054 (zitiert nach Marinelli, La Terra, II, 124), bei einer Bevölkerungssumme von 1428 Mill. Menschen auf der Erde. Unverständlich ist es, wie Fr. Heiderich (Balbi's Erdbeschreibung, 8. Aufl., Wien 1893, I, 243), unter Zugrundelegung der Daten der Bevölkerung der Erde, VIII, 1891, welche für China 350 Mill. annahm, den Mongolen 590 Mill. geben konnte. Für die Amerikaner rechnet er nur 9 Mill.(?), für die Drâvidas 30 Mill., obwohl die Volkszählung schon 1881 deren 44 Mill. in Indien nachgewiesen hatte. Vergl. auch oben Anm. 50. — [53]) Topinard, Éléments, 1885, 502, nimmt drei Rassen oder besser Typen an, ebenso E. Petri, Anthropologie (russisch), (s. Bespr. v. Stenin im Ausland 1891, 178). W. Köppen, Die Dreigliederung des Menschengeschlechts (Globus, Bd. 68, 1895, 1—6 nebst Karte) sucht aus den einzelnen Merkmalen Verwandtschafts-Indices zu berechnen.

Ozean umgebenden Landflächen, nämlich Afrika, Südindien und den australasiatischen Archipel nebst Australien zurückgedrängt und in drei gesonderte Gruppen getrennt hat: Neger, Drâvida, Papûas nebst Australiern. — Der mongolischen Rasse mit Gelb als Grundfarbe der Haut und mit Straffheit der meist schwarzen Haare würden neben den kontinentalasiatischen mongolischen Völkern im Blumenbach'schen Sinne noch die Malayo-Polynesier und Amerikaner zugehören. Ihr würde also das weitaus grösste Verbreitungsgebiet zukommen, wenn wir von dem modernen Ausschwärmen der Weissen absehen. — Die weisse, schmalnasige Rasse entspricht im ganzen der mittelländischen im obigen Sinne, nur dass wieder eine Reihe sprachlich geschiedener Völker, wie Finnen, Lappen, Magyaren ihr der Körperbeschaffenheit wegen einverleibt werden müssen. Der Haupteinwand gegen dies scheinbar vereinfachte System ist, dass dann innerhalb der drei grossen Gruppen grössere körperliche Gegensätze auftreten, als zum Teil zwischen solchen der weissen und gelben Rasse bestehen. Indem man zu gar zu zahlreichen Zwischenformen greift, wird diese Einteilung statt übersichtlicher, im Grunde noch verwickelter.

§ 308. Anpassung der Rassen und Völker an das Klima. Der Mensch als Gattungsbegriff ist, wie wir sagten (S. 683), Kosmopolit, da sich sein Wohngebiet über die gesamte Landfläche der Erde und durch alle Klimate erstreckt. Indessen dies ist er nur geworden, weil sich das Menschengeschlecht im Laufe seiner Entwicklung und Ausbreitung ebenso wie in körperliche so auch in klimatische Varietäten zerspalten hat. Wir verstehen darunter Gruppen, die nur in den Klimaten, welchen sie sich, langsam sich ihnen nähernd, in langen Zeiträumen angepasst haben, in denen sie wirklich gedeihen und sich kräftig entwickeln können.

Die Fähigkeit, sich einem fremden Klima anzupassen, ist für den Einzelnen weit grösser als für ganze Familien oder Volksstämme. Der Einzelne vermag durch Schutzmassregeln, vorsichtige Lebensweise die ungewohnten Einwirkungen, welche in einem anderen Klimagürtel sein körperliches Befinden beeinflussen, im hohen Grade zu ertragen. Dieselben sind früher mit Rücksicht auf den Bewohner der gemässigten Breiten skizziert (§ 254). Indessen auch dann nur vermag der Einzelne grossen klimatischen Unterschieden Trotz zu bieten, wenn er von Hause aus gesund und leistungsfähig ist. Nicht dies ist aber für die Frage der Akklimatisation eines Volksstammes massgebend, sondern ob die Glieder desselben in einem fremden Klima als Ansiedler ausharren und sich durch Generationen hin dauernd zu erhalten vermögen.

So gross nun auch der Spielraum der Ausbreitung der verschiedenen Rassen und Völker innerhalb der grossen Klimagürtel, in denen sie wohnen, oder auch über deren Grenzgebiet hinaus sein mag, so scheint doch ein unmittelbarer Austausch der Bevölkerungen zwischen den Tropen und den Gegenden höherer Breiten ausgeschlossen. Für die Tropenbewohner besteht nun auch kaum ein Verlangen, in die Landstriche überzusiedeln, die ihnen bei rauherem Klima ungleich härtere Arbeit auferlegen. Umgekehrt hat die reichere Fülle der Tropen auf die Kulturvölker Europas seit dem Zeitalter der Entdeckungen eine mächtige Anziehungskraft ausgeübt und zahlreiche

Europäer dorthin geführt. Zu keiner Zeit ist die Frage einer möglichen Akklimatisation des Europäers, insbesondere aus den germanischen Völkern, brennender geworden als in unseren Tagen, in denen man die Kultivierung Afrikas allseitig in die Hand genommen hat. Was an Erfahrungen hierüber von seiten der Spanier in Westindien und Südamerika, der Holländer auf den Sundainseln, der Engländer in Indien u. s. f. vorliegt, spricht indessen gegen die Möglichkeit dauernder Niederlassungen dieser Völker in den Tropen [54]). Es ist die Kindersterblichkeit, welche die Kolonisten unerbittlich zwingt, ihre Kinder alsbald in gesundere Gegenden zu bringen und bisher auch in den günstigsten Fällen die ausgewanderten Familien die dritte Generation nicht hat überleben lassen. Und wo wie in Kuba sich die Spanier reiner von Vermischung mit anderen Rassen zu erhalten wussten, geschah dies nur durch fortwährende Auffrischung des Blutes mittelst neuer Ankömmlinge aus der Heimat. Wenn dem so ist, so bedingt dies allerdings auf die Dauer eine andere Form der Ausnutzung tropischen Bodens von seiten der weissen Rasse, als durch die eigene Bebauung; sie kann nur mittelbar durch die Arbeitskraft bereits akklimatisierter Völker geschehen.

Kaum anders als mit dem Südeuropäer scheint es hinsichtlich der Akklimatisation mit den Chinesen zu stehen, die freilich bis jetzt nur selten mit ihren Familien auswandern. Lebensfähig aber haben sich meist die zahlreichen Mischlinge gezeigt, die sich innerhalb der Tropen aus nordischen Einwanderern und einheimischen Frauen bildeten. Im übrigen herrschen zwischen den einzelnen Völkern hinsichtlich dieser Anpassungsfähigkeit manche Verschiedenheiten. Ungewiss ist, ob die günstigen Verhältnisse, in denen sich z. B. Spanier und Portugiesen und andere Südeuropäer gegenüber den Germanen befinden, eine Folge der dunkleren Komplexion oder vielleicht der Mischung mit semitischem Blute ist, herrührend aus den Zeiten arabischer Herrschaft im Süden [55]).

Die Nahrung in verschiedenen Klimaten. Es ist eine weit verbreitete Meinung, dass das Nahrungsbedürfnis der Menschen in verschiedenen Klimaten ein wesentlich anderes sei, und insbesondere der Tropenbewohner an sich neben der Geringfügigkeit sonstiger Bedürfnisse an Kleidung und Obdach auch dauernd einer geringeren Menge an Nahrung bedürfe. Neuere Untersuchungen haben diesen wirtschaftlich sehr bedeutungsvollen Irrtum berichtigt und gezeigt, dass die Unterschiede nur unbedeutend sind [56]).

---

[54]) Vergl. u. a. R. Virchow, Ueber Akklimatisation. Verh. d. Berl. Ges. f. Anthrop. 1885, 202—214. Seit dem Aufschwung der Bakterienforschung hat man öfter behauptet, dass, sobald es der Wissenschaft gelänge, die Mikroorganismen, welche als Erzeuger der Malaria und anderer tropischer Krankheiten gelten müssten, unschädlich zu machen, auch der Europäer sich in den Tropen akklimatisieren könne. Indessen wird hierbei der rein klimatische Faktor, dauernd hohe Temperatur und grosse Feuchtigkeit, zu sehr unterschätzt. Vergl. die lange Debatte vom 27. April 1898 in der R. Geogr. Society of London (The Geogr. Journ. XII, 1898, 589—606), in der sich die Praktiker, die in den Tropen Erfahrungen gesammelt hatten, den ärztlichen Theoretikern entgegenstellten. — [55]) R. Fritsch (Verh. d. Berl. Ges. f. Anthrop. 1885, 256 ff.). — [56]) C. Voit, Ueber die Nahrung in verschiedenen Klimaten (Arch. f. Anthrop. XXIII, 1895, 467—483); K. E. Ranke, Ueber die Einwirkung des Tropenklimas auf die Ernährung des Menschen, Berlin 1900.

Man hat bisher obige Annahme vor allem damit begründet, dass in der Kälte höherer Breiten weit mehr Kohlenstoff im Körper verbrannt werden müsse, um den ständigen Verlust an Körperwärme zu ersetzen. Bekanntlich haben alle dem Körper notwendigen Nahrungsstoffe die Aufgabe, diejenigen Materialien wieder zu beschaffen, welche sich beim Stoffwechsel zersetzen und ausgeschieden werden. Abgesehen von Wasser und Salzen (d. h. den Aschenbestandteilen, die in allen Nahrungsmitteln enthalten sind), kommt es dabei auf die Eiweissstoffe, die Fette und die Kohlenhydrate (Stärkemehl, Zucker etc.) an. Die notwendige Menge des in der Nahrung der verschiedenen Völker enthaltenen Eiweisses ist nun fast unabhängig vom Klima und richtet sich vielmehr nach dem Gewicht des zu ernährenden Körpers (ein 50 kg schwerer Japaner braucht z. B. täglich 90 gr Eiweiss, ein 70 kg schwerer deutscher Arbeiter 118 gr). Die Menge der im Körper zersetzten stickstoffreien Nahrungsstoffe (also der Fette und Kohlenhydrate) hängt dagegen vor allem von der jeweiligen Arbeitsleistung ab. Allerdings braucht der Mensch deren in Ruhe und Kälte ohne den Schutz wärmender Kleidung (den er gerade in höheren Breiten reichlich anwendet) an sich etwas mehr als im wärmeren Klima. Aber dieser Mehrverbrauch wird weit überboten durch den infolge der Arbeitsleistung eintretenden. Indem durch letztere eine bedeutendere Menge von Wärme erzeugt wird, als nötig ist, wird die natürliche Abgabe der Körperwärme an die kalte Luft polarer Breiten oder in höherer Erhebung über dem Meeresspiegel mehr als ersetzt. In den Tropen aber vermag der Arbeitende trotz aller künstlichen Mittel die überschüssige Wärme nicht leicht zu entfernen. Gerade dies lähmt die Arbeitskraft und zwingt zu grossen Ruhepausen. Infolge dieses Umstandes wird auch der Verbrauch an Nahrungsmitteln beim Tropenbewohner im Durchschnitt geringer sein als beim Nordländer, aber doch nur wenig. Die reichliche Fettnahrung des Eskimo erklärt sich im übrigen aus dem Mangel an sonstigen Kohlenhydraten in seiner fast ausschliesslich tierischen Nahrung, während diese bei anderen festländischen Polarvölkern einen grösseren Teil der Nährstoffe bilden. Fett hat ausserdem einen mehr als doppelt so grossen Wärmewert als Eiweissstoffe und Kohlenhydrate [57]). Im übrigen fehlt es für derartige wichtige Untersuchungen noch immer sehr an genaueren Angaben über die bei verschiedenen Völkern vom Einzelnen verzehrten Nahrungsmengen.

[57]) H. Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen, 2. Aufl., Jena 1893, 274, nach Rubner.

III. Kulturelle Gliederung des Menschengeschlechts.

§ 309. Die verschiedenen Kulturstufen[58]. Durch Arbeit, durch Pflege neuer Anregungen, die entweder von einzelnen, ihre Umgebung geistig überragenden Stammesgenossen ausgegangen oder aus der Fremde aufgenommen sind, haben sich einzelne Völkergruppen, teils langsam im Laufe ungezählter Generationen, teils in rascheren Sprüngen und unter manchen Rückschlägen zu einer höheren Kulturstufe emporgehoben. Andere sind auf einem mittleren Stande der Entwicklung stehen geblieben und eine grosse Zahl hat erst die ersten Schritte auf dem mühevollen Wege zurückgelegt. Seit langem hat man diese drei Stufen unter verschiedenen Namen unterschieden. Wenn man früher von Wilden, barbarischen Völkern und Kulturvölkern sprach, so hat sich dafür seit sechzig Jahren die Bezeichnung der Naturvölker[59], Halbkulturvölker und Kulturvölker eingebürgert.

Kultur[60] umfasst im Grunde alles, was der Mensch, seine Erfahrungen auf die Nachkommen übertragend, an Errungenschaften vor dem Tier voraus hat. Wir verstehen darunter eine Summe von materiellen und von geistigen Gütern, die man wohl je nach dem Felde, auf dem sie gewonnen werden oder sich betätigen, ordnen, aber für die man schwer ein allgemein anerkanntes Gesamtmass aufstellen kann. Fast jede Seite des geistigen Lebens betrachtet die Sache unter einem anderen Gesichtswinkel und ist geneigt, ein einziges bestimmendes Moment dabei in den Vordergrund zu stellen. Der Geographie wird es anstehen, bei diesen Betrachtungen die räumliche Seite zu betonen. Nun zielen die materiellen Güter zunächst auf die Befriedigung eines Bedürfnisses, eines körperlichen Wohlbefindens ab; Nahrung, Kleidung, Obdach spielen dabei die Hauptrolle. Zu ihrer Gewinnung erfordern sie gewisse Werkzeuge oder technische Hülfsmittel, aber ebenso sehr die Entwicklung eines Güteraustausches mit benachbarten oder weiter entfernten Gebieten, also den Verkehr. Jeder Fortschritt auf dem Felde der materiellen

---

[58]) A. Vierkandt, Naturvölker und Kulturvölker. Ein Beitrag zur Sozialpsychologie, Leipzig 1896. Eine kurze Charakteristik und den Versuch, die geogr. Verbreitung der fünf zu unterscheidenden Kulturtypen kartographisch darzustellen, gab Vierkandt in der Geogr. Zeitschr. III, 1897, 256—67, 315—26, Karte 1 : 170 000 000 im Aeq. — [59]) Der Ausdruck „Naturvölker" ist zwar schon von Herder gelegentlich gebraucht, taucht aber neu in der ethnographisch-kulturgeschichtlichen Literatur meines Wissens nicht vor 1850 auf. Bewusst durchgeführt finde ich den Begriff zuerst in M. L. Frankenheims mit Unrecht fast vergessener „Völkerkunde oder Charakteristik und Physiologie der Völker", Breslau 1852. Th. Waitz (Anthropol. d. Naturvölker, 1856) und alle Späteren nehmen ihn bereits als gegeben an, ohne sich je über seine Entstehung zu äussern. — [60]) W. Lexis, Das Wesen der Kultur (Kultur der Gegenwart, herausg. von Hinneberg, I. Leipzig 1906, 1—53).

Kultur macht eine Menschengruppe nicht nur unabhängiger von den freiwilligen, den Tieren gleicher Weise wie den Menschen zugänglichen Gaben der Natur innerhalb ihrer näheren Umgebung, sondern lässt sie in steigendem Masse an Erzeugnissen immer weiterer Erdgebiete teilnehmen. Wir betrachten es als ein Zeichen höherer materieller Kultur eines Volkes, wenn nicht nur einzelne Reiche und Mächtige, sondern die grosse Mehrzahl sich an eine Reihe von Bedürfnissen gewöhnen darf, die auf einer Ausbeutung heimischer wie fremder Bodenschätze und deren kunstvoller Verarbeitung beruhen. So ähnlich erweitert jeder Fortschritt im Rahmen der geistigen Kultur den Gesichtskreis der Einzelnen wie ganzer Stämme und Völker, befreit sie aus dem engen Vorstellungskreis der blossen Naturanschauung und erhebt den Menschen bis zur Erfassung allgemeiner Begriffe. Die menschliche Sprache ist dabei das geistige Werkzeug eines jeden Kulturfortschritts. Sei es nun in Sitte und Recht, in Kunst und Religion oder in der nur einem kleinen Kreise zugänglichen, nach Erkenntnis des Zusammenhangs der Erscheinungen strebenden Wissenschaft, immer fasst die höhere Kulturstufe die Dinge von einem allgemeineren Standpunkte auf, zieht in den Kreis ihrer Fürsorge und Interessen eine immer grössere Gemeinschaft von Menschen. Als Ziel schwebt der geistigen Kultur die friedliche Umfassung der gesamten Menschheit trotz aller Verschiedenheit ihrer Glieder vor, jedoch ohne eine erstarrende Gleichmässigkeit unter ihnen anstreben zu wollen.

Aus der Tatsache, dass nur an wenigen Stellen der Erdoberfläche sich selbständige Kulturen entwickelt haben, geht hervor, dass es hervorragend begabte Stämme und Völker doch immer nur in geringerer Zahl gegeben haben muss oder gibt. Jede Kultur ist das Ergebnis der Erziehung eines Volkes durch einzelne geistige Führer. Begabt nennen wir ein Volk, wenn es reich ist an hervorragenden Geistern und die Massen sich empfänglich für die Erziehung zeigen. Mangeln solche Führer, so bleiben meist auch die von aussen herantretenden Anregungen ohne Erfolg. Denn zur Aufnahme neuen Kulturbesitzes, neuer Anschauungen bedarf es der Erkenntnis ihrer Zweckmässigkeit. Diese muss den Massen meist erst durch Führer vermittelt werden. Gelegentlich können diese Aufgabe auch Fremde übernehmen; der Kaufmann, der Missionar stellen solche Vermittler dar. Wenn nun trotz regeren Verkehrs so viele Völker doch noch auf einer niedrigen Stufe verharren, so rührt dies zum Teil sicher daher, dass die Fremden statt langsam erziehend vorzugehen, nur ausbeutend und die Keime der Entwicklung niederhaltend ihnen gegenüber traten. Die Lage des Wohnsitzes eines Volkes ist für die Berührung mit fremden Anregungen unter diesen Verhältnissen im besonderen Grade massgebend.

Das zweite Moment ist die Erziehung der Massen zu regelmässiger Arbeit. An der natürlichen Trägheit vieler Völker scheitert zuerst fast jeder Versuch sie weiter zu heben. Auch höhere Genüsse werden meist erst durch Arbeit erkauft, und viele niedrig stehende Stämme verzichten lieber auf solche, als dass sie sich den

Anstrengungen ihrer Gewinnung unterwerfen. Die Sklaverei und Hörigkeit, als Arbeitszwang aufgefasst, erscheinen als notwendige Glieder in der Kulturentwicklung vieler Völker[61]).

Eine mannigfaltigere Gestalt können die materiellen wie geistigen Güter nur durch eine Teilung der Arbeit gewinnen. Wie eine Kunstfertigkeit nur gelernt werden kann, wenn man dauernd an einem bestimmten Gegenstand Hand und Auge übt, so bedarf es für die Ausbildung der Gewerbe und die Pflege geistiger Güter der Ausscheidung einzelner Gruppen aus dem gleichmässigen Getriebe der Nahrungsgewinnung.

Die geographische Grundbedingung aller Kulturfortschritte ist zunächst eine grössere räumliche Zusammenschliessung von Menschengruppen, eine Verdichtung ihrer Wohnsitze. Die Mannigfaltigkeit der Kulturzustände unter den Völkern der Erde entspricht den grossen Gegensätzen, die zwischen dem äusserst zerstreuten Wohnen umherschweifender Jägervölker oder gleichfalls weite Räume in Anspruch nehmender Wanderhirten und der Anhäufung der Menschen in Gebieten intensiven Acker- und Gartenbaues oder an Orten städtischen Gewerbebetriebes und der Güteransammlung bestehen. Sesshaftigkeit ist die Vorbedingung jeder höheren Kultur. Zwar haben es nicht alle sesshaften Völker zur höchsten Stufe der ihrem Zeitalter entsprechenden Zivilisation gebracht, aber kein Wandervolk hat die Stufe der Halbkultur je dauernd überschritten, ohne zuvor sesshaft zu werden. Im übrigen bestehen im Begriff der Sesshaftigkeit noch merkliche Unterschiede. Durch die gesamte Kulturentwicklung eines Volkes geht das Bestreben, immer enger mit dem erwählten Wohnsitz zu verwachsen. Es zeigt sich in der emsigeren Ausnutzung des Bodens, sei es in Rücksicht seines pflanzlichen Ertrages oder seiner inneren Schätze, in dem Eingraben dauernder Spuren des Daseins in die feste Erdoberfläche mit Wegen und Bauten aller Art, mit Aenderung der Flussläufe und Festigung der Küsten, mit Entwaldungen und Anpflanzungen, mit der Behauptung einer Landschaft als Volks- und Staatsgebiet allen Nachbarn gegenüber.

Vor Gruppierung der Völker der Erde nach den obigen Kulturstufen fassen wir das eigentlich grundlegende Element der materiellen Kultur etwas näher ins Auge.

§ 310. Die Wirtschaftsformen[62]). Die Art und Weise, wie sich die einzelnen menschlichen Genossenschaften zu einer mehr oder minder

---

[61]) H. J. Nieboer, Slavery as an Industrial System (Haag 1900). Ausz. v. Vierkandt in Pet. Mitt. 1901, 285 ff. — [62]) Ed. Hahn, Die Wirtschaftsformen der Erde. Pet. Geogr. Mitteil. 1892, 8—12, mit Karte 1 : 100 000 000 im Aeq. der von ihm unterschiedenen sechs Formen des Nahrungserwerbes; ausführlicher in seinem Werk: Die Haustiere und ihre Beziehungen zur Wirtschaft des Menschen, 1896, 389 ff.; E. Grosse, Die Formen der Familie und die Formen der Wirtschaft, 1896. E. Friedrich will die Wirtschaftsformen durch Wirtschaftsstufen ersetzen, deren er vier unterscheidet. Die Wirtschaftsstufe des Reflexes (der tierischen Wirtschaft oder der Sammelwirtschaft), die des Instinktes, die des Herkommens und die der Wissenschaft. (Vergl. Allg. u. spez. Wirtschaftsgeographie 1907, 19 ff.)

geregelten Erzeugung materieller Güter zusammenschliessen, nennen wir die Wirtschaft. Von einer Volkswirtschaft und deren Stufen kann erst bei Völkern gesprochen werden, die zu Staatsbildungen gelangt sind (§ 318). Je weniger nun die Arbeitsteilung durchgeführt ist, eine um so grössere Rolle spielt in der Wirtschaft der Nahrungserwerb; er beschäftigt auch innerhalb der Kulturvölker, wenn wir sie als eine Gesamtheit auffassen, den weit überwiegenden Teil der arbeitsfähigen Volksglieder. Von der Form der Nahrungsgewinnung ist man daher am frühesten bei kultureller Einteilung der Völker ausgegangen, zumal sie sich von allen in Frage kommenden Merkmalen am leichtesten feststellen lässt. Man unterschied Jäger, Viehzüchter und Ackerbauer und betrachtete die Wirtschaftsformen im engeren Sinne zugleich — stillschweigend oder grundsätzlich — als drei gegebene Entwicklungsstufen; derart, dass die Herdenwirtschaft die notwendige Zwischenstufe zwischen dem umherschweifenden Jäger und dem sesshaften Ackerbauer sei.

Diese Anschauung hat sich als zu schematisch und eng erwiesen. Die Erkenntnis, dass reine Fleischesser unter den Völkern der Erde nur in verschwindendem Masse und unter ganz bestimmten Bedingungen gefunden werden, und dass Vegetabilien auch bei Jägern und Nomaden einen beträchtlichen Bruchteil der Nahrung bilden, hat Wandel geschaffen [63]). Der Begriff des Ackerbaues enthält bei näherer Betrachtung zahlreichere Formen, als dass wir ihn nur einer letzten und höchsten Entwicklungsstufe der menschlichen Wirtschaft anpassen könnten. Der Anbau von Nutzpflanzen geht in seinen Anfängen vielmehr der Einführung von Haustieren in die menschliche Wirtschaft voraus. Jedenfalls finden wir ihn weit verbreitet bei der Mehrzahl der Naturvölker, die noch kein Haustier ausnutzen, und in den ältesten Ueberlieferungen treten die Berufe von Landmann und Hirt wie bei Kain und Abel als nebeneinander betrieben auf. Mit anderen Worten: alle drei Hauptarten des Nahrungserwerbes enthalten niedere und höhere Formen. Dies wird zumeist durch eine gewisse Vereinigung zweier Wirtschaftsformen innerhalb derselben Stämme und Völker bedingt. Wir sprechen von sesshaften Jägerstämmen und finden bei vielen Nomaden flüchtigen Ackerbau. Immerhin pflegt eine der wirtschaftlichen Formen die vorherrschende zu sein und den Lebensverhältnissen des Volkes den eigentlichen Charakter aufzuprägen.

Zunächst bedarf es einer Zerlegung dessen, was man in der Geographie bisher kurzweg unter dem weiten Begriff des Ackerbaues zusammenfasste [64]).

---

[63]) Schon W. Roscher (Nationalökonomik des Ackerbaues, 7. Aufl., 1873, S. 52) und G. Gerland (Anthropol. Beiträge I, 1875) haben sich gegen diese, besonders durch die Prähistoriker verfochtene Stufenfolge von Jäger-, Hirten-, Ackerbautum deutlich ausgesprochen; eingehender Ed. Hahn in seinem ebengenannten Werk, und hierauf gestützt P. R. Bos (Jagd, Viehzucht und Ackerbau als Kulturstufen im Internat. Arch. f. Ethnogr., X, 1897, 187—205). — [64]) Nach Ed. Hahn s. Anm. 62.

1. Als Hackbau kann die ursprünglichste und heute im weiten Tropengebiet noch durchaus vorherrschende Form des Pflanzenbaues dem Ackerbau mit Pflug und Zugtier gegenübergestellt werden.

Es handelt sich beim Hackbau im Grunde nur um eine leichte Bodenauflockerung, wie sie sich mit dem einfachen Werkzeug eines Hakenstocks oder einer Hacke vollzieht. Vorzugsweise eignen sich Knollengewächse (S. 729) und Gemüsearten für diesen, doch hat er auch drei Getreidearten in seinen Bereich gezogen, Mais, Hirse und Reis (S. 726). Nicht überall führt der Hackbau zum sesshaften Leben. Bei manchen Jägervölkern wie den Bororó Brasiliens ist er nur eine Begleiterscheinung des Nahrungserwerbes und beschränkt sich auf wenige rasch sich entwickelnde Pflanzen [65]). Daher auch dann kaum eine eigentliche Pflege der zu bebauenden Flächen. Wenn nun auch beim Vorherrschen dieses Nahrungszweiges die Männer einer Sippe die Rodung des Bodens und Befreiung von Unkraut gemeinsam übernehmen, so überlassen sie nachmals die Arbeit der Bestellung doch fast immer den Weibern. Bei allen Naturvölkern ist der Hackbau eine Art von Raubbau, der eine Pflege des Bodens, eine richtige Bodenkultur nicht kennt und demnach Raum zur Anlage neuer Felder verlangt. Wo etwa im Bereich des Hackbaues Haustiere auftreten, da stehen sie zu der Bodenbewirtschaftung in keiner Beziehung.

2. Der Ackerbau im engeren Sinn verrät durch den fast ausschliesslichen Anbau von Getreidegräsern subtropischer und gemässigter Breiten seine Entstehung in schwerem Boden. Denn sein Betrieb beruht auf dem Vorhandensein einer Zugkraft, die den Pflug durch den Acker zieht. Im Altertum mag statt dessen noch vielfach die menschliche Muskelkraft ausgenutzt und Sklaven mögen vor den Pflug gespannt sein. Seit undenklichen Zeiten ist es daneben das Rind, in Südasien vielfach der Büffel, der diese Bestimmung erhält. Das Pferd ist wohl erst viel später der eigentlichen Landwirtschaft einverleibt.

Einen wichtigen Kulturfortschritt bezeichnet der Uebergang vom Hackbau zum Ackerbau zunächst deshalb, weil er die männliche Kraft zu seinem Betrieb erfordert, daher die Männer an die Scholle fesselt und zur stetigen Arbeit erzieht. Er wirkt bevölkerungsverdichtend, da er leicht auf beschränktem Raum einen für eine Mehrzahl von Menschen ausreichenden Ertrag gibt. Die Körnerfrüchte sind zudem gegenüber den meisten Erzeugnissen des Hackbaues durch lange Zeit, vor allem bis zur nächstjährigen Ernte, haltbar. Die natürliche Bedingung des Getreidebaues sind Befeuchtung des Feldes zur Zeit der Keimung und der Entwicklung und erneute Zufuhr der dem Boden in der Ernte entnommenen Salze, also die Düngung. Wo die erstere nicht durch meteorische Wasser, also durch regelmässige Frühjahrs- und Sommerregen geboten wird, zwingt sie zur künstlichen Bewässerung [66]). Jeder mit einer solchen sowie mit Düngung verknüpfte Ackerbau muss als eine höhere Stufe desselben gelten. Er verdoppelt die Arbeit, aber damit auch den Erfolg nach der materiellen wie der erziehlichen Seite. Die ältesten Kulturherde in Asien und Afrika knüpfen sämtlich an Gebiete an, die durch regelmässiges Anschwellen sämtlicher Flüsse in flachem, fruchtbarem Schwemmland den Ackerbau mittelst künstlicher Bewässerung kräftig beförderten. Der Fluss übernimmt bei dieser, die mitgeführten Sinkstoffe über die Felder aus-

---

[65]) K. v. d. Steinen, Unter den Naturvölkern Zentralbrasiliens, Berlin 1894, 369. — [66]) J. Brunhes, L'irrigation; ses conditions géogr. etc. dans la Péninsule ibérique et dans l'Afrique du Nord, Paris 1902; F. H. King, Irrigation and Drainage, 2. ed., New-York 1902.

breitend, die natürliche Bedüngung, die das reine Quellwasser nicht liefern kann. Nur wenige Landstriche der Erde vereinigen diese für Flächen- oder Schwemmrieselung[67]) erforderlichen Vorzüge eines sich langsam senkenden Flachbodens, der leicht von künstlichen Wasseradern durchfurcht werden kann, mit wasserspendenden Bergländern im Rücken. Beim Nil ersetzt das tropische Quellgebiet die Aufspeicherung des Wassers in den Schneeregionen, denen viele Flüsse mittlerer Breiten ihren Wasserreichtum verdanken.

3. Beschränkter ist der Gartenbau, die jüngste und intensivste wirtschaftliche Bodenausnutzung, am meisten Arbeit erfordernd, aber auch den grössten Ertrag liefernd. Pflug und Zugtier treten zurück, man greift wieder zu Hacke und Spaten; jeder kleinste Fleck von lockerem Erdreich, wenn auch wenige Quadratmeter gross, gelangt unter Pflege. Hülsenfrüchte, Gemüse und Grünzeug aller Art, aber auch Baumfrüchte treten an die Stelle des Getreides.

Künstliche Bewässerung und reiche Bedüngung sind erste Erfordernisse; in viel höherem Grade und das ganze Jahr hindurch bedarf die Baumkultur des Wassers. Der Gartenbau ermöglicht im Bereich einer fleissigen Bevölkerung den höchsten Grad der Verdichtung, soweit der Nahrungserwerb dabei allein massgebend ist. Süditalien und Ost-Asien bieten Beispiele für diesen ertragreichen Gartenbau mit Furchen- oder Einzelberieselung[67]).

§ 311. Die Naturvölker und ihre Verbreitung. Kehren wir zu unserer früheren Betrachtung zurück. Wir finden heute keine Horde oder keinen Stamm, der nicht wenigstens einen gewissen Kulturbesitz aufwiese, und keine menschliche Ueberlieferung berichtet vom Zustand eines Lebens ohne erfahrungsmässig gewonnene Güter. Ueberall hat man die Menschen im Besitz des Feuers und einfacher Geräte gefunden; auch entbehrte keine Horde einiger Waffen, sei es um Fischen und jagdbaren Tieren nachzustellen oder sich selbst zu verteidigen. Ueberall ist man auf Anfänge der Kunst und religiöser Anschauungen gestossen, welche letztere die Abhängigkeit von höherer Macht empfinden lassen. Es gibt also heute keine ganz kulturlosen Menschen mehr.

Wohl aber fehlt es nicht an kulturarmen Völkergruppen. Weil man sie dem ursprünglicheu Naturzustande des Menschen näher glaubte, hat man sie Naturvölker (S. 782) genannt[68]), ein Name, welcher milder und gerechter scheint als der der „Wilden", also Ungezähmten und Ungesitteten. Denn gegen diesen spricht die Tatsache, dass man unter den Naturvölkern vielen von weit milderen, freundlicheren und „menschlicheren" Sitten begegnet, als unter manchen materiell weit höherstehenden Völkern. Besser drückt jener Name der Naturvölker aus, dass sie noch mehr als die Kulturvölker unter dem Naturzwang stehen[69]). In geringem Grade haben sie erst gelernt dem Boden Nahrung abzuringen. Nicht vorsorgend und nicht an die Zukunft denkend, dem Genuss des Augenblicks alles opfernd schweben sie oft zwischen Ueberfülle und Not. Sie sind noch nicht zur Stetigkeit der Arbeit gekommen. Die natürliche Trägheit und der Mangel an Aus-

[67]) F. v. Richthofen, Vorlesungen über Siedlungs- und Verkehrsgeogr., Berlin 1908, 177. — [68]) Th. Waitz, Anthropol. d. Naturvölker, I, 1856, 346. Vergl. oben S. 782, Anm. 59. — [69]) F. Ratzel, Völkerkunde I, 1894, 13.

dauer, der neben hoher gelegentlicher Kraftanstrengung einhergeht, hemmt im Durchschnitt die Fortschritte, hindert die Aneignung oder Nachahmung fremder Kulturgüter, auch wenn deren Nutzen eingesehen wird. Die eigene Erfindungsgabe wird bei der Geringfügigkeit der Bedürfnisse nicht geweckt. Eine Teilung der Arbeit beschränkt sich meist auf diejenige zwischen Mann und Weib. Das Naturvolk ist in geistiger Hinsicht noch kaum zum Bewusstsein seines eigenen Menschentums gekommen. Es fühlt noch nicht die Kluft, die den Menschen von der Tierwelt trennt. Sein Seelenglaube lässt die Toten sich in Tiere verwandeln, die er nicht selten als seine eigenen Ahnen oder die seiner Feinde ansieht. Jede Naturerscheinung ist ihm ein Ausfluss böser Geister.

Sind dies einige allgemeinere Kennzeichen im Seelenzustand der Naturvölker[70]), so heben sich nach wirtschaftlicher Seite noch manche Abstufungen ab. Die Gruppe der niederen Naturvölker[71]) führt ein unstetes Leben, ist gross an Zahl, aber gering an Volksmenge. Man hat sie auch Sammelvölker genannt[72]), weil sie ohne alle Fürsorge und Pflege des Bodens, ohne den Besitz eines Haustiers ihre Nahrung suchen, wo und wie sie dieselbe finden. Alles erreichbare Getier, jede wildwachsende Beere, Wurzel oder Frucht, die ihnen zugänglich ist, dient zur Nahrung. Jagd und Fischfang erweitert ihre Kost nur teilweise. Zu häufigstem Wechsel des Aufenthalts durch diese Form der Nahrungssammlung gezwungen, entbehren sie meist besser gebauter Hütten oder kunstvollerer Wohnungen. Etwas festeren Wohnsitz haben einige Küstenstämme, denen das Meer reichere Nahrung bietet (S. 789). — Derartige niedere Naturvölker haben sich meist nur an verkehrslosen Stellen der Erdoberfläche erhalten, an Zufluchtsstätten, wohin sie von stärkeren Feinden getrieben sind. Wir finden sie teils an den äusseren Rändern der Oekumene (Randvölker)[73]) wie besonders auf der Südhälfte der Erde die Feuerländer an der Südspitze Amerikas, die Jägerhorden der Buschmänner in Südafrika, die Australier; auch manche Indianerstämme Kaliforniens gehören hierher. Teils sind sie in die Bergländer (die Wedda auf Ceylon, Negritos auf den Philippinen etc.) oder in die grossen kontinentalen Wälder gedrängt (die Zwergvölker Afrikas, die Botokuden Brasiliens). Bei dem ausgeprägten Freiheitsdrang gerade dieser Stufe haben sich die wenigen Kulturversuche meist erfolglos gezeigt.

Unmerklich sind die Uebergänge zu den höheren Naturvölkern. Je nach dem Vorherrschen dieser oder jener Form der Wirtschaft und besonders des Nahrungserwerbs zeigen sich noch manche Abweichungen von einander. Es sind vielfach die äusseren Bedingungen ihrer Wohnsitze, die ihnen eine eigenartige Lebensweise aufgedrängt haben. Beträchtlich ist die Zahl der Jägervölker unter ihnen; sie sind am stärksten unter den Indianern Nordamerikas vertreten.

[70]) Vergl. W. Wundt, Völkerpsychologie, eine Untersuchung der Entwicklungsgesetze von Sprache, Mythus und Sitte, Leipzig. Bisher erschienen Bd. I bis IV, 1900—1912. — [71]) „Niedere Jäger" nach E. Grosse (Anm. 62). — [72]) H. F. Link, Urwelt und Altertum, Berlin 1821, I, 174; E. Friedrich: Wirtschaftsstufe des Reflexes (Anm. 62). — [73]) Ratzel, Anthropogeogr. II, 1891, 62 ff.

Der einstige Reichtum jagdbarer Tiere (Bison, Biber) bot ihnen dort ein weites Verbreitungsfeld, das von der Kultur der europäischen Einwanderer immer mehr eingeengt ward. Der Fischreichtum in den Flüssen und Seen des nördlichen Waldgürtels tritt hinzu, nirgends mehr als an den lachsreichen Küsten Nordwestamerikas und den Flüssen Sibiriens, die, wenn die Fische zur Ablegung ihres Laichs in ihnen emporsteigen, geradezu davon wimmeln. Weiter im Norden hat die Ungunst der polaren Küsten insofern erziehend auf die Menschen gewirkt, als sie ihren materiellen Besitz erweitert haben. Sie verfügen über Hund oder Rentier als Haustiere. Höher stehen die Seefischer wie die Eskimos; sie haben gelernt mit grosser Kühnheit die Küstenmeere zu befahren. Jenseits der Getreidegrenze wohnend sind die polaren Völker oder „Hyperboräer" auf Wanderleben, jedenfalls zum Wechsel des Aufenthalts im Sommer und Winter angewiesen. Die lange Winternacht ist die Zeit der Not und Entbehrung. Der Verkehr mit dem Europäer hat den Nordasiaten in vielfache Abhängigkeit von diesem gebracht; nur in geringem Grade hat dies eine Hebung in kultureller Hinsicht zur Folge gehabt.

In Mittel- und Südamerika, Afrika, Südasien lebt selten ein der Jagd obliegender Stamm, ohne gleichzeitig durch den Hackbau den Boden auszunutzen. Das führt dann mehr und mehr zur Errichtung von festen Hütten und zu längerer Ansiedelung, aber immer nur in kleinen Gruppen. Es verbleibt bei der Zerstreuung der Einzelhorden und Stämme, da noch zu viel Raum in Anspruch genommen wird. Jede Vermehrung der Bevölkerung wird als eine Last empfunden und daher niedergehalten. In Polynesien fällt bei der Armut der Tierwelt die Jagd fast fort. Statt dessen zeitigt der Reichtum des Meeres ein beherztes Volk von Seefischern. —

Erst mit dem Vorwiegen der Pflanzenkost betreten wir die Regionen der Hackbauer[74]). Es bilden sich Wirtschaftsgenossenschaften in der Form der unter gemeinsamem Dache wohnenden Sippe. Der Boden wird zunächst als Gemeinbesitz bebaut. Ein Zuwachs zur Sippe durch Heirat bedeutet den einer Arbeitskraft und wird gern gesehen[75]). Die Kriege endigen nicht ausschliesslich mit Vernichtung des Unterlegenen, weil die Gefangenen im Landbau Verwendung finden können; bei den Jagdzügen der Jäger sind Sklaven unverwendbar. Die grausamen Sklavenjagden, die weite Gebiete Afrikas mehrere Jahrhunderte verödet haben, sind erst eine Folge der Nachfrage nach Sklaven von aussen gewesen, im Westen von seiten der Europäer, im Norden und Osten von seiten der Orientalen. Im übrigen ist ein eigentliches Festwurzeln im Boden bei diesen Hackbauern noch nicht möglich. Die Art der Bodenbebauung ist auch hier ein Raubbau. Fast ohne alle Bedüngung betrieben, erschöpft er die Erträge rasch und zwingt zu öfterer Verlegung der Felder, später der Wohnsitze. Daher werden nur ausnahmsweise dauernde Spuren des einstigen Daseins am Erdboden zurückgelassen. Wir nennen auch diese Völker geschichtslos.

---

[74]) „Niedere Ackerbauer" nach Grosse, 133—189. — [75]) Grosse, 173.

Denn der politische Zusammenschluss ist noch gering. Zwar dehnen einzelne Machthaber ihre Herrschaft zuweilen über zahlreiche Stämme aus, aber sie ist von kurzer Dauer und nach wenigen Jahrzehnten sind die Völker anders gruppiert. Uebrigens mischen sich unter die Hackbauer auf den weiten Steppengebieten Ostafrikas auch Hirtenvölker, bei denen sich die Unterschiede zwischen Reich und Arm bereits scharf ausprägen. Es handelt sich bei diesen jedoch weniger um eigentliche Pflege von Herdentieren als um Vermehrung des Viehbestandes durch Herdenraub. Das gleiche gilt von den berittenen Hirtenstämmen der Pampas von Südamerika, die sich kaum auf den Standpunkt der Halbkultur erheben.

In diesem Umfang stellen die Naturvölker noch Teile aller Rassen und aller Zonen und insgesamt einen stattlichen Bruchteil der Bevölkerung der Erde dar. Vor Ausbreitung der Europäer mehr als die Hälfte der bewohnbaren Erde einnehmend, ist ihr Gebiet in Amerika stark eingeschränkt und zersplittert und in Sibirien, Australien, Südafrika hat ihre Zurückdrängung begonnen. In roher Schätzung wird man die Zahl der noch heute im schwer begrenzbaren Zustand des Naturvolkes beharrenden Menschheit auf 130—140 Millionen Seelen oder etwa den zwölften Teil derselben annehmen dürfen.

§ 312. Das Aussterben der Naturvölker[76]. Lange bevor man in den afrikanischen Kontinent eindringend mit der Hauptmasse der Naturvölker in Berührung kam, hatte sich die Meinung ausgebildet, dass diese im allgemeinen dem Aussterben nahe seien. Ihr hatte der unzweifelhaft festgestellte starke Rückgang in der Zahl vieler Stämme Vorschub geleistet. Wenn auch die Schätzungen über den Bevölkerungsstand z. B. der meisten Inseln des weiten Pazifischen Ozeans bei ihrer ersten Erforschung durch Cook und seine Nachfolger stark übertrieben waren, so steht doch die spätere Verminderung z. B. der Eingeborenen der Hawaii-Inseln (1832: 130000, 1910: 26100), der Maori auf Neu-Seeland (1857: 56000, 1896: 40000)[77] etc. fest. Die Tasmanier, vielleicht 5000 an der Zahl am Anfang des 19. Jahrhunderts, sind tatsächlich bis 1877 gänzlich ausgestorben, ebenso die Kamtschadalen in Nordostasien. Einen ähnlichen Rückgang zeigen manche Indianerstämme, ferner Hottentotten, Buschmänner, die Eskimos u. s. f.

Die Ursachen dieser betrübenden Erscheinung sind mannigfaltig. Teils entspringen sie manchen üblen Sittenzuständen der Völker selbst, teils den ungünstigen Folgen der ersten Berührung mit Gliedern sogenannter Kulturvölker. Nie ist es aber eine Ursache allein, die das Hinschwinden bedingt. Die Dinge liegen bei den einzelnen Völkern sehr verschieden. Viele der Polynesier und ostasiatischen Polarvölker sind in einem Zustande tiefen sittlichen Verfalls gefunden, sodass der höchste Grad der Ausschweifungen sie geschwächt und widerstandslos gemacht hatte, als sie mit den Europäern in Berührung kamen. Die Vergeudung des Menschenlebens ist allen Naturvölkern eigen, tritt aber in der Form des Kindesmords besonders dort in Erscheinung, wo die Enge des Wohnsitzes und die Spärlichkeit der Nahrungsmittel jedes Anwachsen der Menschenzahl zu einer Gefahr für die Gesamtheit macht. Kriege und Menschenopfer, teils die Folgen des Aberglaubens, teils der Gier nach Menschenfleisch haben insgesamt aber doch kaum die Verheerungen angerichtet, wie sie durch die Einschleppung von ansteckenden Krankheiten (Syphilis, Pocken, Masern, Tuberkulose) und Trunksucht durch die Europäer gegeben waren. Die grausame und gewaltsame Ausrottung amerikanischer

[76]) G. Gerland, Das Aussterben der Naturvölker, Leipzig 1868. — [77]) Allerdings ergab der Zensus von 1901 und von 1911 eine nicht unbeträchtliche Zunahme der Maori gegen 1896; sie sollen 1911 auf 49844 Seelen gestiegen sein.

Naturvölker durch die europäischen Entdecker und Ansiedler hat sich im Grossen Ozean dank ihrem Auftreten erst im Zeitalter der erwachenden Menschenliebe, nur vereinzelt wiederholt. Nicht zuletzt hat zur Verminderung die tiefe Niedergeschlagenheit beigetragen, die sich mancher Völker bei ihrem Kampfe gegen die überlegene europäische Kultur bemächtigt hat.

Wenn nun wohl manche der so stark verminderten Stämme kaum mehr zu retten sind, so erweisen einzelne Versuche langsamer Ueberführung in einen Zustand von Halbkultur und wirtschaftlichem Gedeihen, dass die Zahl der Geburten sich hebt. Und die grosse Mehrzahl, namentlich der afrikanischen Stämme, lässt einen solchen Rückgang überhaupt nicht befürchten, sobald es gelingt, die inneren Kriege dauernd zu unterdrücken und die Völker zur Arbeit zu erziehen. Bei der Unwahrscheinlichkeit, in den Tropen dauernd auszuharren (§ 308), haben die Europäer das grösste Interesse, die afrikanischen Eingeborenen vor dem Untergang zu schützen.

§ 313. Verbreitungsweise kultureller Besitztümer[78]**.** Wir haben früher auf die Gegensätze von geschlossenen und unterbrochenen Verbreitungsgebieten gleicher Pflanzen und Tierarten hingewiesen (S. 683). Die Annahme gleicher Schöpfungsmittelpunkte für die nämlichen Formen abweisend, ward das zerstreute Vorkommen einer Form auf ehemaligen Zusammenhang jetzt getrennter Gebiete zurückgeführt. Aehnliche Erscheinungen bieten sich im Bereich der Völkerkunde rücksichtlich einzelner Stücke von Kulturbesitz, seien es Geräte, Waffen, Trachten, Schmuckmotive und dergleichen, seien es Sitten, Gebräuche, Sagen, Vorstellungen. In weitentfernten Gebieten treten bisweilen ganz die gleichen oder sehr ähnliche Formen auf. Auch hier drängt sich in jedem Einzelfall die Frage auf, ob diese Gleichartigkeit auf eine selbständige Entstehung an den verschiedenen Orten zu gründen ist oder auf eine Entlehnung, die irgendwelchen einstigen Verkehr zwischen den Trägern des in Frage kommenden Kulturbesitzes voraussetzt. Die erstere legt den Völkern der Erde eine gewisse Gleichartigkeit der Grundvorstellungen im Bewusstsein, aber auch des Empfindens unter. Sie geht von der Erfahrung aus, dass, wenn ein Ideenkreis im Entstehen ist oder eine Erfindung, wie man zu sagen pflegt, in der Luft schwebt, die gleichen Gedanken oft wiederholt selbständig ausgesprochen, die gleichen Erfindungen gleichzeitig mehrfach gemacht werden. So könnten auch unter weit entfernten Völkern, besonders unter gleichen Kulturzuständen oder äusseren Lebensbedingungen die nämlichen uns auffallenden Formen von Gerätschaften etc. entstehen und dann vielleicht in abweichender Weise weitergebildet werden. Sicher ist dies in einzelnen Fällen möglich und denkbar, aber gegen eine allgemeine Anwendung dieser Lehre vom Völkergedanken[79], wie man die psychologische Methode der Erklärung genannt hat, spricht die Erfahrung, dass keineswegs immer die gleichen Naturumgebungen auch die nämlichen Gedanken angeregt

---

[78]) Ratzel, Anthropogeogr. II, Kap. 21: Ueber den Ursprung der ethnographischer Verwandtschaften. — [79]) Hauptvertreter dieser Richtung war Adolph Bastian, dessen zahlreiche (aber schwer lesbare) Schritten der Aufspürung gemeinsamer „Elementargedanken“ innerhalb der Menschheit gewidmet sind.

haben. Dem gegenüber versucht die geographische Methode[80]) zunächst die örtliche Verbreitung der gleichen Erscheinung, derselben Gerätform, der gleichen Sage und Sitte festzustellen. Sie will auf diese Weise Brücken schlagen zwischen dem Vorkommen in auffallend grossen Entfernungen und das sprungweise Auftreten schliesslich doch als eine Wanderung erklären, als eine Uebertragung von einem Gebiete zum anderen. Noch kennt man die geographische Verbreitung vieler ethnographischer Merkmale nicht genügend, um eine Entscheidung zu treffen, und eine vorschnelle Anwendung der Methode begegnet berechtigten Bedenken.

Wenn der Lasso, den die Pampasindianer zum Einfangen des Viehes anwenden, im alten Aegypten gebraucht ist[81]), so handelt es sich unzweifelhaft um selbständige Erfindungen in diesen räumlich ebenso entfernten Gebieten als zeitlich getrennten Erscheinungen. Wenn aber z. B. die sehr ähnliche Form von Panzern, die aus Stäbchen kunstvoll zusammengesetzt sind, bei den Indianern Nordwestamerikas und auch Japans gefunden wird, so ist der Schluss einer Uebertragung von Westen nach Osten kaum abzuweisen[82]).

§ 314. Kulturherde und Kulturkreise. Jeder Kulturfortschritt ist, wie oben angedeutet, durch Arbeit, durch Ueberwindung von Widerständen bedingt. Die einfache Hinnahme freiwilliger Gaben der Natur kann eine solche nicht genannt werden. Die Wiege des Menschengeschlechts denken wir uns zwar gern in den Tropen, wo nötigenfalls mit der geringsten Arbeit das Leben gefristet werden kann. Aber die Entwicklung der Kultursitze kann ursprünglich nur dort vor sich gegangen sein, wo die Kräfte des Menschen gestählt wurden, um der Natur ihre Gaben abzuringen, also in Gegenden mit wechselnden Jahreszeiten, wo es galt Nahrung für die vegetationslose oder ertragsarme Zeit zu sammeln. Nun finden wir in der Tat in einem schmalen Gürtel subtropischer Breiten jene vier ältesten Kulturmittelpunkte der alten Welt, von denen, wie auch ihre gegenseitigen Beziehungen gewesen sein mögen, die Verbreitung der höheren Kultur über die allmählich sich vergrössernde Region der Kulturvölker der östlichen Erdfeste ausgegangen ist. Sie knüpfen sämtlich, wie bereits hervorgehoben (S. 786), an fruchtbare Flussniederungen an, in denen wohl zuerst ein sorgfältiger Anbau wichtiger Getreidearten ein dichtere Bevölkerung zusammenschloss.

So war es im nördlichen China am mittleren Laufe des Wei-ho und Hoang-ho, wo sich — in den ältesten Zeiten ohne nachweisbaren näheren Verkehr mit den Ländern des westlichen Asiens —

---

[80]) F. Ratzel, Die geographische Methode in der Ethnographie. (Geogr. Zeitschr. III, 1897, 268 ff.) Diese Fragen spielen in der Völkerkunde heute eine bedeutende Rolle und scheiden die Ethnographen. Vergl. F. Gräbner, Methode der Ethnologie (Heidelberg 1911), sowie M. Haberlandt, Zur Kritik der Lehre von den Kulturschichten und Kulturkreisen. Pet. Mitteil. 1911, I, 113 ff., nebst den Erwiderungen v. F. Gräbner u. W. Foy (a. a. O.). — [81]) Peschel, Völkerkunde, 6. Aufl., 197. — [82]) Ratzel, (Sitzungsber. d. k. Bayr. Akad. München, Phil.-hist. Kl., 1886); s. auch Bastian, Kontroversen in der Ethnologie I, 1895, ferner Ratzel in Geogr. Zeitschr. III, 1897, 276.

die eigentümliche Kultur entfaltete, die sich später über den Südosten ausbreitete und auch Japan in diesen ostasiatischen Kulturkreis zog. Erinnern wir aber daran, dass hier im nördlichen China die Form des Ackerbaues mit Pflug und Rind seit ältesten Zeiten die gleiche ist wie in Westasien. — Einen zweiten Ausgangspunkt bildete am Fusse des Himálaja das Pandschab und obere Hindustan. Manche Anregungen sicher aus Vorderasien empfangend, sind die Träger dieser Kultur schon früh im geistigen Druck einer Priesterherrschaft erstarrt. Was aber an Kulturelementen erworben ward, ist nachmals über die indische Halbinsel und einzelne der grossen südasiatischen Inseln (Java) ausgebreitet, und so berührte sich dieser indische Kulturkreis in Hinterindien mit der chinesischen Kultur. — Nach Mesopotamiens Ebenen verlegt man heute gern die älteste, wenigstens der westasiatischen Kulturen, ohne mit Sicherheit deren erste Träger nennen zu können. Jedenfalls sind die Semiten ihre Erben und ebenso das indogermanische Volk der alten Perser. — Die hamitische Bevölkerung Aegyptens endlich verdankte ihre der mesopotamischen verwandte Kultur den Segnungen des fruchtbaren Niltales.

Manchen Samen noch in Vorderasien (Südarabien, Kleinasien) ausstreuend ist dieser westasiatische Kulturkreis später weiter nach dem Abendland gewandert. Hier arbeiteten unter dem Einfluss eines den Verkehr äusserst begünstigenden Meeres die Semiten (Phönizier) vor und die griechisch-italienischen Völker traten bald darauf die Erbschaft an. Sie gaben der mehr aufs Materielle gerichteten Halbkultur der Semiten jene eigenartige, dem Universellen zugewandte, alle Kräfte des Geistes und Gemütes in Anspruch nehmende Richtung, welche diese Völker und ihre Schöpfungen zu klassischen, oder zu Begründern einer höchsten Kulturstufe machten. Später zeigt sich noch einmal in einer Nachblüte die belebende Kraft semitischer Halbkultur unter dem Schilde des Islâms, von dem Volke der Araber getragen. Mittelasien und Nordafrika, ja die nördlichen Negervölker des Sudan wurden davon erreicht. Langsam nimmt während des Mittelalters die frische Kraft germanischer Völker die entartete Kultur der Mittelmeerländer auf und verlegt den Kernpunkt des menschlichen Kulturlebens in höhere Breiten. Mittel- und Westeuropa werden der Sitz der Vollkultur, um sie von hieraus wieder nach allen Seiten hin auszubreiten und durch Koloniengründung unmittelbar auch in andere Erdteile zu übertragen.

Jenseits des Ozeans hat sich endlich unter den Amerikanern auch eine eigentümliche Kultur entwickelt. In diesem Falle zwar zwischen den Wendekreisen, aber nicht in den üppigen tropischen Niederungen, sondern auf den rauhen und trockenen, aber auch gesunderen Hochländern der Anden, in Mexiko und Peru. Da sie bei den ungünstigen Küsten, bei der Schmalheit der Hochflächen des regeren Verkehrs entbehrte, war diese Kultur eine sehr einseitige; sie stand freilich noch in ihren Anfängen, als die Welle europäischer Eroberung sie widerstandslos hinwegspülte.

Damit ist jedoch der Begriff der Kulturkreise keineswegs erschöpft. Eben weil die Kultur eine Summe von Errungenschaften der arbeitenden Menschheit in sich fasst, liebt es die Völkerkunde, auf jeder Stufe der Entwicklung diejenigen Völker und Gebiete zu eigenen Kulturkreisen zusammenzufassen, in denen sich ein eigenartiger Zusammenhang gleicher oder sehr ähnlicher materieller oder geistiger Güter nachweisen lässt. So spricht man z. B. von einem westafrikanischen Kulturkreis[83]), der sich durch besondere Formen des Hüttenbaues, der Bewaffnung, von musikalischen Instrumenten, Schmuckverzierungen etc. von den umliegenden Landschaften Nord-, Ost- und Südafrikas unterscheiden soll; so spricht man anderwärts von dem Kulturkreis des Islâm, der neben ähnlichen religiösen Vorstellungen auch zahlreiche Sitten und Vorschriften der Lebensweise über Völker der verschiedensten Rassen verbreitet hat.

§ 315. Halbkultur und Vollkultur. Vom Standpunkt der heutigen europäischen Kultur erscheint es gerechtfertigt, die grosse Mehrzahl der genannten Völker Asiens und Nordafrikas als solche einer Halbkultur zu bezeichnen. Sie nehmen eine nicht scharf zu begrenzende Kulturstufe ein, in der auf wirtschaftlichem und materiellem Gebiete immerhin schon eine beträchtliche Höhe erreicht werden kann, während auf geistigem Gebiet trotz weiter Verbreitung einer gewissen äusseren Bildung — bekanntlich ist die Fähigkeit des Lesens und Schreibens unter den Völkern des ostasiatischen Kulturkreises verbreiteter als unter vielen europäischen — doch noch grosse Befangenheit und Enge der Anschauungen vorherrscht. Gegenüber dem losen inneren Zusammenhang der Naturvölker ist es ein grosser Fortschritt, dass sich bei diesen Halbkulturvölkern eine gewisse Volkstümlichkeit entwickelt und ein Bewusstsein ihrer Eigenart im Gegensatz zu den Sitten anderer Völker besteht. Es zeigt sich daher auch das Bestreben nach Wahrung dieser Eigenart. Die hierher gehörigen Völker wollen die Erhaltung des Volkes als eines Ganzen; sie sind bereit, dieselbe durch staatliche Einrichtungen, die oft einen religiösen Charakter tragen, oder durch Waffengewalt zu bewahren. Sie pflegen aber — man denke nur an die Chinesen, die Inder, die alten Aegypter und Peruaner — ihre Volkstümlichkeit als die einzig berechtigte anzusehen und ihre Bildung entweder ausschliesslich für sich in Anspruch zu nehmen oder mit Waffengewalt den Nachbarnationen aufzudrängen. Das war bei den alten Peruanern der Fall, ähnlich aber auch bei den das Christentum mit den Waffen ausbreitenden europäischen Völkern des Mittelalters, und wir finden den gleichen Geist bei der Mehrzahl der fanatischen Mohammedaner noch heute. Eine besondere Betrachtung erheischt unter den Völkern der Halbkultur die Gruppe der Nomaden (§ 316).

Im Gegensatz zu jenen kann man den Völkern die höchste Stufe zuweisen, deren Streben ein allgemeineres wird, indem sie die gemeinsamen Interessen der Menschheit über die des eigenen Volksstammes stellen, ohne gegen letztere gleichgültig zu sein. Zwar kann solches Bewusstsein wie überhaupt die Pflege geistiger Güter immer nur die Sache einer Minderheit im einzelnen Volke sein, aber es nimmt unter

---

[83]) Zur Erläuterung der Methode (nicht der Praemissen) mag dienen L. Frobenius, Der westafrik. Kulturkreis in Pet. Mitteil. 1897/98, mit Karten.

diesen Völkern der Vollkultur[84]) doch auch ein viel grösserer Kreis von Volksgliedern an den geistigen Gütern teil, es wird eine Mehrheit zu freier Persönlichkeit, zur Anteilnahme an den Interessen des Ganzen erzogen. Die Religion strebt nach einem persönlichen Verhältnis des Einzelnen zu Gott, die Wissenschaft forscht nach den Gründen der Erscheinungen, man bemüht sich um abstrakte, nicht nur um nützliche Fragen. Nicht mit Unrecht hat man die hierher gehörigen Völker humane genannt[85]). Zu ihnen dürfen aus den Völkern des Altertums in Wahrheit nur die Griechen während der wenigen Jahrhunderte ihrer wirtschaftlichen und geistigen Blüte gerechnet werden, und von den heutigen Nationen Europas ist die Mehrzahl erst seit kurzem in dieses Stadium getreten; vor allem seit die die Menschheit umfassenden Lehren des Christentums zur Richtschnur des Völkerrechts und Völkerverkehrs erhoben und — wenn auch oft nur theoretisch — betätigt wurden.

So ist es also heute noch wie vor Jahrtausenden wesentlich die weisse Rasse, welche die wichtigsten Vertreter der höchsten Kultur unter ihren Völkern birgt. Bei ihrer Anziehungskraft einerseits, mehr noch infolge ihrer eigenen Neigung sich nach allen Seiten des Erdballes auszubreiten, findet eine weit stärkere Berührung der verschiedenen Kulturen als je zuvor statt. Dadurch bilden sich hier und da Mischkulturen, wenn, wie es bei den Japanern der Fall ist, ein Volk sich rasch die Errungenschaften einer fremden Kultur aneignen will, ohne gleichzeitig neue Elemente aus den Trägern dieser Kultur in namhafter und das Volkstum umgestaltender Zahl in sich aufzunehmen. Erst die Zukunft kann entscheiden, ob dies gelingt. Ohne Rückschläge erscheint ein so ungewöhnlicher Vorgang, der sich nach den Lehren der Geschichte sonst nur in langen Zeitläuften vollzieht, kaum denkbar.

§ 316. Die Nomaden und ihre Verbreitung. Die wandernden Hirtenstämme[86]) bilden unter den Völkern der Halbkultur wie unter den Naturvölkern einen eigenartigen Typus, geographisch angewiesen auf Gebiete, in denen das Grasland vorherrscht. Die Grundlage ihrer Existenz bietet eine Reihe von hufetragenden Haustieren. Ueber Entstehung von Ackerbau und Viehzucht herrschen noch sehr verschiedene Meinungen. Wir gehen davon aus, dass die Zähmung und vor allem die Erziehung von Haustieren zur Milchabgabe sehr früh die Glieder des nämlichen Stammes nach den recht verschiedenen Beschäftigungen des Landmannes und Hirten schied (S. 785). Ackerbau (im engeren Sinne) und Viehzucht sind fast überall Sache der Männer; die letztere erfordert jedoch ungleich weniger Arbeit als die Pflege des Bodens. Trägheit und das Verlangen nach träger Ruhe sind ein Grundzug vieler nomadischer Völker. Gegenüber dem unsicheren Erwerb an

---

[84]) Alfr. Vierkandt, Natur- und Kulturvölker, 1896, Kap. 5—7. Die Vollkultur. — [85]) M. L. Frankenheim, Völkerkunde, 1852, 188. — [86]) E. Grosse, Die Formen der Familie etc.; 89—132, Die Viehzüchter; F. v. Richthofen, Vorlesungen über allg. Siedlungs- u. Verkehrsgeographie, Berlin 1908, 134—142, Die Nomaden.

Nahrung bei dem Jäger ist die Existenz des Hirten weit weniger sorgenvoll; viele Hirtenvölker führen ein friedliches und behagliches Dasein, voller Geselligkeit und Gastfreundschaft. Die Herden mehren sich von selbst, ohne dass dadurch für die Aufsicht ein sehr viel grösserer Arbeitsaufwand bedingt wäre. Ziege und Schaf (S. 744 ff.) sind die eigentlich Nahrung gebenden Herdentiere der Hirtenvölker; jene als Milchtier, dieses liefert neben Fleisch und Fett (Talg) auch noch Wolle als Hauptstoff zur Bekleidung und zum Zeltdach. Das Rind ist wesentlich nur unter den ost- und südafrikanischen Nomaden Herdentier. In Nordasien tritt das Rentier hinzu. Zur Selbständigkeit ist der Kulturtypus der Hirtenvölker erst gelangt, als sie sich, die für den Ackerbau weniger geeigneteren trockneren Steppenländer besiedelnd, von den Ackerbauern räumlich abzweigten. Dies konnte nicht geschehen ohne Aneignung von grösseren Transporttieren: Esel, Pferd und vor allem Kamel (S. 745). Letzteres hat in den unwirtlichen Gebieten vor dem Pferd den grossen Vorzug, dass es sich von dürftigster Vegetation selbst nährt und nicht der Mitnahme von Futter bedarf.

Ein Hirtenvolk muss sich bei Besetzung eines Gebietes immer in kleine Gruppen und Sippen auflösen, die sich in räumlicher Trennung über die einzelnen Weidegründe oder um die seltenen Wasserplätze verteilen. Der Boden gilt überall als Gemeinbesitz. Das Heuen und Aufspeichern von Vorräten für die dürre Jahreszeit kennt man nicht. Man zieht, wenn ein Gebiet abgeweidet ist, das stete Wandern vor. In gleichmässigem Wechsel vollzieht sich dasselbe innerhalb der gleichen Grenzen je nach den Jahreszeiten, indem die gesamte Habe mitgeführt wird. Daher finden wir nur bei wenigen Hirtenvölkern dauernde Ansiedelungen; das Zelt ist ihr Wohnhaus. Die mehr sesshaften Betschuanen Südafrikas z. B. mit ihren volkreichen Ortschaften gehören nicht eigentlich unter die Nomaden, ebenso wie wir uns die alten Germanen im Zustand halber Sesshaftigkeit und nicht ohne Hackbau zu denken haben.

Weitaus die meisten Nomaden bedürfen aber vegetabilischer Nahrung; die wenigsten leben ausschliesslich von Milch und vom Fleisch ihrer Herden. Sie sind daher, soweit sie sich nicht selbst gelegentlich zu einem flüchtigen Hackbau bequemen, auf den Austausch mit den getreidebauenden Nachbarvölkern angewiesen [87]). Sie erhandeln das Mehl gegen Erzeugnisse ihrer Viehzucht. Im grossen Steppen- und Wüstengürtel übernehmen sie gleichzeitig den Warentransport als Gegenleistung und bilden damit seit den ältesten Zeiten ein wichtiges Glied im binnenländischen Weltverkehr.

Vielfach hängt der Charakter des Hirtenvolkes von der Natur seiner Herdentiere ab. Welcher Gegensatz zwischen den friedlichen Rentierhirten, den Lappen und Tungusen in Europa und Nordasien, oder den Kirgisen, deren Hauptreichtum in Schafen besteht, gegenüber den Reiterstämmen des Altertums, den Mongolen in Mittelasien während des Mittelalters oder den Arabern, denen die Kraft und Schnelle des Pferdes und Kamels Kriegs- und Raubzüge so leicht machten. Diese

[87]) E. Hahn, Die Wirtschaftsformen der Erde, Pet. Mitt. 1892, 11.

steten Kämpfe um den Besitz von Weideplätzen und Quellen, des Lebenselementes der Beduinen, sind die Schule des Krieges, unter dem die friedlichen Ackerbauer so vielfach von benachbarten Nomaden zu leiden gehabt haben[88]). Heimlich überfällt eine kleine bewaffnete Schar die zerstreuten Zeltgruppen eines feindlichen Nomadenstammes einzeln, sodass sie sich nicht zur Wehre setzen können. Fliehend in der Gegenrichtung des Ansturms bleibt den Bedrängten, wenn von den Angreifern überholt, meist nur die Wahl zwischen Tod oder Anschluss an den Siegeszug, der somit lawinenartig anwächst; um so mehr, je weitere Gebiete zu durchziehen sind, bis die Stätten des Ackerbaues erreicht werden. Wie ein reissender Fluss ergiessen sich die Scharen dann über weite Gebiete, bunt zusammengesetzt aus den verschiedenartigsten Stämmen. An Zahl von den bedrängten Völkern wohl immer beträchtlich überschätzt, haben sie sich der geordneten Schlacht selten gewachsen gezeigt. Rasch pflegen übrigens die durch solche Eroberungszüge von Steppenvölkern gegründeten Reiche wieder zu zerfallen. Beispiele liefert die Geschichte Arabiens seit Mohammed und die der Mongolen. Bei den Gauchos in Südamerika waren ähnlich kühne Anführer einzelner Banden die rasch wechselnden Diktatoren der La Platastaaten. Das Nomadentum in Amerika hat sich bei dem Mangel an Herdentieren selbstverständlich erst durch die Einführung solcher von Europa aus bilden können. Namentlich hat diejenige des Pferdes teils in Nordamerika (Komantschen), teils in den Pampas Südamerikas (Pehuelches) Reitervölker erzeugt, deren letzter Zweck nichts anderes als Raub und Krieg war.

Die Ausbreitung der nomadischen Völker hat indessen auch ihren Höhepunkt überschritten und ihr ehemaliges Gebiet ist durch das Vordringen des Ackerbaues und den allmählichen Uebergang einzelner Nomadenstämme zum sesshaften Leben mehr und mehr eingeschränkt. Dies gilt besonders vom südöstlichen Europa und westlichen Nordamerika. Südrussland, im Altertum von den nomadischen Skythen bewohnt, ist jetzt grösstenteils ein Land sesshafter Bewohner.

Die Zahl nomadisch lebender Völker wird heute 20 Mill. Seelen wohl nicht übersteigen; aber sie verteilen sich auf eine Fläche von sicher 25—30 Mill. qkm. Stellenweise ist das von ihnen bewohnte Gebiet von Oasenketten mit ansässiger Bevölkerung durchsetzt; diese ist in obiger Zahl nicht mit enthalten.

§ 317. Wirtschaftsstufen der ansässigen Kulturvölker[89]). Ursprünglich bewegt sich der menschliche Güterverkehr im engen Rahmen der Hauswirtschaft. Bei dieser wird, was die Glieder der Hausgemeinschaft bedürfen, auch in dieser erzeugt und gewonnen, gleichviel ob Jagd, Viehzucht oder Ackerbau die vorherrschende Form des Nahrungserwerbes ist. Ungleich mehr als der Jäger und Hirt bedarf der ackerbauende Mensch an Werkzeugen und beweglichen Besitztümern; die feste Wohnung hält von selbst zur Beschaffung solcher an. Anfangs verfertigte sich der Mensch alle Dinge noch selbst, wie der schwedische Bauer bis in unsere Tage sein Eisengerät sich aus Eisen herstellte, welches er selbst aus den Erzen schmolz, seine Kleidung selbst webte und nähte, sein Haus zimmerte. Durch Aufnahme von Sklaven in die Hauswirtschaft haben Griechen und Römer

[88]) W. W. Grigoriew, Die Nomaden als Nachbarn und Eroberer civilisierter Staaten, St. Peterb. 1875. — [89]) Hauptsächlich nach K. Bücher, Die Entstehung der Volkswirtschaft, Tübingen 1893, 8. Aufl. 1911.

die Hauswirtschaft auf einen hohen Grad von Leistungsfähigkeit gebracht, indem die Arbeitsteilung alle Arten von Gewerben hervorrief, die aber sämtlich nur die Bedürfnisse des Hausherrn und der Hausgemeinschaft zu befriedigen hatten. Auch die mittelalterliche Fronwirtschaft, die eine grössere Zahl am gleichen Ort wohnender Menschen als Hörige in den Dienst des Grundherrn stellte, geht nicht über den Rahmen der Hauswirtschaft hinaus. Denn was an Gütern erzeugt wird, gelangt meist unmittelbar in den Verbrauch des Grundherrn.

Erst wenn die Einzelwirtschaft Güter bedarf, die sie nicht selbst hervorbringen kann, entwickeln sich die Bedingungen des Tauschverkehrs. Sie muss dazu selbst irgend ein Produkt in solcher Menge erzeugen, dass sie davon gewisse Mengen als Tauschgegenstände abgeben kann. Es bedarf dazu einer leicht erreichbaren Stätte für regelmässigen Tausch. Eine ackerbautreibende, in Höfen und Dörfern angesiedelte Bevölkerung findet diese in einem Markte, in dem sich als Kunden landwirtschaftlicher Erzeugnisse vorzugsweise Gewerbetreibende festsetzen. Der Stand des Kaufmanns, der Waren kauft, um sie wieder zu verkaufen, ist in diesen Märkten eine spätere Erscheinung. Aus letzteren ist die Mehrzahl der sog. Landstädte entstanden, die bis heute mit ihrer ländlichen Umgebung kleinere oder grössere territoriale Wirtschaftsgebiete bilden, wenn auch im Laufe der Zeit der Charakter der geschlossenen Stadtwirtschaft durch die Entwicklung des Verkehrs vielfach abgestreift ist. Die Lebensfähigkeit einer solchen Landstadt beruht auf einer gewissen Grösse des wirtschaftlichen Gebietes oder ihrer Landschaft, sie dürfen also nicht willkürlich durch Verleihung von Gerechtsamen in unbeschränkter Zahl gegründet werden.

Im dichtbevölkerten Südwestdeutschland kommt etwa auf je 140 qkm eine Stadt (im territorial zersplitterten Mitteldeutschland auf je 100), in Rheinland und Westfalen auf je 200, in Norddeutschland auf je 300—350, in Ostpreussen auf je 550 qkm.

Zur Volkswirtschaft hat sich das Wirtschaftsleben der Kulturvölker erst spät entwickelt. Sie beginnt in Europa am Ende des Mittelalters mit der Entstehung in sich geschlossener Staatsgebilde. Die Beugung politischer Sonderinteressen unter die Zwecke der Gesamtheit geht mit der wirtschaftlichen Zusammenfassung der Kräfte Hand in Hand, bald jene vorbereitend, wie der deutsche Zollverein der Vorläufer des neuen Deutschen Reiches war, bald ihr nachfolgend. Die Berufsgliederung hat zugenommen. Einzelne Städte, begünstigt durch eine gute Verkehrslage, wachsen und vergrössern ihr Wirtschaftsgebiet mehr und mehr. Daneben beginnen einzelne Gewerbe bodenständig zu werden d. h. landschaftsweise sich festzusetzen, anknüpfend an die nun erst in Aufschwung kommende Ausbeutung von Bodenschätzen, vor allem von Kohle und Eisen. Seit dem 16. Jahrhundert beginnt einer der aufstrebenden europäischen Staaten nach dem anderen mit den Versuchen, alle durch die Bodenbeschaffenheit und geographische Lage gegebenen Bedingungen des wirtschaftlichen Lebens im eigenen Volk zu entwickeln (Merkantilsystem). Herstellung von Wege-

netzen, Beseitigung von Verkehrshindernissen, Entwicklung aller natürlichen Hülfsquellen des eigenen Landes, Ermunterung zur Aufnahme neuer Gewerbe, Anknüpfung von Handelsbeziehungen mit Nachbarvölkern zur Gewinnung notwendiger Rohstoffe oder zum Absatz heimischer Erzeugnisse, Ausdehnung des heimischen Wirtschaftsgebietes durch Koloniengründung, Schutzmassregeln gegen die Ausbeutung des eigenen Volkes durch den Handelsgeist der Fremden — alles das sind Massnahmen einer Wirtschaftspolitik, die in tausend Formen das materielle Wohl des eigenen Volkes mit allen seinen Gliedern bezweckt und dabei oft rücksichtslos nur die Interessen der eigenen Staatsgenossen im Auge gehabt hat und noch hat. Da die Kulturaufgaben in raschem Wachstum begriffen und die kleinen territorialen Gebilde diesen nicht mehr gewachsen sind, sehen wir unter unseren Augen diese letzteren sich mehr und mehr zu grossen Nationalstaaten oder volkswirtschaftlichen Genossenschaften zusammenschliessen.

Bereits ist die Mehrzahl der Völker des europäischen Kulturkreises in das letzte Stadium der wirtschaftlichen Entwicklung, das der Weltwirtschaft[90]), eingetreten. Nicht in dem Sinne, dass die nationalen Wirtschaftsgebiete schon anfingen sich aufzulösen, und die grossen Staaten vertragsweise die wirtschaftlichen Aufgaben der Gütererzeugung je nach den natürlichen Bedingungen verteilten. Wohl aber in dem anderen, dass die jeweilige Bevölkerung der einzelnen Länder tatsächlich von der Arbeit zahlreicher, oft weit entfernter Gebiete abhängig wird, dass teils die Erzeugung des eigenen Landes an Nahrungsmitteln nicht ausreicht und durch fremde Ernten ergänzt werden muss, teils die gewerblichen Erzeugnisse immer neue Absatzgebiete im Auslande aufsuchen müssen, um sich bezahlt zu machen. Durch zahlreiche Fäden hängt somit das wirtschaftliche Leben dieser Völker mit dem Wohl und Wehe anderer zusammen. Die Verschiedenheit der natürlichen Ausstattung und wirtschaftlichen Ausbeutung aller Teile der Erde jedem einzelnen Kulturvolk zu gute kommen zu lassen, ist das Ziel dieser Weltwirtschaft und des Weltverkehrs. Beide in den Anfängen bereits jedem Zeitalter, in dem Kulturvölker in Berührung traten, eigen, konnten sich in einem die Erdoberfläche umspannenden Masse doch erst durch das Emporkommen der modernen Verkehrsmittel entwickeln. (Abschnitt VII.)

---

[90]) B. Harms, Volkswirtschaft und Weltwirtschaft. Versuch der Begründung einer Weltwirtschaftslehre, Jena 1912.

IV. Die Staaten (Politische Geographie[91]).

§ 318. Die Besitzergreifung der Erdoberfläche durch die Menschen. Wie durch die gesamte wirtschaftliche Kulturentwicklung der Menschheit eine immer engere Verwachsung mit dem Boden, eine stärkere Ausnutzung desselben als echtes Kennzeichen der Fortschritte hindurchzieht (S. 784), so ist auch eine immer festere Besitzergreifung der Erdoberfläche durch die einzelnen voneinander unabhängigen Menschengruppen das Ergebnis der menschlichen Geschichte. Den ersten Menschen stand, wenn wir sie uns von einem Mittelpunkte ausgehend denken, das gesamte Festland der Erde zur Wanderung und Wahl des Wohnsitzes offen. Die Welt war sozusagen Niemandsland. Wohin sich einzelne Zweige der Menschen wandten, hatten sie sich zuerst nur gegen die feindliche Tierwelt zu behaupten, die bekanntlich auch heute noch nach so vielen Jahrtausenden des Vernichtungskampfes durch die Menschen kleine tropische Landstriche fast unbewohnbar macht. Mit der Vermehrung der Menschen beginnen die feindlichen Berührungen, die ihre letzte Ursache in dem Eindringen Stammesfremder in das bisher allein behauptete Wohn-, Jagd- oder Weidegebiet einer einzelnen Horde oder eines Stammes haben. Man schliesst sich zur Verteidigung der letzteren zusammen und die Nachbarn einigen sich zuletzt über gewisse Abgrenzungen ihrer Wohngebiete. So liegen auch bei den niedersten Kulturvölkern, bei scheinbar regellos umherschweifenden Jägern und Hirten die Keime staatlicher Bildung, indem sie für sich einen bestimmten Teil der Erdoberfläche, gleichsam ein Staatsgebiet, in Anspruch nehmen. Man pflegt freilich von staatlichem Zusammenschluss nur bei Völkern höherer Kultur zu sprechen, weil bei diesen die Vereinigung einer Menschengruppe unter eine gemeinsame Leitung nicht nur gelegentlich zur Abwehr feindlicher Einfälle, sondern dauernd und zu immer vielseitigeren Zwecken des Gemeinwohls erfolgt. „Der Staat, entstanden des Zusammenlebens wegen, besteht zum Zweck des Glücklichlebens“ (Aristoteles).

---

[91]) Vergl. besonders die vielseitige, z. T. erschöpfende, durch zahlreiche Anwendungen belegte Behandlung der in diesem Kapitel zur Sprache kommenden Fragen in Fr. Ratzels Politischer Geographie oder Geographie der Staaten, des Verkehres und des Krieges, München 1897; 2. Aufl. 1903. Vielfach schliesst sich die nachfolgende Darlegung daran an. Manche Punkte werden in jenem Werk zum ersten Male ausführlich zur Erörterung gestellt. Nur zu wenigen der bestreitbaren kann an diesem Orte Stellung genommen werden.

Allmählich ist das herrenlose Land auf der Erde schmäler geworden und, wenn wir die neueste Zeit ins Auge fassen, so geht durch die wirtschaftlich hochstehenden Völker die Empfindung, dass binnen kurzem die bewohnte Erde in allen ihren Teilen in feste Hände übergehen wird. Jeder sucht sich nach Möglichkeit seinen Anteil für die Zukunft zu sichern. Indem auf diese Weise wenige kraftvolle Staatswesen von weiten Gebieten Besitz ergriffen haben, in denen bisher zahlreiche Stämme und Völker in Unabhängigkeit lebten, hat sich auch im Punkte des öffentlichen Landbesitzes der Vorgang vollzogen, der das Ergebnis wirtschaftlicher Entwicklung hinsichtlich des Privatbesitzes in so vielen Ländern der Erde ist: Rückgang des kleinen Grundbesitzes und Vereinigung grosser Latifundien in der Hand weniger Grossgrundherren.

Sehen wir von den Landstrichen in Mittelafrika oder im Innern Arabiens ab, wo allein europäischer Einfluss sich noch kaum hat geltend machen können und sich die Zahl der gebietenden Herrscher schwer bestimmen lässt, so steht der übrige Teil der Erdoberfläche mit seinen mehr als 1600 Mill. Menschen am Beginn des 20. Jahrhunderts unter der Botmässigkeit von wenig mehr als 50 Herren. Davon entfallen, wenn gleichfalls winzige Staatsgebilde, die ohne eigene wirtschaftliche Selbständigkeit mehr dem Zufall ihre Entstehung und Erhaltung verdanken, ausser Betracht bleiben (§ 320), rund je 20 selbstständige Staaten auf Europa und Amerika. Da es sich mit geringen Ausnahmen in Amerika um europäische Tochterstaaten handelt, so ist in politischer Hinsicht die Europäisierung der Erde seit der Entdeckung Amerikas in dem Masse fortgeschritten, dass etwa 115 Mill. Quadratkilometer mit mehr als 1180 Mill. Bewohnern auf die Staaten, Nebenländer und Kolonialbesitzungen etc. zu rechnen sind, in denen die weisse Rasse die Macht tatsächlich oder dem Namen nach ausübt. Und auch der grössere Rest selbständiger Staaten wie Siam und Persien, Afghanistan, Türkei wehren sich nur mühsam gegen den Fortgang dieses übergreifenden politischen Einflusses. Nur im Osten Asiens hat sich in den letzten Jahrzehnten ein Gegengewicht gebildet durch den überraschend schnell vollzogenen Uebergang Japans zur Grossmacht, die ihren Einfluss auf ganz Ostasien zu erstrecken sucht. Uebrigens ist, wie angedeutet, die Herrschaft der Europäer in manchen Gebieten, namentlich Afrikas, zur Zeit nur eine nominelle, und Horden und Stämme führen unbekümmert um jene Ansprüche der Weissen innerhalb der Grenzen der beanspruchten Gebiete ein unabhängiges Dasein.

§ 319. Staatsrechtliche Form der Staaten. In jedem Staatswesen übt eine Minderheit die Herrschaft über die Gesamtheit aus. Die Machtvollkommenheit der ersteren ist eine höchst verschiedene; besonders beschränkt bei den meisten Häuptlingen unter den Natur- oder Halbkulturvölkern.

Geht die höchste Gewalt von einem Oberhaupte aus, so heisst der Staat monarchisch. Eine Monarchie erscheint als Despotie, wenn die Untertanen dem Staatsoberhaupte gegenüber rechtlos sind, d. h. nur als Sachen behandelt werden; als Autokratie, wenn die gesetzgebende Macht allein beim Fürsten

steht, der sich aber dem Gesetz unterordnet wie bis in jüngste Zeit in Russland; als konstitutionelle Monarchie, wenn der Fürst das Recht der Gesetzgebung und die Ueberwachung der Staatsgewalt mit erblichen oder gewählten Vertretern des Volkes teilt. Im Freistaat oder in der Republik betrachtet sich dagegen das gesamte Volk als Inhaber der höchsten Staatsgewalt, überträgt aber deren Ausübung durch Wahl auf Einzelne. Sie erscheint als Aristokratie (die alte römische Republik, die italienischen Republiken des Mittelalters), wenn jene Wahl sich auf die Glieder weniger Familien beschränkt; als Demokratie (Frankreich, Schweiz, amerikanische Staaten), wenn die Regierungsgewalt durch gewählte Vertreter des ganzen Volkes ausgeübt wird.

Wichtiger ist es für die politische Geographie, die stets den Staat als ein in eigentümlicher Abgrenzung bewirtschaftetes Stück der festen Erdoberfläche betrachtet, auf den Unterschied zwischen Einheitsstaat und Bundesstaat hinzuweisen. In ersterem übt die Zentralgewalt in allen räumlichen Teilen des Staatsgebietes die vollen und gleichen Rechte aus oder es hängt jedenfalls von ihr ab, welchen Grad von Selbständigkeit sie den einzelnen Landschaften, seien es heimische Provinzen, neu erworbene Territorien, oder ferne Kolonien, gewähren will. Im Bundesstaat pflegt eine Reihe von gleichberechtigten selbständigen Staatswesen sich dauernd gewisser Rechte zu begeben und diese an eine gemeinsame Bundesregierung zu übertragen, sei es zum Zweck gemeinsamer Landesverteidigung oder um sich zu einem einheitlichen Wirtschaftsgebiet zusammen zu schliessen. Auf dem richtigen Gleichgewicht zwischen der die Gemeinsamkeit der Interessen nach innen und aussen vertretenden Zentralgewalt und dem Mass von Selbständigkeit, welches die räumlichen Teile des Staates mit ihren Bewohnern, seine natürlichen Landschaften oder historisch zu Einheiten zusammengewachsenen Provinzen besitzen, beruht das Wohl und das Gedeihen des Staates, gleichviel ob er Einheitsstaat oder Bundesstaat ist.

Der letztere gewährt allerdings nach seiner Grundlage den zugehörigen Gliedern eine grössere Selbständigkeit. Für einzelne Völker bildet der Bundesstaat vermöge tief wurzelnder nationaler Neigungen nach landschaftlichem Sonderleben den Abschluss staatlicher Entwicklung; so beim Deutschen Reich, der Schweizerischen Eidgenossenschaft, den Vereinigten Staaten von Amerika. In neuerer Zeit sehen wir manche jungen amerikanischen Staaten mit der wirtschaftlichen Erstarkung einzelner Landschaften aus dem ursprünglichen Einheitsstaat in die Form des Bundesstaates (Föderativ-Republiken) übergehen wie Mexiko und Brasilien.

Bis jetzt kennen wir nur Bundesstaaten, die sich über räumlich zusammenhängende geschlossene Gebiete desselben Kontinents und meist auch von national einheitlicher Bevölkerungsgruppierung ausdehnen. Bundesstaaten, welche aus wirtschaftlich gänzlich verschiedenen Teilen bestünden, so wie sie etwa die kolonisatorische Tätigkeit europäischer Nationen in den modernen Kolonialreichen vereinigt hat, gibt es zur Zeit nicht. In früheren Zeiten haben sich fast alle wichtigen Kolonien nach ihrer Erstarkung vom Mutterlande losgelöst und sind zu selbständigen Staaten geworden. Vielleicht dass in Zukunft die

Form des Bundesstaates zwischen Mutter- und Tochterstaaten die heutigen Kolonialreiche, vor allem das britische, vor dem Zerfall bewahrt und die politische Geographie dann von Bundesstaaten zwischen weit zerstreuten Gebieten der Erde zu berichten hat.

Methodisches. Mit dem Eintritt eines Staates in einen Bundesstaat verschwindet er völkerrechtlich aus der Reihe vollkommen unabhängiger Staaten. Im allgemeinen geht durch die politische Geschichte die gleiche Entwicklung wie durch die wirtschaftliche, nämlich die Neigung zur Bildung immer grösserer Verbände. Doch nicht jedes selbständige Territorium findet den geeigneten Anschluss. Es bleiben manche zwischen den grössern gebettet in politischer Selbstständigkeit weiter bestehen. Die vergleichende politische Geographie hat bisher diese völkerrechtliche Selbständigkeit zur alleinigen Richtschnur der Klassifikation ihrer Objekte gemacht. Sie spricht davon, dass Europa zur Zeit 24 „Staaten" beherberge und stellt hierbei winzige Staatengebilde wie Monaco neben Frankreich, das Fürstentum Liechtenstein ebenbürtig neben das Deutsche Reich etc.[92]). Darin liegt vom geographischen Standpunkt insofern ein methodischer Fehler, als sozusagen nur die Formen ohne Rücksicht auf Ausdehnung und Inhalt in Vergleich gestellt werden. Man kann die selbständigen Staaten anschaulich mit rings vom Wasser umflossenen, also gegenseitig getrennten Festlandstücken vergleichen; die grossen entsprechen den Kontinenten, die kleinen den Inseln. Unter letztern unterscheidet die physische Geographie selbständige Bruchstücke der Kontinentalmassen von den unselbständigen Küsteninseln (§ 190). Untergeordnete Trabanten der Festlandsränder nannten wir die letzteren. Ganz ebenso sind solche wirtschaftlich unselbständigen Gemeinwesen wie die Zwergstaaten Monaco, San Marino, Andorra, Liechtenstein, die der Duldung ihrer mächtigen Nachbarn ihr Dasein zum Teil schon seit Jahrhunderten verdanken, als einfache Trabanten der grösseren Staaten, in deren Gebiet sie eingebettet sind, zu bezeichnen. Häufig kommt dies Verhältnis in dieser oder jener völkerrechtlichen Form zum Ausdruck; wie z. B. das Grossherzogtum Luxemburg zwar nicht ein Glied des Deutschen Reiches, aber wohl des Deutschen Zollvereins ist.

§ 320. Die Staatsgrundmacht. Aus dem reichen Inhalt der heutigen Staatenkunde gehört in die allgemeine Geographie in erster Linie die Frage nach dem Staatsgebiet und nach den zugehörigen Bewohnern, jenes ein begrenztes Stück der festen Erdoberfläche, diese ein zusammengeschlossener Teil der jeweilig lebenden Menschenwelt, welcher den Boden des Staates in Anspruch nimmt und in irgend einer Form ausnutzt. Das wird in sehr verschiedener Weise geschehen können, richtet sich aber nicht nur nach den natürlichen Eigenschaften, nach Lage und Grenzen, Klima und Fruchtbarkeit, Boden-

[92]) Auf diesem Standpunkt stand auch Ratzel (vergl. bes. Polit. Geographie 1897, Kap. 13; 1903, Kap. 12: Die politischen Räume) infolge der logisch wohl nicht haltbaren Grundanschauung, dass die politische Geographie den „Raum eines Staates" einmal an sich als Anteil der Erdoberfläche, dann aber auch als Boden, auf dem die Bevölkerung dieses Staates wohnt etc., zu betrachten habe; man könne die politischen Räume „absolut" und „relativ" auffassen (das. 1897, 382; 1903, 424). Aber ist denn der Raum eines Staates d. h. das nicht physisch, sondern politisch begrenzte Stück der Erdoberfläche an sich denkbar, ohne die Voraussetzung, dass die Menschen ihn in eigenartiger Weise abgegrenzt haben? Die politischen Räume d. h. hier zunächst die Staatsgebiete zerfallen, wenn die Staaten, welche ihnen Form und Inhalt gegeben haben, verschwinden. Das Land existiert auch ohne die Menschen, aber als politischer Raum im absoluten Sinn nicht.

schätzen und Wegsamkeit des Staatsgebiets, sondern ebenso nach Menge und Kulturzustand, Tapferkeit und Umsicht, Ausdauer und Betriebsamkeit der Bewohner.

Die Staatsgrundmacht setzt sich daher aus beiden Momenten zusammen, sie sind untrennbare Begriffe. Es gibt zwar landlose Völker[93]) wie die Juden, die Zigeuner, aber sie wohnen dann als Glieder anderer Staaten zerstreut und besitzen kein eigenes Staatsgebiet oder befinden sich wie zu den Zeiten der grossen Völkerwanderung nur in einem Uebergangsstadium zwischen einem Aufgeben des bisherigen Wohnsitzes und neuer Ansiedelung in herrenlosem Land oder im Zustand erobernden Einbrechens in andere Staaten. Damit setzen sie sich dann wieder in den Besitz eines eigenen Staatsgebietes.

Methodisches. „Land und Volk" zu schildern ist seit den ältesten Zeiten die Aufgabe der Geographie gewesen. Die Länderkunde hat von jeher die Aufgabe verfolgt, die nach und nach den Kulturvölkern bekannt werdenden Teile der Festlandsmasse durch Grenzlinien in leichter überschaubare Abteilungen, Länder und Landschaften zu zerlegen. Hierbei bildete zumeist die vorgefundene oder vermutete Verteilung der Wohnsitze der einzelnen Stämme und Völker die Grundlage zur Festlegung von Grenzen. Wo sich mehrere Nachbarstämme berührten, da begann ein neues „Land". Länder- und Völkerkunde mussten daher in diesem Stadium von der gleichen Einteilung der bekannten Erdoberfläche ausgehen.

Im bunten Wechsel verschiebt sich freilich das Netz von Grenzlinien, das die Menschen bei ihren Staatenbildungen über die Erdoberfläche hinziehen. Die politische Karte, welche bestrebt ist, die jeweiligen Besitzverhältnisse der Einzelstaaten oder staatenloser Horden zur Anschauung zu bringen, kann im Grunde nur ein Augenblicksbild geben. Dennoch hat sich diese im Bilde darstellende Geographie der Eintragung politischer Grenzen mit Vorliebe in den letzten Jahrhunderten hingegeben, sich damit an das eigentlich greifbare Ergebnis äusserer historischer Entwicklungen haltend. Der eine Hauptbestandteil der Staatsgrundmacht ward damit sichtbar und vergleichbar vor Augen geführt. Lage, Grösse, Grenzverlauf, natürliche Beschaffenheit des Staatsgebietes lässt sich dadurch in den Hauptzügen mit einem Blick von der Karte ablesen.

Erst später ist zur Erfassung dieser Verhältnisse das Mass oder die Zahl gekommen. Bis zum Ende des 17. Jahrhunderts konnte wohl die Klage erhoben werden, dass die Geographie in öder Anhäufung von Namen gipfle, aber von einer Beschwernis durch Zahlen ward nicht geredet. Kaum dass man die Grösse eines Landes oder Staatsgebietes durch eine Angabe der Ausdehnung in dieser oder jener Richtung, also im Wegemass, zum Bewusstsein brachte. Erst seit Anfang des 18. Jahrhunderts beginnt sich der Vergleich mit der Flächeneinheit einzubürgern, man gibt die Grösse von Staaten und Ländern in Quadratmeilen etc. an.

Allmählich steigerte sich das Material, das durch staatliche Massenerhebungen über die verschiedensten Seiten der Staatsgrundmacht, der wirtschaftlichen Kultur, des Handels und Verkehrs zusammengetragen ward. Heute verfügt die politische Geographie über eine Fülle von statistischen Belegen aller Art. Indem man dies Zahlenmaterial massenhaft ohne Sichtung und überschaubare Auswahl, ohne die Ziffern durch Abrundung und Abkürzung fass-

[93]) Ratzel, Polit. Geogr., 1897, 34 ff., 1903, 38 ff.

bar zu machen, in Hand- und Lehrbücher überträgt, ist es für die meisten ein unverdaulicher Ballast geworden[94]). Auch im Kreise der heutigen wissenschaftlichen Geographen trägt man diesem Gesichtspunkt noch wenig Rechnung. Kaum ein Zweig der angewandten Erdkunde liegt noch so in den Anfängen, als der staatenkundliche, soweit er mit Zahlen operiert.

Dieser Punkt kann nicht scharf genug hervorgehoben werden. Es ist zwar verständlich, wenn ein Quellenwerk wie „Die Bevölkerung der Erde" (s. S. 754) das rechnerische Ergebnis planimetrischer Ausrechnung genau mitteilt, weil es aus der Summation zahlreicher Einzelposten hervorgeht. Aber vergleichende Uebersichten, Hand- und Lehrbücher sollten sich bei Aufnahme statistischer Zahlen des problematischen Charakters derselben erinnern. Es erweckt vollkommen falsche Vorstellungen im Leser, wenn so riesige Flächen wie das Russische Reich bis auf die Einheit der Quadratkilometer angegeben werden (22429998!), wo man bei der Unsicherheit der Karten Nordasiens und der planimetrischen Ausmessung auch nicht die Zehntausende der Quadratkilometer verbürgen kann.

§ 321. Grössenklassen der Staaten. In der physischen Geographie haben wir uns bei Scheidung der Geländeformen der Erdoberfläche in Gross- und Kleinformen (§ 154) von vornherein auf den heutigen Standpunkt unseres geographischen Horizonts gestellt. Das ist bei den historischen Gebilden der Staaten nicht durchweg angebracht. Begriffe wie Weltreiche und Grossmächte richten sich einerseits hinsichtlich ihres Staatsgebiets nach den jeweiligen Vorstellungen des Zeitalters von der Grösse der bewohnbaren Erde überhaupt, andererseits in Rücksicht auf die Volkszahl nach dem Stand, auf dem sich die gesamte Bevölkerung des Naturkreises in den verschiedenen Epochen der Weltgeschichte tatsächlich befand. Aber auch das, was wir heute einen Mittel- oder Kleinstaat nennen würden, wird in Zeiten enger begrenzten Weltverkehrs und geringer allgemeiner Volksdichte eine ganz andere Bedeutung besessen haben, als heute, wo wir alles nach erdumfassendem Masse messen. Mit andern Worten, es lässt sich für die Kategorien von Staatsgrössen keine absolute Skala aufstellen, sondern nur eine mit den Zeiten wechselnde.

Nun ist es an sich nicht schwer, an der Hand historischer Karten von der Mehrzahl der Staatsgebilde alter und neuer Zeit eine annähernd richtige Vorstellung der Gebietsgrössen zu gewinnen. Die Karten lassen sich (§ 114) ausmessen (was freilich für historische Zwecke bisher nur in verschwindendem Masse geschehen ist). Hinsichtlich der Bevölkerungsmengen sind wir jedoch bei dem Mangel fast aller Ueberlieferung auf unsichere Vermutungen angewiesen; sie sind denn auch für die politische Geographie des Altertums und Mittelalters nur selten versucht[95]).

---

[94]) Vergl. die beherzigenswerten Worte E. Hammers über derartige Abrundungen im Geogr. Jahrb. XIX, 1896, 28, und besonders seine Vorschläge in dem Aufsatz „Die Genauigkeit der Flächenangaben in der Geogr." (Geogr. Zeitschr. VI, 1900, 139—148), ferner in Th. Willers Schrift, Zur Geschichte der geogr. Flächenmessung das Kapitel: Die Abrundung der Ergebniszahlen (Ergänzungsheft zu Pet. Mitt. Nr. 170, 1911, 66ff.). Vergl. auch unten § 331 die Betrachtung über den Grenzsaum. — [95]) Ein hierher gehöriger Versuch liegt vor in J. Beloch's Werk: Die Bevölkerung der griechisch-römischen Welt, Leipzig 1886.

§ 322. Weltreiche und Kolonialreiche. Was wir schlechtweg Weltgeschichte zu nennen pflegen, spielte sich bisher bekanntlich in Wahrheit nur innerhalb des westasiatisch-europäischen Kulturkreises ab. Zu keiner Zeit sind sämtliche Stämme und Völker desselben zu einem sie alle umfassenden politischen Verband gelangt. Alle sogenannten Weltreiche haben stets nur einen, wenn auch immer sehr bedeutenden Bruchteil des dem Zeitalter bekannten Erdkreises unter eine Herrschaft vereinigt. Sie haben sich aber durch Ausdehnung und Macht doch so sehr über alle nicht unterworfenen Staaten und Länder erhoben, dass kein zweites politisches Gebilde gleichzeitig ihnen ebenbürtig gegenüberstand. In diesem Sinne ist die Zahl der Weltreiche, die bisher bestanden haben und bis auf das Römische nur von kurzer Dauer waren, nur gering.

Um einen Massstab für die räumliche Ausdehnung dieser grössten Staatsgebilde zu gewinnen, empfiehlt es sich, stets einige Vergleichsgrössen im Gedächtnis zu behalten. Es umfasst:

Deutsches Reich . . .	540 000 qkm	oder rund	$^1/_2$ Mill. qkm
Europäisches Russland .	5 400 000 qkm	„	5 Mill. qkm
Europa im weiten Sinn		„	10 Mill. qkm

Gehen wir, ohne zu weit ins Altertum zurückzugreifen, von dem Perserreiche unter Darius Hystaspis (um 500 v. Chr.) als erstem der Weltreiche aus, so umfasste dies mit 7 Mill. qkm[96]) Gebietsfläche immerhin wohl mehr als $^1/_6$ der damals bekannten Erdoberfläche (40 Mill. qkm zur Zeit des Eratosthenes 200 v. Chr., S. 271)[97]). Weder das Reich Alexanders des Grossen, noch das Römische Reich haben mit je $5 — 5^1/_2$ Mill. qkm zur Zeit ihrer grössten Ausdehnung über den gleichen Landraum verfügt[98]). Aber da der geographische Horizont in der römischen Kaiserzeit bereits gegen 100 Mill. qkm umfasste (S. 272), so sinkt das Römische Reich (mit Einschluss des Mittelmeers, 3 Mill.) auf $^1/_{12}$ desselben herab. Die kurzlebigen Weltreiche der Araber im 10. Jahrh. und der Mongolen im 13. erreichten schon eine Grösse von 10—11 Mill. qkm, dem heutigen Chinesischen Reiche (11 Mill. qkm) vergleichbar, seitdem dieses im

---

[96]) Wenn man dem Persischen Reiche um jene Zeit nur 5 Mill. qkm (Ratzel, Polit. Geogr. 1897, 195) oder 6 Mill. (das. 2. Aufl., 219) gibt, so ist daran zu erinnern, dass Kleinasien, Armenien, Syrien, Aegypten und Iran allein schon eine Ausdehnung von 5 Mill. qkm haben, also Baktrien, Sogdiana und alle persischen Eroberungen im Gebiet des Oxus, Jaxartes, Indus, im Süden des Kaukasus, in Thrazien und Mazedonien ausser Rechnung bleiben würden. — [97]) Ratzel (1897, 194; 1903, 218) nahm als Gesichtskreis der Griechen zur Zeit Herodots nur 8 Mill. qkm an, wovon $^1/_3$ dem Mittelmeer angehört habe. Da dieser aber von den Säulen des Herkules bis zum Indus (75° Längenabstand), und von Meroe bis zum Ister (28° Breitenabstand) reichte, wird man ihn mindestens zu 18—20 Mill. qkm annehmen müssen. — [98]) Wenn Beloch (Anm. 95, a. a. O. S. 307) das Römische Reich zu Augustus' Tod nur zu 3 395 000 qkm berechnet, so ist zu beachten, dass er für den afrikanischen Besitz fast nur die Kulturflächen, nämlich 443 000 qkm (für Aegypten z. B. nur 28 000 qkm) annimmt. Das ist nicht angängig, weil man überhaupt bei politischen Räumen zunächst nicht eine solche wirtschaftliche Ausscheidung macht, sondern die äusseren Gebietsgrenzen berücksichtigt. Insbesondere werden durch die Oasen auch die zwischenliegeden Wüstenflächen beherrscht.

18. Jahrhundert seine Herrschaft über ganz Hochasien ausgedehnt hat. Für den ostasiatischen Kulturkreis zwar lange als Weltreich geltend, kann China im Vergleich mit den heute in den Weltverkehr gezogenen Teilen der Erdoberfläche — ganz abgesehen von seiner Ohnmacht anderen Grossstaaten gegenüber — auf den Namen eines Weltreiches nicht mehr Anspruch machen.

Alle genannten grossen Staatswesen hatten oder haben durchaus kontinentalen Charakter. Nicht nur ihr Schwerpunkt, sondern auch alle am Aussenrande der Herrschaft gelegenen Gebietsteile lagen oder liegen in geschlossener Masse, wenn nicht rings um den Sitz des beherrschenden Volkes, so doch in territorialem Zusammenhang mit demselben. Die gleiche Eigenschaft haftet auch dem Koloss des Russischen Reiches an, seit dieses seine Grenzen über den Ural ausdehnte. Schon im 18. Jahrhundert einen Raum von 17 Mill. qkm einnehmend, hat es durch Einverleibung der ganzen aralo-kaspischen Senke und seiner Randgebirge heute bereits die doppelte Grösse der mittelalterlichen Weltreiche erreicht (fast 23 Mill. qkm)[99]). So nehmen jetzt die ungeheuren Flächen Eurasiens von der Ostsee bis zum Stillen Ozean politisch nur zwei weit- oder grossräumige Grossstaaten[100]), nämlich das Russische und das Chinesische Reich ein.

Diesen gewaltigen Gebieten kontinentalen Machtbereichs gegenüber hat sich seit der Entdeckung Amerikas eine andere Form territorialer Grossherrschaft durch Bildung sogenannter Kolonialreiche entwickelt. Nur die grössten derselben beschäftigen uns an dieser Stelle. Spanien, heute seiner auswärtigen Besitzungen fast vollständig wieder beraubt, gebot bis zu Anfang des 19. Jahrhunderts, als ihm halb Südamerika, Mittelamerika nebst Neuspanien, Florida etc. gehörte, über eine Landfläche von mehr als 11 Mill. qkm. England dagegen, nach dem Verlust seiner nordamerikanischen Besitzungen kaum noch über 3 Mill. qkm verfügend, sieht sich am Anfang des 20. Jahrhunderts als Mittelpunkt eines Kolonialreiches von dreifacher Grösse Europas. Auf fünf Erdteile verteilt, breitet es sich über annähernd 31 Mill. qkm aus, d. h. über fast den vierten Teil der bewohnbaren Landfläche.

	qkm
Römisches Reich (3. Jahrh. n. Chr.)	5 300 000
Persisches Reich (um 500 v. Chr.)	7 000 000
Reich der Araber (10. Jahrh.)	10 000 000
Reich der Mongolen (13. Jahrh.)	11 000 000
Spanisches Kolonialreich (1810)	11 000 000
Heutiges Chinesisches Reich	11 000 000
Russisches Reich (1910)	22 600 000
Britisches Kolonialreich (1910)	31 000 000

[99]) Mit Einschluss der Schutzstaaten Chiwa (60 000 qkm) und Bochara (205 000); vergl. § 338. — [100]) Der Ausdruck Ratzels (Polit. Geogr. 1897, 326; 2. Aufl. 361) „kontinentale Staaten" für Staaten von der Grösse von Kontinenten empfiehlt sich kaum, weil er bei dem herrschenden Sprachgebrauch nur an die kontinentale Lage erinnert.

Freilich täuschen diese Gebietsangaben, wenn wir nicht gleichzeitig erwägen, dass in der Mehrzahl ungeheure Flächen teils wüsten, teils kaum ausnutzbaren Landes enthalten sind. Wir erinnern an den grossen kontinentalen Steppen- und Wüstengürtel, in dessen Grenzen Perser, Araber und Mongolen wesentlich ihre Weltreiche, die Chinesen ihre Aussenbesitzungen ausgebreitet sahen, an die Tundrenflächen Sibiriens, die öden Hudsonbailänder, das trostlose Innere Australiens. Vom Standpunkte der Bewertung des Staatsgebietes rückt das kleinste jener Weltreiche, das Römische bei dem Zurücktreten solcher unkultivierbaren Flächen im Rahmen seiner einstigen Grenzen in ein anderes Licht.

Suchen wir in Gedanken diese weiten Gebiete mit Bewohnern zu bevölkern, so dürfte keins der antiken oder mittelalterlichen Weltreiche unsere heutigen Grossstaaten (S. 810) — von ihren Nebenländern und Kolonialbesitzungen abgesehen — an Zahl der Untertanen wesentlich übertroffen haben. Für das Römische Reich zur Zeit des Augustus hat man sie zu 54 Mill. geschätzt[101]), und es ist keineswegs anzunehmen, dass im Persischen, Arabischen, Mongolischen Weltreich je soviel Menschen unter einen Willen gebeugt waren. Noch im Spanischen Kolonialreich wohnten sicher (mit Einschluss des Mutterlandes) nie mehr als 30 Mill. Seelen. Aber freilich hat eine Zahl von 50 — 60 Mill., wie sie zu Beginn unserer Zeitrechnung möglicher Weise dem Römer-Reiche zugehörten, ein ganz anderes Gewicht bei der geringen Menschenzahl, welche die Erde damals noch trug. Man wird nicht viel fehlgehen, wenn man sie zu $^1/_5$ — $^1/_4$ der gesamten damaligen Menschheit schätzt, während ein Land wie das Deutsche Reich, das heute eine grössere Bewohnerzahl hat wie einst das gesamte Römische Reich nur von $^1/_{25}$ aller Menschen bewohnt wird. Eine rasch wachsende Bevölkerung von rund 165 Mill. Seelen ist unter dem russischen Szepter vereinigt. Seit alten Zeiten ist das eigentliche China ein dicht bevölkertes Land gewesen und mag 360 Mill. Seelen noch heute zählen, sodass die schwache Einwohnerzahl seiner Aussengebiete dagegen wenig in die Wagschale fällt. Anders beim Britischen Kolonialreich, in dem das Mutterland mit 45 Mill. Einwohnern (1910), teils durch Kolonisation in engerem Sinn, weit mehr jedoch durch Eroberung namentlich des dichtbevölkerten Indiens die achtfache Zahl von Menschen von sich abhängig gemacht hat. Mit rund 420 Mill. Bewohnern ist der vierte Teil der heutigen Menschheit — und noch dazu Glieder aller Rassen — unter englischer Botmässigkeit (§ 337). Es ist daher verständlich, wenn man den Namen des Weltreiches auf das Britische zu übertragen geneigt ist, wenngleich einerseits das gleichzeitige Vorhandensein kraftvoller Staatswesen daneben, andererseits die Ungleichartigkeit der Bestandteile des eigenen Besitztums ihm nicht die übermächtige Rolle gestattet, welche einst Rom zur Beherrscherin der damaligen Kulturwelt machte.

[101]) Beloch (Anm. 95), 507. Vergl. jedoch auch die Kontroverse über diese Schätzungen zw. O. Seeck u. J. Beloch in den Jahrbüchern d. Nationalök. u. Stat. III. F., Bd. XIII, 1897, 161—76 und 321—43.

Ein Weltreich im wahren Sinn kennt, wie gesagt, keinen ebenbürtigen Rivalen neben sich [102]).

§ 323. Grossstaaten. Der Begriff der Grossmacht, eines Staatswesens, das von ausschlaggebendem Einfluss auf den Kreis der umwohnenden Völker ist, ist erst in moderner Zeit mit dem des Grossstaates enger verwachsen. In den Zeiten des Altertums oder des Mittelalters, wo das Söldnerwesen oder das System verbündeter Hülfstruppen die Kriege vielfach ausfechten half, konnten selbst einzelne Stadtrepubliken mit kleinem Territorium zeitweise die Rolle einer politischen Grossmacht spielen. Heute, wo die Wehrpflicht dem eigenen Volke obliegt, muss ein Staat von massgebendem Gewicht über genügendes Menschenmaterial und dementsprechend auch über ein grösseres Land verfügen. Grossstaaten von beträchtlicher Ausdehnung hat es — wenn auch stets in beschränkter Zahl — seit Alters in den hauptsächlichsten Kulturkreisen gegeben, selbst auch dann, wenn sich einer derselben zum Weltreich aufgeschwungen hatte. Es bezeichnet einen Höhepunkt nationaler Entwicklung, wenn ein Volk sich zu einem Grossstaat ausgestaltet. Zahlreiche Völker haben diesen längst überschritten, teils — wie Spanien und Portugal — infolge eigener Schuld und Nachlass der Energie, die sie unter kraftvoller Führung einst mit an die Spitze brachte, teils — wie die Niederlande oder Schweden — durch das unaufhaltsame Emporkommen von Nachbarvölkern, die bisher in der politischen Befestigung zurückgeblieben waren. Der Anfang des 20. Jahrhunderts sieht neun Grossstaaten in Wettbewerb treten, die bis auf einen mächtig emporstreben und zielbewusst je ihren Anteil an der Weltwirtschaft in Anspruch nehmen und durch Eroberung oder koloniale Tätigkeit das eigene Staatsgebiet ausdehnen. Nur der volksreichste und älteste von allen, China, wird als Grossmacht noch nicht anerkannt und ist erst im Begriff, sich erneut aufzuraffen. Sämtlich in subtropischer oder mittlerer Nordbreite gelegen, bilden die Staatsgebiete dieser neun Grossstaaten heute einen fast ringsgeschlossenen Gürtel um die Erde. Ihr Schwerpunkt ruht noch in Europa, wo nicht weniger als sechs sich ausbreiten: Russland, Deutschland und Oesterreich-Ungarn, Frankreich, Grossbritannien und Italien. Dazu treten im Westen der zur Grossmacht ausgewachsene europäische Tochterstaat, die Vereinigten Staaten von Amerika, und im Osten die Reiche mongolischer Rasse, China und Japan.

Dem Begriff des heutigen Grossstaats liegt also weit mehr das Erfordernis einer grösseren Bevölkerungssumme als eines Minimums von Gebietsgrösse zu grunde [103]). Es gibt zahlreiche Mittelstaaten, die ein weit grösseres Staatsgebiet

---

[102]) Abweichend von Obigem nannte Ratzel den Staat eine Weltmacht, welcher „in allen Teilen der bekannten Erde und besonders auch an allen entscheidenden Stellen durch eigenen Besitz machtvoll vertreten ist“ (Polit. Geogr., 1897, 322; 1903, 357). Letzteres lässt sich wohl auch von Grossbritannien zur Zeit nicht behaupten. — [103]) Die hier gegebene Darlegung weicht grundsätzlich von derjenigen Ratzels ab, da dieser die Staaten lediglich nach der Grösse des Staatsgebiets klassifizierte und also Grossstaaten nannte, was hier teils unter den „grossräumigen

ihr eigen nennen als das der Mehrzahl obiger Grossstaaten (S. 812). In Steppenländern oder jungbesiedelten Kolonialgebieten, aus denen mit der Zeit selbständige Staaten hervorgegangen sind oder voraussichtlich sich entwickeln werden, müssen die Arealzahlen mit ganz anderem Massstab gemessen werden als in alten Kulturländern. Für diese Klassifikation der politischen Gebiete kommt der auswärtige Besitz, welchen Titel er auch haben mag, zunächst nicht in Betracht. Keiner der obigen Grossstaaten ist erst durch den Erwerb von Kolonien, insbesondere von ausgedehnterem Landbesitz in fremden Erdteilen, zum Grossstaat geworden. Der Beginn auswärtiger Unternehmungen ist immer schon ein Zeichen innerer nationaler Befestigung des Staatswesens und kann zur wirtschaftlichen Entwicklung desselben mächtig beitragen. Aber zur politischen Stärkung des Mutterlandes dienen Kolonien im allgemeinen nicht; sie sind vielmehr in Kriegszeiten schwer zu verteidigende Teile des Staatsgebietes und zwar um so mehr, je entfernter und zerstreuter sie liegen.

Vergleichen wir danach allein die Mutterländer, so schwankte — vom dichtbevölkerten China mit seiner alten Grossstaatstellung abgesehen — die Bewohnerzahl innerhalb der übrigen um 1910 zwischen 30 und 140 Millionen. (Im 18. Jahrhundert konnte noch der Staat Friedrichs des Grossen mit sechs Mill. Bewohnern zu den Grossmächten gerechnet werden.) Viel bedeutender jedoch sind die Unterschiede der von ihnen eingenommenen Erdräume. Wir müssen daher notwendig China, Russland und die Vereinigten Staaten als grossräumige Grossstaaten den anderen kleinräumigen gegenüber stellen. Auch hier stellen wir die Schätzungen für 1910 ein (s. S. 762):

	Gebiet qkm	Mill. Bew. (1910)	Dichte rund
Grossräumige Grossstaaten.			
1. Vereinigte Staaten [104])	8000000	93	12
2. Europäisches Russland (mit Finland)	5400000	136	25
[Britisch Indien mit Ceylon] . .	[5000000]	[320]	[64]
3. China (s. S. 846)	4300000	352	82
Kleinräumige Grossstaaten.			
4. Deutsches Reich	541000	65	120
5. Oesterreich-Ungarn	676000	$51,_3$	76
6. Frankreich	536000	$39,_5$	74
7. Grossbritannien und Irland . . .	314000	$45,_3$	144
8. Japan [105])	288000	50	174
9. Italien	287000	$34,_5$	120

Diese neun Grossstaaten vereinigen heute in sich reichlich die Hälfte der Gesamtbevölkerung der Erde auf einer Fläche von 20 Mill. qkm. Ein wesentlich anderes Bild erhalten wir freilich, wenn wir die Aussenbesitzungen der nämlichen Staaten mit in Vergleich ziehen (§ 337). Es gibt zur Zeit nur einen unselbständigen politischen Bezirk, der den grossräumigen Grossstaaten an die Seite gestellt werden könnte,

---

Grossstaaten", teils unter den „grossräumigen Mittelstaaten" figuriert. Er nannte England, Russland, China, die Vereinigten Staaten und Brasilien die fünf wahren Grossstaaten unserer Zeit (Polit. Geogr. 1897, 321; 1903, 355); alles, was 200000 qkm bis 5000000 qkm Grundfläche hat, heisst dort Mittelstaat, das übrige Kleinstaat. — [104]) Ohne Alaska, aber mit dem Anteil an den kanadischen Seen (169000 qkm). — [105]) Ohne Jesso, Kurilen, Sachalin, Formosa, Korea, die mehr oder weniger Kolonialgebiete sind.

weil seine Teile unter einer Leitung stehen, das Britisch-Indische Kaiserreich. In Wahrheit stellt es bei der bunten sprachlichen Mischung seiner Bevölkerung und der territorialen Zersplitterung im Innern nichts weniger als eine politische Einheit im Sinne der anderen Staaten dar. Es ist wenig wahrscheinlich, dass aus ihm, wenn das britische Joch abgeschüttelt werden sollte, ein neuer Einheits- oder auch nur ein das Gesamtgebiet umfassender Bundesstaat hervorgehen würde.

§ 324. Mittelstaaten. Beträchtlich grösser ist die Zahl der Mittelstaaten, deren untere Grenze etwa dort zu ziehen ist, wo eine selbständige wirtschaftliche Existenz zu führen Schwierigkeit bietet. Eine Bevölkerung von 1 Mill. mag unter heutigen Verhältnissen ungefähr eine solche abgeben, wiewohl die Annahme einer bestimmten Zahl immer willkürlich ist. Unter dieser Grenze tritt bei dem einzelnen Staatswesen viel allgemeiner das Bestreben hervor, sich mit anderen Staaten zu einem wirtschaftlichen Bunde zu vereinigen oder als einzelnes Glied den Anschluss an ein benachbartes grösseres Staatswesen zu suchen.

Die Mittelstaaten, den selbständigen Kontinentalinseln, wie sie die physische Geographie unterscheidet (§ 191), vergleichbar, verdanken ihre Entstehung zum Teil der Abgliederung einzelner Provinzen vom Körper grösserer Staaten in Zeiten ihrer Schwäche (Niederlande, Schweiz, Portugal), zum Teil dem Zerfall einstiger Grossstaaten (Balkanstaaten) oder dem ihrer Kolonialbesitzungen (südamerikanische Staaten). Wenn somit ihre Zahl im 19. Jahrhundert jenseits des Ozeans und in Mittel- und Südosteuropa gewachsen ist, so hat sie sich durch die Bildung grösserer Staatswesen (Italien), sowie durch koloniale Eroberungen (Indien) auch wieder vermindert.

Unter obigen Gesichtspunkten zählt man heute noch mehr als 50 Mittelstaaten, wenn wir den völkerrechtlich völlig unabhängigen unter ihnen solche hinzurechnen, die wie die deutschen Mittelstaaten sich einem Staatenbunde angeschlossen haben oder in den Kolonialreichen gewisse wirtschaftliche Einheiten von grosser Selbständigkeit darstellen, wie die Dominion of Canada und der Bund der britischen Kolonien Australiens oder Südafrikas.

Man könnte zwar noch eine Gruppe „grösserer Mittelstaaten“ aufstellen, deren Bewohnerzahl je rund 15 — 20 Mill. umfasst. Dahin wären die von der Grossmachtstellung heute herabgesunkenen Staaten Spanien und die (europäisch-asiatische) Türkei, sowie die im raschen Wachstum begriffenen Bundesstaaten Brasilien und Mexiko zu rechnen. Aber bei der raschen Verschiebung, welche im Bevölkerungsstand der nachfolgend aufgezählten Staaten eintreten wird, erscheint es zweckmässiger, die Gruppierung wiederum mehr nach der Ausdehnung des Staatsgebiets zu vollziehen.

Hier treten uns gewaltige Gegensätze vor Augen. In den jung kolonisierten Gebieten herrscht durchaus noch der grossräumige Mittelstaat vor, was nicht eigentlich verwundern kann, da die Ansiedelung und dem entsprechend auch der politische Zusammenschluss

meist von den Küsten ausgegangen ist und weite Innengebiete daher noch unbenutzt liegen. In einigen dieser Mittelstaaten erreichen die als Staatsgebiet in Anspruch genommenen Flächen Räume von Erdteilgrösse. Die grössere Hälfte gehört also den grossräumigen und im Durchschnitt dünnbevölkerten Mittelstaaten an. Fast ausschliesslich ist diese Grössenklasse auf die aussereuropäischen Erdteile beschränkt, nur mit den nordischen Staaten greift sie auch auf Europa hinüber. Dagegen ist die Form der mittel- und kleinräumigen Mittelstaaten fast ganz auf Europa beschränkt; die ersteren mit schwacher Bevölkerungsdichte wesentlich in Südwest- und Südost-Europa vertreten, die letzteren mit stärkerer bis stärkster Verdichtung allein in Mitteleuropa. Den wichtigsten dieser Mittelstaaten wollen wir einige gleichwertige unselbständige „Gebiete" zugesellen. Die Bevölkerungsangaben entsprechen den Zählungen und Schätzungen für Ende 1910 (S. 762).

	Gebiet qkm	Mill. Bew. (1910)	Dichte rund
Grossräumige, schwach bevölkerte Mittelstaaten:			
1. Brasilien	8 470 000	$21_{,0}$ (?)	$2_{,5}$
[Dominion of Canada mit Neu-Fundland]	8 500 000 [106])	$7_{,3}$	$0_{,8}$
[Australischer Staatenbund mit Neu-Seeland, aber ohne Brit. Neuguinea] [107])	8 000 000	$5_{,6}$	$0_{,7}$
2. Türkisches Reich (in Europa u. Asien) [108])	1 940 000	23	12
3. Mexiko	1 990 000	15	8
4. Persien	1 650 000	9	5
5. Argentinien (ohne südliche Territorien)	1 620 000	$7_{,1}$	4
6. Colombia	1 230 000	$4_{,8}$	4
7. Peru	1 140 000	$4_{,6}$	4
8. Venezuela	940 000	$2_{,7}$	3
9. Bolivia	1 470 000	$2_{,3}$	2
[Tibet ohne Kuku-nor-Gebiet]	1 200 000	$1_{,5}$	1
[Aegypten]	1 000 000	$11_{,5}$	—
[Algier mit Tunis und Marokko]	1 060 000	13 (?)	12
10. Abessinien	550 000	8 (?)	14
[Russisch-Kaukasien]	470 000	12	25
11. Siam	630 000	$6_{,5}$	10
12. Afghanistan	560 000	$4_{,6}$	8
13. Schweden	450 000	$5_{,5}$	12
14. Chile (ohne Territorium Magallanes)	590 000	$3_{,3}$	6
[Finland]	374 000	$3_{,1}$	8
15. Norwegen	322 000	$2_{,4}$	7
16. Ecuador	300 000	$1_{,5}$	5
17. Uruguay	180 000	$1_{,1}$	6
18. Nepal	154 000	$3_{,0}$	19
19. Guatemala	113 000	$2_{,0}$	17

[106]) Ohne den arktischen Archipel. Vergl. Bevölkerung der Erde VI, 1880, 74; Neufundland (110 670 qkm und 237 000 Einw., 1911), sowie die Dependency Labrador mit 310 000 qkm und 4000 Einw. gehören nicht zur Dominion of Canada, sind aber hier eingerechnet. — [107]) Neuseeland (270 000 qkm und 1 070 000 Einw., 1911) gehört z. Z. noch nicht zum australischen Staatenbund. — [108]) Demnach ohne Tripolis und Aegypten, Kreta und Samos.

	Gebiet qkm	Mill. Bew. (1910)	Dichte rund
Mittelräumige, mässig bevölkerte Mittelstaaten:			
20. Spanien (mit Kanarien)	505 000	19,6	39
[Korea]	220 000	13,0 (?)	60
21. Rumänien	131 000	7,0	53
22. Portugal (mit Azoren und Madeira)	92 000	5,8	63
23. Bulgarien	96 000	4,3	45
24. Griechenland	65 000	2,7	42
25. Serbien	48 000	2,9	60
Kleinräumige, dicht bevölkerte Mittelstaaten:			
[Bayern]	76 000	6,9	91
26. Schweiz	41 300	3,8	91
27. Dänemark	40 400	2,8	69
28. Niederlande	34 100	6,0	176
29. Belgien	29 500	7,5	255
[Sachsen]	15 000	4,8	320
[Württemberg]	19 500	2,4	125
[Baden]	15 000	2,1	142
[Elsass-Lothringen]	14 500	1,9	129
[Hessen]	7 700	1,3	167

Die oben genannten 29 Mittelstaaten vereinigten um 1910 eine Bevölkerungszahl von etwa 190 Mill. auf 25 Mill. qkm; mit Einschluss der an Bundesstaaten angeschlossenen oder den Kolonialreichen angehörenden Staaten und Territorien, deren in obige Tabelle, um sie nicht zu sehr zu belasten, jedoch viele absichtlich nicht eingefügt sind, mag man auf reichlich 300 Mill. Seelen kommen. Das Staatsgebiet aller dieser Mittelstaaten erstreckt sich aber auf das $2^1/_2$fache (49—50 Mill. qkm) desjenigen, welches die neun Grossstaaten einnehmen (20 Mill. qkm, S. 810).

§ 325. Die Kleinstaaten. Mit dem Kleinstaat hat überall die Staatenbildung begonnen und wir finden heute noch zahlreiche Gebiete im Bereich der Naturvölker, wo er durchaus vorherrscht. Die Dorfstaaten vieler afrikanischer Völker, die sich oft nur auf einige hundert Seelen erstrecken, werden freilich von Zeit zu Zeit von erobernden Despoten zu einem kurzlebigen „Reich" von grösserer Ausdehnung zusammengefasst; bald aber fallen diese in den ursprünglichen Zustand wieder zurück. Denn den Drang der einzelnen Häuptlinge nach Unabhängigkeit vermag nur eine harte Despotie niederzuhalten. Erbteilungen zersplittern meist sofort nach der Herrschaft eines kräftigen Fürsten das eroberte Gebiet wieder. Was dort also als vorübergehende Grossmacht erscheint, erhebt sich nach Gebietsumfang oder Untertanenzahl selten auf den heutigen europäischen Begriff des Mittelstaates [109]).

Wo die Landesnatur ein Gebiet in schärfer geschiedene kleine Landschaften zerlegt, wie im Gebirge oder auf Inselarchipelen, da hat sich oft die Form des Kleinstaats auch unter den Kulturvölkern lange erhalten.

[109]) S. die eingehende Studie von Curt Müller, Die Staatenbildungen des oberen Uëlle und Zwischenseen-Gebietes mit Karte 1:2000000 (Mitteil. d. Vereins f. Erdk. zu Leipzig, 1896).

Kleinräumig waren die zahlreichen Staaten der Griechischen Halbinsel im Altertum. In Hellas und dem Peloponnes im Durchschnitt nur 3000 —4000 qkm umfassend wird kaum einer auch in der Glanzzeit griechischer Geschichte mit Einschluss der zum Teil starken Sklavenbevölkerung mehr als $^1/_3$ —$^1/_2$ Mill. Einwohner besessen haben [110]). In der Schweiz teilen sich noch heute 22 Kantone in das Gebiet eines kleinräumigen Mittelstaates von 41 000 qkm, so dass im Durchschnitt noch nicht 2000 qkm und 175 000 Einwohner auf den einzelnen entfallen. In Mittelamerika führte aus ähnlichen geographischen Gründen die Abschüttelung des spanischen Joches gleichfalls nur zur Schaffung von Kleinstaaten. Entsprechend den dortigen Raumverhältnissen vertreten sie jedoch mit 50 000—120 000 qkm Bodenfläche die Klasse der grossräumigen Kleinstaaten. In viel stärkerem Masse wiederholt sich die Kleinstaaterei im malayischen Archipel. Wir treffen sie im Kaukasus, in Arabien und der Sahara, wo nur gelegentlich der entfachte Fanatismus die kleinen staatlichen Gemeinwesen zusammenzufassen vermochte.

Diese Form politischer Gebilde tritt meist gesellig auf. Ohne durch geographische Verhältnisse bedingt oder begünstigt zu sein, hat sich dieselbe bis heute noch in zwei Landschaften der Erde erhalten als Erinnerung an die ohnmächtigsten Perioden der Geschichte zweier Völker oder Völkergruppen, die in der endlosen staatlichen Zersplitterung des Wohnsitzes ihre tiefste Ursache hatten, in Deutschland und Indien. Gegenüber den zahllosen Zwergstaaten, Herrensitzen und Reichsdörfern, in welche die westliche Hälfte unseres Vaterlandes bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts zerfiel, ist ja die Zahl der in die Neuzeit überführten Kleinstaaten gering. Dennoch zählt das Deutsche Reich deren noch 20, die im Durchschnitt kein grösseres Gebiet als etwa 2500 qkm besitzen; bei den meisten zerfällt es noch in eine Reihe räumlich getrennter Landesteile. Gleich geduldig haben von jeher auch die Völker Indiens dynastische Erbteilungen willkürlichster Art über sich ergehen lassen. Die staatliche Zersplitterung ist den Engländern bei der Besitzergreifung des mächtigen Gebietes in hohem Grade zu statten gekommen. Zahlreiche jener einheimischen Staaten sind von ihnen ihrer Selbständigkeit beraubt und von der Karte verschwunden; andere sind als unschädlich unter dem Schein der Selbständigkeit erhalten. Und so bietet uns die politische Karte Britisch-Indiens strichweise ein seltsam mosaikartiges Bild.

Schliesst man die 12 nominell noch heute bestehenden „Mittelstaaten“ aus, so werden noch mindestens 240 indische Kleinstaaten übrig bleiben, die durchschnittlich noch nicht 4000 qkm gross sind und je etwa 120 000 Bew. zählen [111]).

Viel seltener haben sich solche kleine Staatswesen verstreut an einzelnen Punkten der Erde inmitten grosser nationaler Staaten erhalten; es sind diese Zwergstaaten von wenigen Tausend Seelen, wie San Marino in Italien, Monaco, Andorra, Liechtenstein meist geschonte Ueberbleibsel aus älterer Zeit und an sich heute ohne Daseinsberechtigung.

Stadtstaaten [112]). Eine besondere Form des kleinräumigen Staates ist der Stadtstaat, der nur gelegentlich in die Erscheinung

[110]) Nach Beloch (s. Anm. 95, 506), nur $^1/_4$—$^1/_3$ Mill. — [111]) S. Bevölkerung der Erde IV, 1876, 27—46. — [112]) Ratzel, Politische Geographie 1897, 369 ff.; 1903, 404 ff.

getreten ist und heute eigentlich nur noch in den deutschen Hansestädten und einigen Schweizer Kantonen fortlebt. In geographischer Hinsicht kann von solchen nur gesprochen werden, wenn die erlangte Selbständigkeit sich ursprünglich wesentlich auf die Feldflur der Stadt beschränkte. Statt auf den sesshaften Ackerbauer eines ausgedehnten Staatsgebietes stützt sich solches Staatswesen zunächst nur auf die Bürgerschaft innerhalb der Ringmauern. Die gewerbliche Tätigkeit und der Handel bringen mittelbar Machtmittel zu Wege, vor allem das Geld, mit welchem Söldner bezahlt oder eine Flotte ausgerüstet werden können, deren Mannschaften gleichfalls, wenn sie nicht wie im Altertum meist Sklaven sind, aus fremden Staatsgebieten angeworben werden. Die Küsten des Mittelmeers haben seit den Zeiten der Phoenizier und der Griechen die grösste Zahl bedeutender Stadtstaaten hervorgebracht. Italien war reich an solchen während des Mittelalters, wo die wichtigsten Stadtstaaten die Meere beherrschten. In Deutschland blühten viele zur Hansazeit. Der Blick ist in solchen nach aussen gerichtet, im Handel und Verkehr wird die Staffel des Wohlstandes erblickt; territorialer Landbesitz im Umkreis der Stadt ist daher nur ein späteres Beiwerk des Stadtstaates, nicht seine Grundlage. Die „Stadt" herrscht auch im erweiterten Staatsgebiet in ganz anderem Sinn vor, als die nie fehlende Hauptstadt innerhalb jedes anderen Staates.

Es gibt Kleinstaaten mit stattlichen Hauptstädten wie das Herzogtum Braunschweig, wo i. J. 1910 29 % der Gesamtbevölkerung in der Residenz wohnten; aber in den Stadtstaaten Bremen gehörten in derselben Zeit 82 %, in Lübeck 85 %, in Hamburg 92 % der Einwohner den gleichnamigen Städten an. Auch die Kantone Genf (80 %) und Basel-Stadt (97 %) sind Stadtstaaten. Nürnberg, ursprünglich sich auch als Stadtstaat emporhebend, aber später nach Landbesitz strebend, endigte 1806 bei einem Landbesitz von ca. 1200 qkm als Territorialstaat, dessen Hauptstadt schliesslich nicht mehr die Hälfte der Landesbewohner (insgesamt 80 000) barg.

§ 326. Der politische Raum. Mit Absicht ist im Vorhergehenden die Betrachtung kurzweg an den landläufigen Begriff des Staatsgebietes angeknüpft d. h. an den Teil der Erdoberfläche, welchen ein Staat im Ruhezustand für sich in Anspruch nimmt, dessen Grenzen er gegen feindliche Nachbarn zu behaupten sucht.

Das äussere Wachstum der Staaten geht einmal durch Angliederung neuer Gebietsteile hart oder nahe den ursprünglichen Grenzen — und zwar meist auf dem Wege der Eroberung — also auf Kosten des Gebietes der Nachbarstaaten vor sich, sodann durch Gewinnung auswärtiger, räumlich vom ursprünglichen Staatsgebiet getrennter Besitzungen — sei es durch Vertrag oder Eroberung, sei es durch Besitzergreifung herrenlosen Gebietes (§ 334). Der Grad der Abhängigkeit solcher vom Mutterland kann ein sehr verschiedener sein, immer führt der Vorgang zur Ausscheidung eines Stücks der Erdoberfläche mittelst politischer Begrenzung, welcher letzteren allen Staatsfremden gegenüber Beachtung verschafft werden muss. Aber auch im Innern des Staatsgebiets zeigt sich schon bei geringer Grösse desselben

die Notwendigkeit einer Einteilung in räumlich abgegrenzte Gebiete, innerhalb deren die Interessen einer überschaubaren Anzahl von Bewohnern sorgfältiger gepflegt, letztere aber auch im Dienste des Ganzen leichter nach gemeinsamen Zielen geleitet werden können. Es ist bekannt, dass es sich bei dieser inneren Gliederung vielfach um sehr alte genossenschaftliche Verbände aus dem Beginn der Landesgeschichte eines Volkes handelt, und Gaue und Hundertschaften oft unter anderen Namen wieder auftreten. Andererseits entspringen solche Einteilungen ganz neuen Verwaltungsmassregeln, die in stetem Flusse sind und in den einzelnen Staaten die verschiedensten Namen tragen: Kantone, Kreise, Bezirke, Provinzen, Kronländer, Territorien, Staaten etc. (§ 333).

Es empfiehlt sich der Kürze wegen für alle irgendwie politisch begrenzten Flächenstücke der Erde, gleichviel welcher Grad von Selbstständigkeit oder Abhängigkeit ihnen innewohnt, als gemeinsamen den Begriff des politischen Raumes einzuführen [113]).

§ 327. Geographische und politische Lage [114]). Jeder politische Raum teilt mit der Region, mit dem Lande oder der Landschaft, aus denen er herausgeschnitten oder zusammengesetzt ist, die dreifachen Eigenschaften ihrer geographischen Lage; einerseits die den Polen näher oder ferner gerückte Breitenlage, dann die festländische Binnen- oder dem Meer nähere Randlage, endlich die Tieflands- oder Hochlandslage mit allen ihren klimatischen und die organische Natur beeinflussenden Folgen.

Methodisches. Daraus hat die geographische Namengebung seit langem — unbewusst — die Berechtigung abgeleitet, der historisch-politischen Geographie entnommene Namen für Länder und Landschaften in die Gesamtwissenschaft einzuführen. Zwar hat man sich seit Ende des 18. Jahrhunderts bemüht, für manche derselben Naturnamen von unzweideutigem Gehalt einzuführen [115]) wie „die Apenninenhalbinsel“ für Italien, „Osteuropa“ oder „osteuropäisches Flachland“ für Russland etc., aber in zahlreichen Fällen — namentlich bei kleinen Landschaften — gelingt es selten, einen geeigneten Ersatz zu finden. Halten wir nun daran fest, dass ein solcher Name in erster Linie unsere Vorstellung nur an eine bestimmte flächenhaft ausgebreitete Stelle der Erdoberfläche binden, also die geographische Lage einer Landschaft festlegen soll. So führt uns der Name „Frankreich“ nach dem Zwischenlande (S. 286) auf dem westeuropäischen Rumpfe, der Name „Ungarn“ in das von dem Karpatenbogen umschlossene Tiefland oder „Brandenburg“ in das Mittelland zwischen der Elbe und Oder und „Sibirien“ nach Nordasien. Der Lage nach decken sich diese Begriffe. Von historischer Berechtigung sprechen wir bei solchem Namen, wenn er einer Landschaft seit Jahrhunderten anhaftet. Vom geographischen Standpunkt erscheint

[113]) Der Ausdruck „politischer Raum“ gelangt in Ratzels Politischer Geographie vielfach zur Anwendung, jedoch in einem unbestimmtern Sinn, nämlich auch für irgendwelche den Menschen bekannt gewordene oder zugängliche Erdräume. Die Oekumene ist ihm der grösste politische Raum. S. bes. 1897, 319 ff., 1903, 353 ff. — [114]) Ratzel, Pol. Geogr., 1897, 235—316, Kap. 11, 12; 1903, Kap. 10, 11, 259—350. Die Lage und die politische Lage. — [115]) Diese Richtung ward besonders durch Chr. Gatterer (Abriss der Geographie, Göttingen 1775) eingeleitet. S. Näheres im Anschluss an die Entwicklung der sog. reinen Geographie bei E. Wisotzki, Zeitströmungen in der Geographie, Leipzig 1897, 201 ff.

ein der politischen Geographie entnommener Landschafts- oder Ländername um so berechtigter, je mehr der politische und der natürliche Raum auch nach Ausdehnung und Grenzen zusammenfallen.

Auf einzelne Eigentümlichkeiten der geographischen Gruppierung der Staatsgebiete ist im Vorhergehenden schon hingewiesen; mehr wird in der Länderkunde zur Erörterung kommen. In vielen Fällen verbinden sich die Wirkungen der geographischen mit denen der politischen Lage, ja werden, wenn bisher ruhend, oft erst durch diese hervorgerufen. Unter der letzteren verstehen wir die Lage eines politischen Raumes im Verhältnis zu anderen politischen Räumen, besonders zu den nahe benachbarten. Die politische Lage gewinnt mit der weiteren Ausbreitung der Menschheit, mit der festeren Besitzergreifung des Erdbodens durch sie und ihre staatlichen Verbände an Bedeutung neben der geographischen Lage. Aber nicht immer in gerade aufsteigender Linie, sondern mit dem Auf- und Niedergang der Nachbargebiete oft wechselnd.

Betrachten wir eine Gruppe politischer Räume innerhalb der grossen Regionen der Erde, so treten uns die Gegensätze der Binnen- und Randlage mit am schärfsten gegenüber. Allerdings nur für Völker von einer gewissen wirtschaftlichen Höhe und von nicht zu engem Horizont, für Völker, die sich schon eines entwickelten Verkehrs über die Grenzen der nächsten Nachbarschaft hinaus erfreuen. Frei ist im allgemeinen solcher Verkehr der Bürger eines Staates innerhalb seiner Grenzen. Man kann diese aber nach der Seite der Nachbarn nur mit freiwillig von letzteren gewährter oder durch Gewalt erzwungener Erlaubnis überschreiten. Nur nach der Richtung, nach welcher der Staat an wirklich herrenloses Gebiet grenzt, ist man nicht beengt. Es gibt heute auf dem Festlande nur geringe Flächen, die nicht von politischen Gruppen besetzt oder in Anspruch genommen wären. Dagegen gilt das Meer — von den nahen Küstengewässern, kleinen Binnenmeeren, einzelnen engen Meeresstrassen vielleicht abgesehen — noch als freier Tummelplatz für alle seefahrenden Nationen. Darin und in dem Vorzug, gegenüber dem Lande weit bequemere Strassen für den Warentransport zu bieten, — erst der Wegebau und die Landverkehrsmittel des 19. Jahrhunderts haben einigen Ausgleich in diesem Punkte gebracht, — liegt der grosse Wert, den so viele Völker und Staaten alter und neuer Zeit seit ihrem wirtschaftlichen Erstarken auf eine unmittelbare Verbindung ihres Staatsgebiets mit dem Meer, auf eine Küstenstrecke legten. Die Randlage ist die bevorzugte. Viele historische Entwicklungen der politischen Geschichte zielen auf die Erreichung einer solchen oder wenigstens die Erlangung eines Zugangs zum Meer durch eine Flussmündung ab, kurz auf Abschüttelung der reinen Binnenlage. Am deutlichsten bekundet es uns die Russische Geschichte mit ihrem Drängen nach den Küsten an der Ostsee, dem Schwarzen Meer und dem Grossen Ozean.

Alle Abstufungen dieser Verhältnisse zwischen der rein kontinentalen und rein maritimen Lage lassen sich an den heutigen Staatsgebieten verfolgen. Die reine Binnenlage finden wir heute nur

noch in beschränktem Masse, wenn wir die selbständigen Staaten ins Auge fassen.

In Afrika rührt dies von der gerade hier noch so wenig vorgeschrittenen Staatenbildung her. In Asien ist es das Ergebnis des Vordringens von China, Russland und England, die viele kleinere Binnenstaaten in ihr Territorium aufgenommen haben. In Südamerika, wo nur der absichtlich im abgeschlossenen Innern gebildete Jesuitenstaat Paraguay und die erst 1891 vom Meere abgedrängte Republik Bolivia hierher gehören, hängt es mit der Jugend der von den Küsten ausgehenden Besiedelung und dadurch bedingten Grossräumigkeit der Staaten zusammen. Im reichgegliederten Europa beschränkt sich die Zahl der Binnenstaaten im strengen Sinn auf die Schweiz und Serbien.

Ungleich zahlreicher sind selbstverständlich die abhängigen politischen Teilräume mit Binnenlage, die Binnenprovinzen, in denen meist das Verständnis für seemännische Aufgaben im umgekehrten Verhältnis zur Entfernung von der Küste steht, oder das „Hinterland" von Kolonien, das wirtschaftlich erst viel später als die Küstenstriche erschlossen zu werden pflegt.

Nun können als freie Bahnen des Weltverkehrs eigentlich nur die weiten Ozeanflächen und ihre offenen Buchten gelten. Die Binnenmeere und geschlossenen Binnen-Randmeere (S. 293), die nur durch schmale Pforten mit dem Weltmeer zusammenhängen, gestatten, wenn sie auch ein freies Bewegungsfeld im Innern bieten, doch nicht ohne weiteres ein Hinaustreten in den Ozean.

Daher ist Russland trotz seines Anteils an Ostsee und Schwarzem Meer doch im Grunde noch ein Binnenstaat. Selbst das spät erworbene Amurland tritt mit dem offenen Ozean erst durch Vermittelung von Randmeeren in Verbindung und die unwirtlichen polaren Küsten kommen bei dieser Frage kaum in Betracht.

Den grössten Gegensatz des Binnenstaats bildet der Inselstaat in rein maritimer Lage und mit freier Bewegungsfähigkeit nach allen Seiten und umgekehrt mit dem Schutz der ringsumlaufenden natürlichen Grenze (S. 807). Diese äusserste Randlage besitzen auch zwei heutige Grossmächte, Grossbritannien und Japan, als hervorragend wichtige Mitgift ihres Staatsgebietes.

Es hängt mit der politischen Lage die Zahl der Nachbarn und damit der Angriffsseiten eines Staatsgebietes zusammen. Nicht durch den Reichtum und die Unmittelbarkeit kultureller Berührung benachbarter Völker wird die äussere Geschichte der Staaten bestimmt, sondern in erster Linie durch das feindliche Gegenübertreten an den gemeinschaftlichen Grenzen. Indem wir den Staaten Persönlichkeit beilegen, sprechen wir von einer dem missgünstigen Nachbar zugekehrten Stirnseite; als Hauptaufgabe der Politik gilt dann die Deckung des Rückens. Solche gewährt nun manchen Staaten bereits die eigentümliche geographische Lage des Staatsgebietes von selbst.

Im grössten Massstabe ist dies bei dem Russischen Reiche und bei Kanada der Fall; denn ihr „Rücken" ist auf ungeheure Strecken von den unwirtlichen, ja fast unzugänglichen polaren Küsten eingenommen. Mit gedecktem Rücken vermochten die Russen ihre weiten Grenzen verhältnismässig leicht nach Süden vorzuschieben, konnte der Halbinsel-Staat Schweden einst seine Heere

erfolgreich auf Süd- und Ostufer der Ostsee entsenden, bis die erstarkten Kontinentalmächte ihn in seine natürlichen Schranken zurückwiesen.

Eine politische Zwischenlage (S. 286) beraubt einen Staat der Rückendeckung und zwingt ihn nach mehreren Richtungen Stirnseiten auszubilden. Die mitteleuropäischen Staaten sind seit langen Zeiten in diesem schwierigen Fall.

Die äussere Politik Deutschlands ist durch das Schwergewicht dieser politischen Mittellage beherrscht, seit sich auch im Osten ein mächtiger Grossstaat erhoben hat. Oesterreich-Ungarn ist in gleicher Lage und daher der natürliche Bundesgenosse des Deutschen Reiches. Inmitten dreier Grossstaaten gelegen ward der Polnische Staat, dem gleichzeitig nach keiner Seite der Schutz einer natürlichen Grenze zur Seite stand, zerdrückt. Auf der Westseite Deutschlands stellen die dortigen Mittel- und Kleinstaaten (Luxemburg) gleichsam Splitter längs der Reibungsflächen rivalisierender Nationen dar; in ihrer Eigenschaft als „Pufferstaaten" zwischen den grössern Nachbarn finden sie die wichtigste Gewähr ihres Daseins.

Die Erweiterung des Bodens der Weltgeschichte, die Entwicklung von Grossmächten in der Neuen Welt rückt aber auch politische Räume, die bei ihrer Insel- und Randlage bisher als einseitig gedeckte galten, in jene politische Zwischenlage; wenn auch in abgeschwächterem Grade als bei solchen, die eine vorwiegend kontinentale Lage besitzen.

Grossbritannien und Japan, bisher durch die weiten Ozeanflächen im Rücken gedeckt und nur nach der Seite der nahen Gegengestade die Stirne zeigend, sehen sich durch die Erhebung der Vereinigten Staaten zur Grossmacht in jenen Vorteilen beschränkt und zur Beobachtung ihrer Aussenküsten mehr als früher genötigt. Umgekehrt haben sich die Verhältnisse für die Vereinigten Staaten selbst geändert, seit sie ihr Gebiet bis zum Stillen Ozean ausgedehnt haben. Denn dadurch ist statt der bisherigen Rückendeckung durch die Weite der westlichen Prairien eine zweite von der See aus angreifbare Stirnseite entstanden; beide Stirnseiten lassen sich nicht wie obige Inselstaaten mit ihrer kontinuierlichen Küstenlinie durch eine einzige Flotte verteidigen.

§ 328. Wachstum und Gestalt des Staatsgebietes[116]. Wie die Verringerung der Zahl selbständiger Staaten, so ist auch die Vereinfachung der Umrissgestalt ihrer Gebiete auf dem grössten Teil der Erdoberfläche das Ergebnis der neueren Geschichte. Wir sprechen dabei zunächst von dem Mutterkörper der heutigen Hauptstaaten und den einzelnen politischen Räumen, nicht von der Zusammenfassung solcher zu Kolonialreichen mit weit über die Erde zerstreuten Besitzteilen.

Genau wie die physische Erdkunde heute die Entwicklungsgeschichte der Erdoberfläche heranzieht, um die Geländeformen in ihrem Wesen richtig zu erfassen, so vermag auch die politische Geographie die Erscheinungen, die uns die politische Karte der Gegenwart vor Augen führt, nicht zu verstehen, ohne die im raschen Umbilden begriffenen Linien staatlicher Grenzen und die wechselnden Gestalten politischer Räume an der Hand der historischen Entwicklung zu verfolgen. Nichts kann daher dringender empfohlen werden beim Verfolg von Betrachtungen wie den nachfolgenden, deren ja an dieser Stelle nur wenige aus der

[116]) Ratzel, Polit. Geogr., Abschnitt III, Grundgesetze des räumlichen Wachstums der Staaten. Vieles aus Abschnitt VI, Die Grenzen, gehört gleichfalls hierher.

Fülle der Tatsachen hervorgehoben werden können, als das gleichzeitige Studium historischer Atlanten mit übersichtlicher Darstellung der territorialen Entwicklung der Staaten[117]).

Nicht als allgemein geltende Regeln, sondern als häufig zu beobachtende Tatsachen lassen sich drei Tendenzen in der Entwicklung moderner Staatsgebiete nachweisen. Sie machen sich nicht immer gleichzeitig und nicht überall gleichmässig geltend, aber die Mehrzahl der Gebietsveränderungen lässt sich, wenn wir von einzelnen unruhigen Zeiten wie den Napoleonischen absehen, unter diese Gesichtspunkte bringen.

1. Ausgesprochen ist das Bestreben, das Staatsgebiet nach Möglichkeit abzurunden. Dieses tritt offen zutage in den Verhandlungen, welche nach den Befreiungskriegen die Karte Mitteleuropas umgestaltet und zahlreiche Kleinstaaten beseitigt haben. Es beherrscht die preussische Geschichte neben dem Ringen nach ausreichendem Territorialbesitz zur Erreichung einer Grossmachtstellung. Das Gefüge alter Staatengebilde in Europa mit seiner wechselvollen Geschichte gestattet freilich keinem Staatswesen mehr, frei nach theoretischem Ideal das Staatsgebiet zu gestalten. Vom Standpunkt einheitlicher Zusammenfassung aller politischen Kräfte könnte man die Kreisform als solches aufstellen.

Keime derartig gestalteter Gebilde finden sich in der Tat in den rasch sich bildenden und wieder verschwindenden Kleinstaaten afrikanischer Stämme[118]), wenn sich um einen neuen Herrschersitz alsbald ein Kranz von Ansiedelungen bildet. Sie sind nur möglich, wo noch viel freier Raum vorhanden und sich die Nachbarn durch weite unbewohnte Gebiete fern zu bleiben suchen. Bei dichterer Bevölkerung und steigendem politischen Wert des Bodens müssten derartig rundliche Gebilde sich allmählich zu einer Wabe eckiger Gebietsflächen umgestalten.

Betrachten wir aber die heutige politische Karte Europas, so fällt gegenüber früheren Zeiten die grosse Zahl geschlossener einfacher Umrissgestalten der Staatsgebiete sofort in die Augen. Die Zersplitterung territorialen Besitzes ist ein Ueberbleibsel einer hinter uns liegenden historischen Periode grösster politischer Unreife. Die Zahl der räumlich getrennten Gebiete desselben Staates hat sich beträchtlich vermindert. Die kleinen Gebietsveränderungen von 1866 zwischen Preussen, Hessen und Bayern hatten z. B. allein den Zweck, die Grenzen zu bereinigen und zu vereinfachen, nicht mehr den, den Gegner zu schwächen.

In grossräumigen Staaten und in frisch besetzten Gebieten kann dieses Streben, den politischen Räumen einen einfachen geometrischen

---

[117]) Nicht alle historischen Atlanten legen auf die Darstellung der Territorialgeschichte der einzelnen Länder den gleichen Wert; ich verweise auf diejenigen W. Sieglins (Atlas antiquus, Gotha seit 1893, und Schulatlas zur Gesch. d. Altertums, Gotha 1899), da er der schwierigen Festlegung der jeweiligen Staats- und Provinzgrenzen besondere Sorgfalt zuwendet und zahlreiche politische Karten aus verschiedenen Perioden mitteilt. — [118]) Vergl. die Arbeit von Curt Müller (oben S. 813, Anm. 109).

Umriss zu geben, leichter erfüllt werden. Es herrscht vor bei den amerikanischen Staaten, den australischen Kolonien und mit einigen Ausnahmen bei den vorläufigen Ergebnissen der Verteilung Afrikas unter die europäischen Kolonialmächte. Umsomehr fallen seltsame Unregelmässigkeiten in den Grenzfiguren einzelner Gebiete auf wie in den deutschen Schutzgebieten von Kamerun und Südwestafrika (Taf. 41a). Hier galt es den Arm noch auszustrecken nach einem fernen Ziel und den Weg zum Schari bezw. Kongo und Sambesi noch in territorialen Zusammenhang mit der Küstenkolonie von Kamerun bezw. Südwestafrika zu bringen.

Derartige Formen von politischen Halb- und Fastinseln (S. 287) tragen im allgemeinen noch einen vorläufigen Charakter an sich, wenn sich einzelne auch trotz ihrer Unnatur zuweilen lange erhalten. So besitzt der Staat Maryland in Nordamerika seit der Gründung der Union einen langgestreckten ganz schmalen Ausläufer, welcher sich längs des Potomac zwischen Pennsylvanien und Virginien einschiebt (Atlas, Taf. 42).

2. Gegenüber jenem Streben nach Abrundung mehr im geometrischen Sinn ist das Hineinwachsen des Staates in die natürliche Landschaft, in der sein Kern bereits gebettet ist, das wahrhaft geographische Ziel der praktischen Politik. Es fällt in der Hauptsache zusammen mit dem Trachten nach Erreichung möglichst natürlicher Grenzen, nach Ausdehnung des Staatsgebietes bis an die nahe Küste oder an die Kämme der durch die Grenzlandschaften sich hindurch ziehenden Gebirge etc. Wir kommen auf Einzelheiten sofort zurück (§ 332).

Die Mehrzahl europäischer Staaten, vor allem der westlichen, hat dies Ziel schon annähernd erreicht; auch von der Schweiz, den neuen Balkanstaaten, von Griechenland kann dies gelten. Die Zugehörigkeit von Korsika freilich zu Frankreich statt zu Italien, von Malta zu England, von Tessin und Schaffhausen zur Schweiz, von Vorarlberg zu Oesterreich bekundet deutliche Abweichungen im Einzelnen von jenem Grundsatz. Die Durchführung desselben hat dem Staate Chile jene einzig dastehende Form eines durch 32 Breitengrade oder 3500 km sich hindurchziehenden meridionalen Landstreifens von kaum 150 km Breite gegeben, wenn anders man nicht die südlich des 42.° Br. gelegenen Gebiete als Aussenbesitz ansehen will.

3. Durchkreuzt oder gefördert werden diese Raumtendenzen der europäischen Staatenbildung erst in moderner Zeit durch nationale Fragen, das heisst durch den Wunsch, die Glieder eines Volkes auch zu einem Staatswesen zu vereinigen oder einen Nationalstaat (S. 766) zu bilden. Innerhalb Europas haben sich die Sitze der Nationalitäten grossenteils unabhängig von jeweiligen Staatsgrenzen gebildet, aber seit Jahrhunderten wenig verschoben. Wo nun ein Volk sich geschlossen über ein natürlich begrenztes Wohngebiet ausgebreitet hat wie in Italien, unterstützt das nationale Ziel die Erreichung natürlicher Grenzen. In Ländern jedoch, wo die verschiedenen Nationalitäten sich allmählich derart ineinander geschoben haben, wie Deutsche und Slaven im Osten Mitteleuropas, wird die Anpassung der politischen Ostgrenze an die nationale dauernd jene grossen Ausbuchtungen zeigen

(Atlas, Taf. 13), wenn wir Deutsche nicht noch mehr stammfremde Elemente in unsern Nationalstaat eingliedern wollen.

§ 329. Das Kerngebiet des Staates[119]. Bei den durch tektonische Vorgänge entstandenen Faltengebirgen der Erde haben wir früher einfache und zusammengesetzte unterschieden (S. 396 ff.). Aehnlich könnte man auch unter den Staatsterritorien — immer unter Ausschluss auswärtiger Besitzungen — solche von einfachem und zusammengesetztem Bau sich gegenüberstellen. Die ersteren können wir nur unter den Kleinstaaten oder kleinen Mittelstaaten suchen, bei denen das ganze Staatsgebiet aus einer Landschaft von gleichem Bodenbau und wirtschaftlichem Charakter besteht, die Bewohner ein und demselben Volksstamm angehören. Aber schon auf dieser Stufe der Staatenbildung greift die natürliche Beschaffenheit des politischen Raumes bestimmend in die Lage des Kerns, des Schwerpunkts desselben ein. Wir verstehen darunter nicht etwa nur den historischen Ausgangspunkt des jeweiligen Staates, das Stammland seines Gründers, wenn dies auch in vielen Fällen auf die Dauer das Kernland bleibt; vielmehr ist letzteres die räumliche Verkörperung der Staatsidee, der Mittelpunkt, von dem die Leitung ausgeht, nach welchem der Blick jedes Staatsbürgers, soweit er von der Scholle aufzuschauen und an den Interessen der Genossenschaft teilzunehmen vermag, sich richtet. Theoretisch suchen wir diesen Kern mehr oder weniger in der Mitte des Staatsgebiets, wie es bei manchen Anfängen staatlicher Bildung innerhalb afrikanischer Stämme (S. 820) wohl als Regel angenommen werden kann. Aber der natürliche Aufbau des politischen Raumes und die Verteilung der Bevölkerung innerhalb desselben, die Lage der Ansiedelungen bedingt selbst bei einfachen Staaten im obigen Sinne mannigfache Abweichungen.

Bei manchen kleinen Inselstaaten z. B., die sich nur über eine einzige hohe Insel erstrecken, liegt dieser politische Kern vollkommen exzentrisch, hart an der Aussengrenze, weil überhaupt die gesamte Bevölkerung nur die Küste bewohnt und das Innere oft völlig menschenleer ist.

Weit mehr richtet sich die Lage des Kerngebiets gegenüber anderen Teilen des Staates im zusammengesetzten Staat nach der natürlichen Mitgift der einzelnen Landschaften, die er umfasst, nach der wirtschaftlichen oder allgemein kulturellen Höhe, welche die Bewohner innerhalb der letztern erreicht haben. Aber wie die äussere Umrissgestalt der politischen Räume im Laufe der Zeiten sich ändert, so gehen auch im Innern eigenartige Verschiebungen hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Landesteile für den Gesamtorganismus des Staates vor sich. Es wandert sozusagen ein Schwerpunkt in bestimmter Richtung fort, um dann oft für Jahrhunderte auch bei wechselnden Aussengrenzen in Ruhe zu bleiben.

Zum Teil hängt diese Erscheinung allerdings mit der räumlich verschiedenen Veränderung des Bevölkerungsstandes zusammen. Wirt-

[119]) Ratzel, Polit. Geographie 1897, 164 ff; 1903, 193 ff.

schaftlich wohl ausgestattete Provinzen mit reicher gewerblicher Tätigkeit sehen wir insbesondere seit den letzten Generationen in ausserordentlichem Wachstum der Bewohnerzahl und der Gütererzeugung, des Reichtums begriffen, während andere Landschaften sich nicht im gleichen Masse entwickeln, ja durch Auswanderung, Missernten, Notstände aller Art zurückgehen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika, wo sich ursprünglich die Einwanderer fast nur an der atlantischen Küste niederliessen, hat sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts der Strom derselben derart den inneren Gegenden zugewandt, dass jetzt bereits die Mehrzahl der Bewohner den Binnenstaaten angehört. Man spricht davon, dass sich das „Zentrum der Bevölkerung" ungefähr längs des 39.° Br. seit 1790 mit jeder Volkszählung mehr nach Westen verschoben habe, und verlegt ihn für 1900 bereits westlich von Cincinnati (85° 49' w. L.)[120]).

Aber dieses rein numerische Uebergewicht der Bevölkerungssummen macht es nicht allein aus, was den Einzellandschaften das politische Uebergewicht gibt. Es sind vielmehr die Leistungen, die von denselben für Gründung und Erhaltung, für kraftvollen Aufbau des Gesamtstaates, für Durchdringung des Volkes mit idealem Gehalt ausgehen. Die Gesamtkultur wandert ihre vorgeschriebenen Wege über die Erde hin, von den einzelnen Herden aus (§ 314) durch die Kontinente und, wenn auch jetzt mehr in Sprüngen und rasch sich verbreitend, so erreicht sie im allgemeinen auf jenem Wege einzelne Landschaften eines grösseren Staates früher als andere. Im Altertum durch das Mittelmeer von Osten nach Westen wandernd, hat sie seit dem Mittelalter diesseits der Alpen ihren Weg in entgegengesetzter Richtung verfolgt. Indem sich dann die entfernteren Landschaften allmählich emporheben und die Erbschaften der anderen antreten, verschiebt sich der kulturelle und mit ihm oft auch der politische Schwerpunkt weiter und weiter. Denn einer stehenbleibenden oder gar absterbenden Kultur gegenüber erweisen sich die eben von ihr berührten Stämme und Völker als die kräftigeren.

Das Symbol des politischen Kerns kann man im allgemeinen in der Hauptstadt des Staates erblicken, wenn sie nicht nur, wie dies z. B. bei den amerikanischen Staaten der Fall ist, der Sitz der verwaltenden Zentralbehörden ist, sondern die materiellen und geistigen Interessen einer immer grösseren Zahl von Mitgliedern des Staates an sich zu fesseln weiss.

Deutlich sehen wir diese Vorgänge an unserem Vaterland, wo der ideelle Schwerpunkt im Laufe der Jahrhunderte durch die allmähliche Erstarkung des Ostens von den früh kultivierten Gegenden des Rheins weiter nach Nordosten gerückt ist. Sie spricht sich in der Verschiebung der zum heutigen Deutschen Reiche vereinigten Staaten und Provinzen aus, gegenüber denjenigen, die einst das alte Deutsche Reich bildeten; in der Verlegung des politischen Mittelpunkts von der alten deutschen Krönungsstadt Frankfurt nach Berlin, der Hauptstadt

[120]) Die Berechnung ist so zu denken, dass man, die einzelnen Gebietsteile und Ansiedelungen berücksichtigend, einmal die Lage des Meridians, dann eines Breitenkreises bestimmt, welcher je die Gesamtzahl der Bewohner in zwei gleiche Hälften teilt. Im Kreuzungspunkt beider Linien liegt dann das jeweilige Zentrum der Bevölkerung. S. Census of the U. St. 1900, I. Population, Wash. 1904.

des Staates, dem wir die Wiedergeburt Deutschlands verdanken. Und unmerklich ist diesen Verhältnissen das kartographische Bild gefolgt. Während in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts etwa der Meridian von Braunschweig oder Gotha (ca. 28° v. Ferro = $10^1/_3$° ö. v. Gr.) als Mittellinie der Karte von Deutschland gewählt wurde, pflegt jetzt der Meridian von Halle und Regensburg (12° ö. v. Gr.) zu grunde gelegt zu werden. Damit rücken dem Auge des Beschauers Elbe und Saale von vornherein mehr in den Mittelpunkt des Gesichtskreises, während früher die alten historischen Rheinlandschaften es zuerst fesselten.

Italien bildet umgekehrt seit seiner nationalen Wiedergeburt das Beispiel der Rückverlegung der Hauptstadt in die historische Mitte als Folge einer entsagenden aber weisen Haltung von seiten der kraftvollen Provinzen im Norden, von denen die Neubildung des italienischen Staates ausgegangen ist. Für ein so langgestrecktes Staatsgebiet wäre die Saumlage Turins allerdings zu exzentrisch gewesen. Und rasch treten die Vorzüge der politischen Mittellage Roms in Wirkung, das bald die grössten Städte der Halbinsel Italien, Mailand und Neapel, an Volkszahl erreicht haben wird. — Viel schwieriger ist es Petersburg geworden neben Moskau, der natürlichen Hauptstadt Russlands, emporzukommen. Denn es geht dieser Verlegung an den Saum des Reiches und in ungünstigeres Klima nicht eine entsprechende Hebung der umgebenden Landschaften parallel. — Es ist weiter die günstige Verkehrslage, die viele andere Hauptstädte, wie Wien und Paris, London und Kopenhagen, und alle die zahlreichen Seestädte in Amerika und Australien trotz stark exzentrischer Lage im Range der Hauptstädte so lange erhalten hat. Aber im Gesamtstaat der Union beginnt Chicago bereits mit Neu-York um die Rolle der Metropole zu kämpfen.

§ 330. Die Seemächte[121]). Bei Betrachtung der Seehäfen ist darauf hingewiesen, dass die Ausnutzung der günstigen Bedingungen nach Bau und Lage zu Hinterland und Gegengestade von historischen Momenten und kulturellen Verhältnissen der umwohnenden Völker abhänge (§ 188). Dasselbe lässt sich auch von den Staaten sagen, deren Gebiet einen grösseren oder geringeren Anteil an der Meeresküste hat. Nicht jeder derselben ist eine Seemacht geworden, wie denn zahlreiche Stämme und Völker trotz des bis an die Küste reichenden Wohnsitzes nicht zur Schiffahrt übergegangen sind. Nur bei wenigen Stämmen tritt uns eine gewisse Begabung für den Mut und Unerschrockenheit voraussetzenden Beruf des Seefahrers schon im ersten Augenblick entgegen, wo das Licht historischer Ueberlieferung auf sie fällt, (Phoenizier, einzelne Griechenstämme, Etrusker, Bataver, Normannen etc.). Zumeist lehrt die Geschichte, dass die Erhebung eines Volkes zu einem seefahrenden das Ergebnis mühsamer aber zielbewusster Erziehung desselben oder besser eines Teiles der Bevölkerung ist.

Wir sehen es an den Bestrebungen portugiesischer Fürsten im 15. Jahrh. und auch deutlich an der späten Ausnutzung der Vorzüge von maritimer Lage und Hafenreichtum ihres Vaterlandes durch die Briten. Ein Jahrtausend verging, ehe sozusagen die seemännischen Triebe der das englische Volkstum teilweise zusammensetzenden Elemente (Normannen, Dänen, Angelsachsen) von neuem erwachten.

---

[121]) Die geographischen Bedingungen der Seemachtstellung setzt trefflich der Amerikaner A. T. Mahan (Der Einfluss der Seemacht auf die Geschichte, 1889, Deutsch, Berlin 1896, 35 ff.) auseinander. S. auch Ratzel, Polit. Geogr., 1897, 601 ff.; 1803, 708 ff.

Die Grundlage jeder seemännischen Betätigung eines Staatswesens bildet die Küstenbevölkerung, die im steten Anblick des weiten Horizonts lebt und in ihren Erwerbszweigen auf das Wasser vorzugsweise angewiesen ist. Fischfang und Handelsschiffahrt, wenn auch zuerst nur Küstenschiffahrt, sind die Hauptstaffeln für die Ausbildung dieser Bevölkerung zum seemännischen Beruf. Aber wenngleich die Seemächte des Altertums und Mittelalters mit geringen Ausnahmen (Römer) reine Küstenstaaten waren und die Beherrschung der Meere durch Seeräuber immer von echten Küstenstämmen ausgegangen ist, so wäre es ein Irrtum, bei den späteren und heutigen Seemächten die Küstenländer als die massgebenden Landschaften, als das Kerngebiet im obigen Sinn ansehen zu wollen. (Dieser Gesichtspunkt lässt uns die Betrachtung der Seemachtsstellung hier einschieben, wiewohl sie sich als ein Heraustreten aus den engeren Staatsgrenzen erweist (§ 334). Es gründet sich deren dauernde Erhaltung auf die wirtschaftliche Entwicklung der Binnenprovinzen, auf die Gütererzeugung des Gewerbefleisses der Gesamtbevölkerung, die für ihre Waren Absatz im fernen Ausland sucht und im heimischen Verbrauch regen Anteil am Welthandel nimmt. Wenn dann die eigenen Schiffe des Staates den Verkehr vermitteln und damit ein Teil des heimischen Menschenmaterials und Kapitals die Meere befährt oder sich auswärts festlegt, so muss ihnen auch zum Schutz die bewaffnete Macht zur Seite stehen, die den Staat zu einer Seemacht erhebt.

An dem Mangel, eigene Produkte auf den Weltmarkt zu werfen, ist die einstige Seemacht Spaniens und auch Portugals zu grunde gegangen. Belgien, ein Staat von hohem wirtschaftlichen Rang, nahm durch Jahrzehnte fast ohne eigene Handelsflotte am Weltverkehr teil und ist auch jetzt noch nicht in die Reihe der Seemächte eingetreten. Eine ähnlich geringe Beteiligung der Vereinigten Staaten an der grossen Seefahrt — also trotz trefflicher Küsten ein Vorwiegen der Binneninteressen — hat bis vor kurzem auch jenes Land nicht als Seemacht gelten lassen. Erst neuerdings, seit der Sinn für Erwerbung von Aussenbesitz bei ihnen erwacht ist, bildeten sie sich auch zu einer Seemacht aus. Die volle Abhängigkeit Englands von der auswärtigen Zufuhr der wichtigsten Nahrungsmittel und die gewaltige gewerbliche Produktion im Innern zwingt diesem Staate dauernd die Stellung der seebeherrschenden Macht auf, die sich in dem steten Anwachsen von Handels- und Kriegsflotte zeigt.

§ 331. Die politischen Grenzen[122]. Es gehört einem fortgeschrittenen Zustande staatlicher Entwicklung an, wenn die Aussengrenzen des behaupteten Gebietes klar in die Erscheinung treten.

1. Grenzgürtel und Grenzlinie. Die Entwicklung der Territorien[123], aus denen heute die Mehrzahl der Staaten oder politischen Räume erwachsen ist, ging meist von kleinen Kernen, festen Ansiedelungen genossenschaftlicher Verbände etc. aus. Diese pflegten

[122]) Cl. Förster, Zur Geogr. der polit. Grenze, Inaug.-Diss., Leipzig 1893. In dieser tüchtigen Arbeit wird jedoch häufig die Grenzveränderung mit Gebietsänderung begrifflich zusammengeworfen. S. auch Ratzel, Polit. Geogr., Abschn. VI, Die Grenzen. — [123]) G. Landau, Die Territorien inbezug auf ihre Bildung und Entwicklung, Hamburg 1854; H. F. Helmolt, Die Entwicklung der Grenzlinie aus dem Grenzsaume im alten Deutschland (Hist. Jahrb. 1896, 235—264).

zu gemeinschaftlicher Ausnutzung als Jagd- und Weidegebiet noch eine weitere Umgebung in Anspruch zu nehmen, aber, da die Bildungen häufig in Waldlichtungen und an Uferstrichen entstanden, ward anfangs der festen Grenzsetzung solcher Marken nach aussen noch geringere Beachtung geschenkt. Auch bei Naturvölkern sehen wir die Staatsmacht rings um den Sitz des Häuptlings sich im Anfang gegenseitig durch möglichst breite Grenzgürtel voneinander abschliessen. Diese treten uns in den Schilderungen der Afrikareisenden als die Regionen tagelanger Märsche durch unbewohntes oder nur von wenigen Ansiedelungen besetztes Gebiet entgegen. Aber indem man vermeidet sie zu betreten, oder auch, wie es von dem 50—100 km breiten wüsten Grenzgürtel zwischen China und Korea galt, ängstlich darauf hält, dass sich in demselben keine Fremden ansiedeln, behalten sie die Eigenschaft doppelseitig begrenzter politischer Räume; allerdings mehr solcher von negativem Charakter und unbestimmter und verschwommener Begrenzung [124]). Mit der Verdichtung der Bevölkerung und höherer Bewertung des Bodens, mit der Erstarkung des Staatswesens dringt dann zumeist die Besiedelung in diese herrenlosen Grenzstreifen, verschmälert sie als solche mehr und mehr, bis die benachbarten Staatsgebiete von ihnen vollen Besitz genommen haben. Dann tritt das vertragsmässige Uebereinkommen der Nachbarn über eine Grenzlinie an Stelle der Grenzgürtel.

Diesem oft erst in Jahrhunderten sich abspielenden Vorgange pflegt der Zeichner historisch-politischer Karten vorzugreifen, indem er politische Staatsgrenzen in linearem Zuge auch für solche Gebiete in die Karten einträgt, für welche uns nur ganz unbestimmte Ueberlieferungen über den Verlauf von Grenzlandschaften zur Verfügung stehen. Es sind dies ebenso wie zahlreiche andere Mittel kartographischer Zeichensprache nur Symbole; der Idee nach kann man sie als Halbierungslinien oben geschilderter Grenzstreifen ansehen, deren Breitenausdehnung meist ebensowenig bekannt ist als ihr genauerer Längsverlauf.

Im Gegensatz zu jener Entwicklung von innen nach aussen steht die moderne Richtung unserer Kulturstaaten, jene Beanspruchung politischen Besitzes in erster Linie durch Bestimmung einer äusseren Grenze kundzugeben; zuerst in vorläufiger Form auf Karten, nachmals durch äusserlich sichtbare Markierung des Grenzzugs an Ort und Stelle, indem man durch Grenzkommissionen denselben in seinem ganzen Verlaufe abschreitet. Dadurch rücken die modernen politischen Grenzen, gleich den Küstenlinien und Flüssen, mit grösserem Recht unter die Linienelemente der Karte als früher, wenn sie auch in Wirklichkeit mit jenen den Charakter eines schmäleren oder breiteren Streifen Landes noch vielfach teilen. Es mag an dieser Stelle der grossen Fortschritte gedacht werden, welche wissenschaftliche Grenzkommissionen bei ihren Arbeiten für die geographische Erforschung zahlreicher Gebiete in den letzten 60—70 Jahren mit sich gebracht haben.

---

[124]) Mit Recht dringt Ratzel (Ber. d. K. sächs. Ges. d. Wiss., 6. Febr. 1892, 95) darauf, dass man diese neutralen Zwischengürtel zwischen den afrikanischen Staatsgebieten auf der Karte zum Ausdruck bringe (s. auch Ratzel, Kultur- u. Staatenkarte von Afrika in Peterm. Mitt. 1885, 245—50 mit Taf. 12, 1:45 000 000).

Jede genauere Bestimmung der Grösse eines politischen Raumes setzt die Annahme einer (wenn auch nur momentan) festen Grenzlinie voraus und es hat z. B. die Verteilung eines ganzen Kontinentes je nach den politischen Besitzverhältnissen stillschweigend eine Aufteilung aller herrenlosen oder neutralen Grenzgürtel zwischen den besetzten Gebieten zur Vorbedingung. Schon darin liegt der Widersinn einer bis auf die Einer oder die Bruchteile der Flächeneinheit durchgeführten Arealangabe grösserer politischer Räume in unvermessenen Gebieten. (Vergl. S. 805) [125]).

2. Die natürlichen Grenzen politischer Räume [126]). Durch alle Stufen staatlicher Bildungen geht ein Streben nach möglichst „natürlicher Abgrenzung" der Gebiete. Wir verstehen darunter zweierlei. Im offen zutage liegenden Sinne sind natürliche Grenzen schwer überschreitbare Schranken des friedlichen oder kriegerischen Verkehrs; also Gürtel oder Landstreifen, die an möglichst wenigen Punkten einen Durch- oder Uebergang gestatten und daher den Verkehr leichter beaufsichtigen oder den feindlichen Einfall besser abwehren lassen, indem man sie schärfer ins Auge fasst und die bewaffnete Macht auf solche Punkte vereinigt. Mit gleichem Recht kann man jedoch andererseits auch von natürlichen Grenzen sprechen, wenn eine Kette von äusserlich am Erdboden sich abhebenden Kleinformen oder auch ununterbrochene Linien im Gelände, ohne Schranken zu bilden, lediglich den Nachbarn Anhaltspunkte der Verständigung über den Grenzverlauf bieten sollen.

Es ist erstaunlich, wie geschärft das Auge des Steppenbewohners ist für die unscheinbarsten Erhebungen oder andere natürliche Marken, die in ihm das Bewusstsein erwecken, dass ihm dorthin die Ausbreitung verboten ist, weil jenseits derselben ein anderer Stamm wohnt und weidet. Viel schärfer hebt sich das Merkmal einer Flusslinie aus der Landschaft ab. In zahllosen Fällen werden solche von Kulturvölkern als gegebene Grenzlinien gewählt, ohne dass sie — zumal in trockenen Landstrichen mit periodischem Lauf der Gewässer — als Verkehrshemmnisse angesehen werden könnten. Man kennt sie ähnlich wie Küstenlinien weit und breit und somit bieten sie eine zweckmässige Grundlage für ein Uebereinkommen; oft nur vorläufig, ohne dass die Vertragschliessenden sich an Ort und Stelle zu begeben hätten. Mitunter erhalten sie sich durch Jahrhunderte und erlangen damit in der historisch-politischen Geographie eine Bedeutung, die dem natürlichen Objekt als solchem, dem Flusse selbst, nicht zukommt.

Wie der unbedeutende Rubico, der nördlich von Ariminum (Rimini) in die Adria fliesst, einst als Schwelle zwischen Italien und Gallien galt, so dient die unterhalb Pressburgs in die Donau mündende Leitha (Atlas, Taf. 25) noch

---

[125]) So gab Ratzel (Polit. Geogr., 1897, 434), welcher das Irrtümliche der zu häufigen Annahme einer Grenzlinie statt eines Gürtels scharf betonte, doch Brasilien eine Fläche von 8 337 218 (!), Deutschland mit seinen Kolonien 3 057 872 (!) qkm, Marokko mit seinen gänzlich unbestimmbaren Binnengrenzen 812 265 (!) qkm u. s. f.; in der 2. Aufl. des Werkes (532 ff.) ging er jedoch zur Abrundung über. — [126]) S. auch G. L. Petzet, Zur Morphologie geographischer Grenzen, Globus XXVII, 1875.

heute im Sprachgebrauch moderner Politik als begrenzendes Merkmal der deutschen und ungarischen Landesteile der Oesterreich-Ungarischen Monarchie (Cisleithanien und Transleithanien). Es ist die geographische Lage — innerhalb des langen Grenzzuges —, und zwar an der wichtigsten Uebergangsstelle von Westen nach Osten und umgekehrt, welche der Leitha solche Bedeutung verleiht.

Bilden nun Höhenzüge, Flüsse, Küstenlinien, Sumpfländereien, Waldgürtel kurzweg natürliche Grenzen, so müssen doch noch besondere Eigenschaften hinzutreten, um sie zu wirklichen Schranken des Verkehrs und damit zu „guten" natürlichen Grenzen zu machen. Breite und Undurchdringlichkeit bei begrenzenden Vegetationsgürteln, Höhe und Steilheit der Gehänge, geringe Ausschartung der Kammlinie, Mangel an Pässen bei den Gebirgen, Breite der Flüsse und Wildheit der Uferstrecken, Unnahbarkeit der Küsten für die Schiffahrt durch Untiefen, geschlossener Steilabfall des Strandes — alles dies sind Momente, die in grosser Mannigfaltigkeit die eine oder die andere Form zu einer für den Schutz des Staatsgebietes besonders geeigneten natürlichen Grenze stempeln. Indem aber diese Eigenschaften vielfach streckenweise längs solcher natürlichen Grenzkörper wechseln, indem z. B. in den zusammengesetzten Faltengebirgen (S. 399) sich Teile mit mächtigem wasserscheidenden Hauptkamm und solche mit durchgreifenden Passlinien (S. 430) und Talwasserscheiden (S. 414) aneinander schliessen, oder im gleichen Talzug eines Flusses flache furtenreiche Strecken auf tief eingesenkte unüberbrückbare Uferstriche folgen, vermögen die nämlichen Gebilde die Aufgabe einer natürlichen politischen Grenze oft nur streckenweise zu erfüllen.

Vegetationsgürtel und Flüsse verlieren daneben mit steigender Kultur der Anwohner manche Eigenschaften guter natürlicher Grenzen. Bei jenen sind es die wachsenden Lichtungen, welche dies bewerkstelligen, bei diesen der regere Verkehr in Längs- und Querrichtung, gefördert durch Brückenbau und Eindämmung der seitlichen Ueberflutungen. Gerade weil die Schiffahrt die Ufer fliessender Gewässer verbindet, finden wir bei Naturvölkern Flüsse viel weniger als Längsgrenzen der Gebiete gewählt; eher erkennen Urwaldstämme eine Gruppe von Stromschnellen als quer über die Flusslinie verlaufende Grenzmarke ihrer Wohngebiete an.

3. Als künstliche politische Grenzen springen zunächst die befestigten Grenzsäume ins Auge. Meist legen sie sich quer vor die Lücken der natürlichen Grenzen eines politischen Raumes oder ziehen längs solcher von schwächerer Wirkung entlang. Unter derartigen Absperrungen haben besonders diejenigen dauernde Spuren hinterlassen, welche höher kultivierte Nationen gegen die häufigen kleinen Ueberfälle wenig sesshafter Nachbarvölker errichtet haben. Von Schottland bis nach China zog sich einst durch ganz Eurasien eine lose Kette von Gräben und Wällen an besonders gefährdeten Stellen der langen Grenzzüge, welche das Römische, Persische, Chinesische Reich von den nordischen Berg-, Wald- und Steppenvölkern schieden.

So zog das vallum Hadriani und noch nördlicher das vallum Antonini einst quer über die Einschnürungen Schottlands hinweg. Der römisch-rätische Limes zwischen Main und Donau verdankt, wie es scheint, seine merkwürdige

Ausbiegung nach Südwesten dem Verlauf am Saum eines ausgedehnten Nadelholzgebietes im mittleren Württemberg, wo heute Laubwald vorherrscht[127]). In Dacien (Ungarn und Rumänien) fanden sich zahlreiche „Römerschanzen". Das Tor von Derbent am Ostfuss des Kaukasus (Atlas, Taf. 32) ward schon von Darius durch eine Mauer abgesperrt, und die uralten Grenzwälle im Süden der Mongolei vereinigte das erstarkte China am Ende des 3. Jahrh. v. Chr. zur „Grossen Chinesischen Mauer".

Es ist nur eine andere Form der Befestigung schwacher natürlicher Grenzen, wenn wir heute die Grenzstreifen benachbarter Staaten stellenweise von beiden Seiten dicht mit Festungen und Einzelforts besetzt sehen, um den Krieg womöglich sofort in Feindesland zu tragen. Oder es wird in den sogenannten Militärgrenzen die gesamte Bevölkerung zum ständigen Wachtdienst erzogen.

Handelt es sich bei dem vielfach gewundenen Verlauf der Grenzzüge in den Ländern mit langer politischer Geschichte um Verschiebungen, in denen, auch wenn sie jungen Datums sind, das Ergebnis Jahrhunderte langer Kämpfe zu uns spricht, so tritt uns bei Betrachtung jung kolonisierter Gebiete sofort als vollster Gegensatz ein Vorherrschen geradlinigen Grenzverlaufs entgegen. Diese echt künstlichen Grenzen bekunden meist ihre Entstehung in einer Zeit, wo man nur unvollkommene Kenntnis des physischen Landschaftsbildes und dem entsprechend auch nur ungenaue Karten hatte. Man greift dann gern zu den theoretisch am unzweideutigsten zu definierenden Linien, den Längen- und Breitenkreisen[128]) (Nordamerika, Australien) oder Stücken grösster Kreise der Erdkugel, welche fester fixierte Endpunkte miteinander verbinden (Südamerika, Angola, Nordostgrenze von Deutsch-Ostafrika; Atlas Tafel 41a).

Geradlinig oder in einfacher Krümmung pflegt man auch jene ideellen Grenzen auf den Karten zu ziehen, welche die Interessensphären in Grenzgewässern voneinander scheiden. Bei Flüssen wählt man dazu meist den sog. Talweg, und Grenzkommissionen haben in leichter sich verschiebenden Flussbetten diesen immer wieder von neuem festzusetzen (einstige französisch-deutsche Grenze im Elsass längs des Rheins). — Seen, die inmitten der Grenzen mehrerer Staaten gelegen sind, wie der Bodensee, an dem fünf Uferstaaten Anteil haben (Atlas, Taf. 24), oder die Kanadischen Seen, auf welche die Vereinigten Staaten und Kanada je zu einem bestimmten Teil Anspruch erheben (Taf. 43), müssen dementsprechend durch ideelle Grenzlinien geteilt werden. Leider besteht keine Uebereinstimmung darüber, dass die Grenzstaaten den ihnen zukommenden Teil mit in die übliche Arealangabe des Staatsgebietes einschliessen. Bei den Vereinigten Staaten bedeutet dies einen Unterschied von $\pm$ 169000 qkm. — Ideell ist auch die äussere Grenze der Wasserstreifen, welche die Staaten längs ihrer Meeresküsten für sich zu beanspruchen pflegen (Hoheitsgrenze), um vor allem die Küstenfischerei den eigenen Untertanen zu wahren. Während Binnengewässer und

[127]) R. Gradmann, Der obergerman.-rätische Limes u. das fränkische Nadelholzgebiet. Pet. Mitt. 1899, 57 ff. mit Karte 1 : 1 000 000. — [128]) Seltsamer Weise rechnete Ratzel (Pol. Geogr., 1897, 474) die Grenzen längs der Gradnetzlinien zu den „natürlichen" Grenzen, weil sie „den durch die Form der Erde gegebenen Gesetzen unterlägen". Das Widersinnige dieses Satzes ist in 2. Aufl., 1903, 566, abgeschwächt. In der Tat ruhen die politischen Grenzlinien doch in Wirklichkeit nicht auf der mathematischen, sondern der physischen Oberfläche der Erde. Unnatürlichere, d. h. mit den Gelände- und Gewässerlinien mehr im Widerspruch stehende Grenzlinien als Längen- und Breitenkreise gibt es wohl nicht.

innere Küstengewässer (Haffe, Strandseen etc.) in das Areal der Staatsgebiete eingerechnet zu werden pflegen, ist dies mit den oben bezeichneten äusseren Küstengewässern nicht immer üblich.

§ 332. Gebietsgliederung und Grenzentwicklung. Da jeder politische Raum ein begrenztes Stück der Erdoberfläche darstellt, kann man auf ihn alle jene Versuche, die horizontale Gliederung in Zahlen zu bestimmen, anwenden, welche man für physische Räume, für Kontinente, Halbinseln, Inseln etc. in Vorschlag gebracht hat (§ 125). Wir wollen sie indessen nicht wiederholen, sondern nur betonen, dass es auch bei politischen Räumen keinen Sinn hat, den Flächeninhalt direkt mit der Grenzlänge in Beziehung zu setzen[129]). Ein Minimum von Aussengrenze hat nur das kreisförmige Staatsgebiet (oder das einer Kugelkappe, wenn auf die gekrümmte Erdoberfläche bezogen). So starke Abrundungen kommen nicht vor. Gegliederte Staatsgebiete werden also eine um so grössere Grenzentwicklung aufweisen — so nennen wir das Verhältnis der wahren Grenzlänge zum idealen Minimum — je mehr sie von der Kreisform abweichen. Es ist dies also lediglich ein Mittel, den Gestaltenreichtum politischer Räume zu bemessen. Im übrigen gelten hinsichtlich der richtigen Bestimmung der Grenzlänge alle früher dargelegten Vorsichtsmassregeln (S. 255 und 469), wenn auch im allgemeinen politische Grenzen etwas mehr gebrochenen Linien gleichen als Küsten- und Flusslinien und daher leichter zu messen sind.

	Fläche qkm	Grenz-Minimum	Grenzlänge	Grenzentwicklung
Schweiz[130])	41 324	721 km	1 854 km	2,6
Königreich Sachsen[131]) . . .	14 993	434 „	1 375 „	3,2
Deutsches Reich[131])	541 000	2607 „	8 149 „	3,1
Oesterreich-Ungarn[131]) . . .	625 050	2793 „	9 610 „	3,4
Grossbritannien und Irland[131])	313 650	1985 „	12 880 „	6,5

[129]) Nicht haltbar ist die Auffassung Ratzels (Polit. Geogr. 1897, 502; 1903, 597), man könne die „politischen Werte des Flächeninhalts und der Grenze deshalb in direkten Vergleich stellen, weil sie in Wirklichkeit wie Teile derselben Fläche sich verhalten, nämlich wie Saum und Kerngebiet". Aber statt erst der schwierigen Frage des Raumes dieses Grenzsaumes näher zu treten und dessen Fläche *(S)* zu berechnen (etwa durch Annahme einer mittleren Breite desselben), und das Resultat vom Gesamtgebiet *(F)* in Abzug zu bringen, um die Grösse des Kerngebiets *(K)* und also die theoretisch geforderten vergleichbaren Flächen *S* und *(F—S)* zu erhalten, vergleicht Ratzel einfach die lineare Grösse der Kilometerzahl der Grenzlänge mit der Flächenzahl des Gesamtgebietes in qkm. In den gleichen methodischen Fehler verfällt Cl. Förster (s. o. Anm. 122), von der Annahme ausgehend, dass die Zahlen nach Ritters Methode (d. h. Bestimmung der Anzahl von qkm auf 1 km Grenzlinie) „zu einer Unterscheidung der Binnen- und Grenzbewohner führe". Das hiesse logisch als „Grenzbewohner" diejenige Bevölkerung betrachten, die auf einem Grenzsaum von 1 km Breite längs der Grenze wohnt. Denn die Grenzziffer ($l = l \times 1$) als Fläche betrachtet entspricht, mathematisch gesprochen, einem Streifen von der Länge *(l)* und der Breite 1. — [130]) S. Cl. Förster (Anm. 122, 53). — [131]) Die Grenzlängen nach den Ausmessungen Strelbitskis (La Superficie de l'Europe, 1882), woselbst für jeden Staat Europas entsprechende Angaben über die politischen Grenzstrecken mitgeteilt sind, ohne dass das angewandte Verfahren erläutert wäre. Sie bedürfen sicher der Nachprüfung. Für Deutschland weicht das Resultat nicht unbeträchtlich von dem Pencks ab (7675 km, Unser Wissen von der Erde II, 1887, 126).

Einen Zahlenausdruck für die Grenzgliederung selbst, die man besser als Grenzstrecken-Entwicklung bezeichnen kann, erhält man nach Art des Begriffs der Stromentwicklung (S. 459), wenn man die wahre Länge einer Grenzstrecke mit dem Abstand ihrer Endpunkte, gemessen in der Luftlinie, vergleicht. Die glatten Grenzzüge längs der Meridiane und Parallelen vieler politischer Räume Amerikas haben also theoretisch das Minimum von Grenzgliederung, wenn sie auch nach Absteckung des Grenzzuges an Ort und Stelle von der schnurgeraden Linie kleine Abweichungen zeigen werden, die auf Uebersichtskarten verschwinden.

Die Westgrenze des Königreichs Sachsen[132]) hat bei gleicher absoluter Länge eine doppelt so grosse Grenzgliederung (496 km : 121 km = $4{,}_1$) als die Böhmen zugekehrte Südgrenze (483 km : 225 km = $2{,}_{15}$).

Da wir es hier mit politischen Grenzen zu tun haben, so ist weiter für jeden Staat das Verhältnis der äusseren Grenzstrecken, welche den verschiedenartigen politischen Nachbargebieten zugekehrt sind, von Interesse. Je grösser dabei die Strecken sind, welche an befreundete oder neutrale Staaten angrenzen, um so kräftiger kann sich ein Gebiet den feindlichen Nachbarn gegenüber verteidigen.

Das Deutsche Reich hat[133]) eine Kontinentalgrenze von 5204 km (= 64 %) und 2945 km (= 36 %) Meeresgrenze. Von ersterer sind nur 1183 km = 23 % gegen Russland, 404 km = 8 % gegen Frankreich, 115 km = 2 % gegen Dänemark gerichtet, also mehr als zwei Dritteile der Landesgrenze sind den übrigen Grenzstaaten zugekehrt. Entsprechend gross sind demgemäss aber auch die friedlichen Verkehrsbeziehungen zu Oesterreich, Schweiz, Belgien, den Niederlanden.

§ 333. Innere Gliederung der Staatsgebiete[134]). Die Frage, wie die Aufgabe des Staates, alle Kräfte seines Gebietes und seiner Bevölkerung zum Bestand und Wohl des Ganzen zusammenzufassen, am besten mit Erhaltung der landschaftlichen Eigentümlichkeit seiner Teile vereinigt werden könnte, ist in unseren Kulturstaaten auf sehr verschiedene Weise zu lösen versucht worden. Bei den einen hat mehr der zentralistische Zug obgewaltet und damit ward die Mannigfaltigkeit provinziellen Lebens verkümmert (Frankreich). Bei den andern brachte es die historische Entwicklung bereits mit sich, dass die zu einem Staat vereinigten Landschaften von vornherein eine gewisse Selbständigkeit zu behaupten wussten (Oesterreich, Preussen). Das Verwaltungsrecht trägt diesen Verhältnissen dadurch Rechnung[135]), dass es der Gesamtregierung mehr die nach aussen wirkenden Hoheitsrechte vorbehält, die örtlich verschiedenen und daher von landschaftlichen Mittelpunkten leichter zu übersehenden wirtschaftlichen

---

[132]) Nach Cl. Förster, a. a. O., 45. — [133]) Strelbitski, a. a. O., 60. — [134]) Die Frage der inneren Gliederung der Staaten wird in Ratzels politischer Geographie auffallender Weise gar nicht berührt. Auch in der sonstigen geographischen, staatenkundlichen oder statistischen Literatur scheint es keine Arbeit zu geben, die sich vergleichend mit den Grössenverhältnissen der Verwaltungsbezirke in den einzelnen Staaten beschäftigte. Die Quelle der Einzelangaben bilden allein die grossen Zensuswerke. — [135]) E. v. Meier, Verwaltungsrecht in Holtzendorffs Encyklopädie der Rechtswissenschaft, 1891.

Interessen dagegen kleinen Verbänden zur Selbstverwaltung überlässt. Erst der volks- und weltwirtschaftliche Umschwung des 19. Jahrhunderts hat es dann mit sich gebracht, dass der Staat sich auch einer immer grösseren Reihe von wirtschaftlichen Aufgaben unterzieht, um geographisch bedingte Vorteile oder Nachteile der einzelnen Landesteile auszugleichen und das eigene Volk im Wettbewerb der Nationen zu stärken.

Die Geographie hat an diesen scheinbar ausser ihrem Bereich liegenden Verhältnissen deshalb ein Interesse, weil sie die Bildung einer grossen Zahl von kleineren und grösseren politischen Räumen im Rahmen der äusseren Staatsgrenzen mit sich bringen. Wie für diese innere räumliche Gliederung der Staaten in „Verwaltungsbezirke" die Vollmachten zwischen Regierung und den Organen der Selbstverwaltung verteilt und gegeneinander abgewogen sind, kann uns hier nicht beschäftigen. Uns interessiert wesentlich die Grösse der Maschen, in die der Boden des Staates durch diese Einrichtungen zerlegt wird. Wie bei den Staaten selbst kommen alle Arten von Grössen vor, wenn wir von den Gemeinden ausgehen und bis zu den mächtigen Provinzen grossräumiger Staaten fortschreiten. Es sind in der Hauptsache künstliche Grenzen, die sie von einander scheiden. Halten wir aber daran fest, dass diese inneren politischen Grenzen einen ganz anderen Charakter als die äusseren Staatsgrenzen haben. Sie dienen nur zur übersichtlichen Verständigung der Zugehörigkeiten und entbehren der Eigenschaft der Schranken (S. 827) im Grunde ganz. In diesem Punkt liegt auch die wesentlich andere Bedeutung, welche die Grenzen (abgesehen von den dem Ausland zugekehrten) an sich für Bundesstaatsgebiete einerseits und für selbständige Staaten andererseits haben.

1. Die Gemeinden. Nur inbezug auf die kleinsten räumlichen Elemente der Staaten lassen sich die Verhältnisse leichter unter gemeinsame Gesichtspunkte bringen. Wir müssen dabei meist an die erste Besiedelungsgeschichte des Landes anknüpfen. In altbesiedelten Gebieten mit langer politischer Geschichte[136]) findet sich heute wenig Land mehr, das nicht an einzelne Wohngenossenschaften vergeben wäre. Einst war es auch hier anders.

Als z. B. in Mitteleuropa sich die festen Ansiedelungen bildeten, deren Genossen eine Ackerflur rings um die Wohnstätte in Einzelbewirtschaftung nahmen, umlagerten beträchtliche Flächen dieselben als Gemeinbesitz der Ansiedler unter dem Namen „Marken". Zwischen diesen letzteren fand sich, namentlich in den weniger günstigen Landstrichen, noch viel herrenloses Land, das erst allmählich von der Territorialherrschaft, die sich über das Gesamtgebiet zahlreicher Marken ausbreitete, in Besitz genommen ward. Diese anfangs nicht besiedelten Gebiete sind dann im Laufe der Jahrhunderte durch Tochteransiedelungen aufgeteilt, doch ist der Vorgang keineswegs überall schon beendet.

Diese wirtschaftlichen Verbände niederster Ordnung, gleichsam die Zellen im Bau des Staatsgebietes, pflegen wir kurzweg die Ge-

[136]) G. Landau, Die Territorien inbezug auf ihre Bildung und Entwicklung, Hamburg 1854.

meinden (Einzelgemeinden) zu nennen. Ihre Grenzsetzung stammt grösstenteils noch aus alter Zeit; ihre Zahl ist innerhalb der einzelnen Staaten noch ständigem Wechsel unterworfen. Wo durch sog. innere Kolonisation auf bisher unbenutzt gelassenem Boden neue Ansiedler ausgesetzt werden, bilden sich mit der Zeit neue Gemeinden; wo aber die Bevölkerung einer Stadtgemeinde über das ursprüngliche Weichbild (die Feldflur oder die Gemarkung) hinauswächst, werden häufig die schon halb städtisch angebauten benachbarten Landgemeinden mit jener verschmolzen und verschwinden damit aus der Reihe der selbständigen Gemeinden. Die heutigen Gemeindegrenzen gehören im allgemeinen zu den ältesten Grenzen politischer Räume überhaupt; sie haben sich vielfach erhalten, da bei den zahlreichen Gebietsveränderungen, die über so viele Länder Europas oder auch anderer Erdteile hinweggegangen sind, seltener schon bestehende Gemeinden und deren Gemarkungen zerschnitten sind.

Die Grösse dieser Gemarkungen ist in den einzelnen Staaten Europas, aber auch landschaftsweise im selben Staat, noch beträchtlich verschieden; in Preussen durchschnittlich 6, in Frankreich 15, in Italien 34 qkm betragend, geht sie auch im Münsterland und den Niederlanden selten unter 30 qkm herab, sodass also hier viele einzelne Wohnplätze (§ 347) zu solchen Gemeinden verbunden sind. In England entspricht das erst spät gebildete Kirchspiel (Parish) mit rund 10 qkm Mittelgrösse etwa dem Begriff unserer politischen Gemeinde. Weit grösser ist der Rahmen der amerikanischen Townships (93 qkm), mit welchen die Vereinigten Staaten das ungeheure Gebiet des Mississippibeckens in gleichgrossen Quadraten (36 engl. sq. m.) ausgelegt haben[137]), um ähnlich wie einst die Römer den neuen Ansiedlern darin Feldfluren von quadratischem Umriss in sicher aus der Ferne bestimmbarer Lage zuzuweisen. — Wie man sieht, besteht also die Möglichkeit, diese kleinsten (und historisch besonders wichtigen) Elemente des Staatsgebietes noch auf unseren topographischen Karten durch Grenzeintragung zur Anschauung zu bringen. Leider ist dies bisher nur von wenigen Staaten durchgeführt[138]).

2. Die Heimatsbezirke[139]). Als „kleinere Verwaltungsbezirke" bezeichnet man im Deutschen Reiche bei der Buntscheckigkeit der inneren Verwaltungsorganisation[140]) der einzelnen Bundesstaaten eine erste Zusammenfassung benachbarter Gemeinden zu Aemtern oder Kreisen, die man vom geographischen Standpunkt aus kurzweg Heimatsbezirke nennen könnte. Denn bevor die modernen Verkehrsmittel in den Kulturstaaten die grosse Beweglichkeit der Be-

[137]) M. Sering, Die landwirtschaftl. Konkurrenz Nordamerikas, Leipzig 1887, 106 ff., Das Vermessungswesen. — [138]) In Frankreich finden sich diese Grenzen auch auf der topographischen Karte 1 : 80 000, in England nur auf den sog. Six-Inches-Maps in 1 : 10 560, in Deutschland nur auf den Messtischblättern 1 : 25 000. Dem besonders für historische Studien sich fühlbar machenden Bedürfnis sucht man in Deutschland neuerdings durch Herstellung sogenannter historischer Grundkarten (Umrisskarten mit eingezeichneten Gemarkungsgrenzen), meist in 1 : 100 000 abzuhelfen. Vergl. F. v. Thudichum, Historisch-statistische Grundkarten. Denkschrift, Tübingen 1892. — [139]) Vergl. die über das Thema des Titels hinausgreifende Schrift von H. Gruber, Kreise und Kreis-Grenzen, vornehmlich die Ostpreussens, geographisch betrachtet; Berlin 1912. — [140]) Kreise (Preussen, Hessen, Braunschweig etc.); Amtshauptmannschaften (Sachsen); Bezirksämter (Bayern); Oberämter (Württemberg); Amtsbezirke (Baden) etc.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

völkerung hervorgerufen haben, bildeten die Grenzen dieser 500 qkm — 1000 qkm grossen Heimatsbezirke den selten überschrittenen Horizont für die grosse Mehrzahl der Bewohner, und noch heute sind in Mitteleuropa 70 % — 80 % der Bevölkerung in den Heimatsbezirken ansässig [140]), in welchen sie geboren sind.

Die preussische Kreisordnung hat im Laufe des 19. Jahrhunderts ein Netz von Kreisgrenzen über die einzelnen Provinzen ausgebreitet; die Grösse der Landkreise schwankt zwischen 350 qkm — 500 qkm im Süden und Westen, zwischen 900 qkm — 1300 qkm im Norden und Osten. Ihre Zahl vermehrt sich durch Ausscheidung von städtischen Kreisen oder Teilung ländlicher bei wachsender Bevölkerung; 600 qkm ist eine Mittelzahl. Weit kleiner (190 qkm) sind durchschnittlich die Cantons in Frankreich, grösser die Bezirksämter in Oesterreich (900), die Circondarii (1000) in Italien. Da 400 qkm noch einer Fläche von 4 Quadratzentimetern auf Karten im Massstab 1: 1 000 000 entsprechen, so lassen sich die Grenzen dieser Heimatsbezirke noch gut auf solchen zur Darstellung bringen [141]), und Karten, die man dem Unterricht in der Heimatskunde zu Grunde legt, sollten stets auch die Grenzen dieser kleinen politischen Räume verzeichnet enthalten. Es gewinnen dieselben für die gesamte wirtschaftliche Geographie deshalb hervorragende Bedeutung, weil die Ergebnisse zahlreicher statistischer Aufnahmen in den modernen Kulturstaaten, namentlich in betreff der Bevölkerung, selten noch weiter als bis auf diese sog. kleineren Verwaltungsbezirke lokalisiert werden.

3. Die Gaue. Weit verbreitet ist eine Gruppierung der Gemeinden zu etwas grösseren Bezirken, deren Ausdehnung etwa das französische Arrondissement (ca. 1500 qkm) als untere und das Departement (6200 qkm) oder den westlichen preussischen Regierungsbezirk als obere Grenze hat. Sie mögen unter dem alten Namen der Gaue zusammengefasst werden. Zur Zeit der Gauverfassung hatten die Gaue in Deutschland meist eine Grösse von 1000 qkm — 3000 qkm [142]). Hierunter treten uns auch heute noch viele in Namen und Umfang aus alten Zeiten erhaltene Gebiete entgegen. Dazu gehören vor allen die englischen Grafschaften (Counties), wenn deren Zahl sich auch in jüngerer Zeit ein wenig vermehrt hat. Die Briten haben diese verhältnismässig kleinräumige Bezirkseinteilung auch auf ihre Kolonialgebiete übertragen, wo die County-Grenzen ein Netz ziemlich gleichförmiger Maschen von rechtwinkelig sich schneidenden Linien bilden. Im übrigen sind unter den hier einzureihenden Bezirken noch manche in alter Grenzsetzung von historischem Alter (Niederlande); andere entstammen den neuesten Massnahmen der inneren Staatsverwaltung.

Auf Karten im Massstab 1 : 2 500 000 und darüber lassen sich die Grenzen dieser Bezirke noch gut einzeichnen (Atlas, Taf. 18 — 21). Das Eingradfeld hat in Mitteleuropa rund 8000 qkm Grösse.

---

[140]) In Preussen waren 1871 noch 76 %, 1905 nur noch 63 % aller Gezählten im Zählkreis geboren (Preuss. Statistik Bd. 206, Berlin 1908, 266); in Oesterreich 1890 noch 80 %; v. Fircks, Bevölkerungslehre, Leipzig 1898, 57. — [141]) Die Atlanten von Andree, Debes, Sohr-Berghaus (1901 ff.) geben die Grenzen dieser Heimatsbezirke noch auf ihren Provinzkarten der mitteleuropäischen Staaten an. — [142]) Vergl. die sechs Gaukarten in Spruner-Menkes Historischem Handatlas, 3. Aufl., Gotha 1880, Nr. 31—36, 1 : 1 000 000.

	Mittelgrösse qkm
Frankreich, Arrondissements	1500
Vereinigte Staaten, Counties der Osthälfte[143])	1800
Dänemark, Aemter	2100
Grossbritannien, Counties	2400
Griechenland, Nomen (seit (1899)	2500
Niederlande, Provinzen	3100
Belgien, Provinzen	3300
Italien, Provinzen	4150
Ungarn, Komitate	4500
Elsass-Lothringen, Bezirke	4800
Russland[144]), Kreise	5000
Frankreich, Departements	6200
Preussen, Regierungsbezirke des Westens[145])	6400
Schweden, südliche und mittlere Läne	8000

Den Uebergang vom Gau zur Landschaft bilden Bezirke wie die folgenden:

Bayern, Regierungsbezirke	9500
Spanien, Provinzen	10600
Polen, Gouvernements	12700
Preussen, östliche Regierungsbezirke[146])	13000

4. Die Landschaften. Nur wenige Staaten gliedern ihr Territorium von vornherein in grössere Landschaften, denen sie zum Teil zur Erweckung provinziellen Lebens noch besondere wirtschaftliche Aufgaben zuweisen. Die mitteleuropäischen Mittelstaaten bedürfen solcher Gliederung nicht, da ihr Staatsgebiet im allgemeinen nicht über den Rahmen dessen, was wir hier als Landschaft bezeichnen, hinausgeht.

	qkm
Oesterreich, Kronländer (14)	ca. 21000
Europäische Türkei, Vilajets	„ 24000
Preussen, Provinzen	„ 29000
[Niederlande, Staatsgebiet]	„ 34000
[Preuss. Prov. Brandenburg, Schlesien]	„ 40000
Russland, Gouvernements (ohne Nord- u. Ostgebiete)	„ 51000
[Böhmen, Kronland]	„ 52000

Ein Zweigradfeld entspricht in Mitteleuropa einer Grösse von 30000 qkm — 33000 qkm (Atlas, Taf. 17, Rand).

Grossräumige Provinzen im wahren Sinn bilden in Europa nur die nördlichen und östlichen Gouvernements Russlands (im Mittel ca. 260000 q km) oder z. B. die Provinzen des eigentlichen China (200000 qkm). Man kann ihnen die Einzelstaaten der amerikanischen Union, von den älteren kleinräumigen Küstenstaaten abgesehen, zur Seite stellen (190000 qkm).

Die politische Geographie kann aber auch hinsichtlich derjenigen Staaten, die eine Zusammenfassung ihrer Grafschaften und Gaue

[143]) Ohne die Staaten im W. des 105° W. v. Gr. — [144]) Ohne die Kreise der nördlichen und östlichen Gouvernements. — [145]) In Hannover, Hessen-Nassau, Westfalen, Rheinprovinz. — [146]) D. h. die 19 Regierungs-Bezirke ausschliesslich der in voriger Anm. genannten Provinzen; i. J. 1908 ward Reg.-Bez. Allenstein errichtet.

(Departements) zu grossen Verwaltungsbezirken nicht kennen, der übersichtlichen Gliederung des Territoriums in wenige grössere Landschaften nicht immer entbehren. Sie greift daher häufig zu älteren historischen Einteilungen wie in Frankreich und Spanien; andererseits wird sie hierbei zuweilen durch Gruppenbildung von der offiziellen Statistik unterstützt.

Diese fasst z. B. in England die Counties in Grafschaftsgruppen (Divisions), in Italien die Provinzen in sogenannte Landesteile (Compartimenti territoriali) zusammen, welche letztere den Landschaften im historischen Sinn (Piemont, Lombardei, Venetien etc.) durchaus entsprechen.

§ 334. Nebenländer und Kolonialbesitz. Eine ungewöhnlich grosse Zahl von heutigen Staaten, wenn auch immer eine Minderheit, übt Hoheitsrechte über Gebiete aus, die ausserhalb der eigentlichen Staatsgrenzen liegen, ohne politisch dem Staate eingegliedert zu sein. Sie haben Aussenbesitzungen. Dieselbe Erscheinung kennen wir aus anderen Perioden der Weltgeschichte. Die Zeit der Gewinnung solcher fällt stets in eine Epoche politischen Erstarkens. Der wirtschaftliche Aufschwung drängt nicht selten zur Ausdehnung des heimischen Wirtschaftsgebietes in der Form der politischen Besetzung auswärtiger Territorien. Dann gilt es, dieselben zu erhalten und zur Entwicklung zu bringen. Nicht allen Staaten, die sich auf diese Bahn begeben haben, gelingt dies im Wettbewerb der Nationen auf lange Dauer. Aussenbesitzungen sind daher politische Räume von rasch wechselnder Ausdehnung und häufigem Uebergang von einer Macht auf eine andere.

Es ist die politische Lage dieser letzteren zum Mutterstaat, die Anlass bietet, zwei Gattungen von Aussenbesitzungen zu unterscheiden. Die dem Staatskörper räumlich angegliederten als Nebenländer bezeichnend, wollen wir den Namen der Kolonien oder des Kolonialbesitzes den fern abliegenden, überseeischen vorbehalten.

1. Kolonialbesitz[147]). Der Name „Kolonie" ist der Siedelungsgeschichte entnommen und daher eigentlich zu umfassend. Durch Kolonienbildung geht die langsame Völkerverschiebung vor sich im Gegensatz zu den nur in einzelnen Perioden der Weltgeschichte auftretenden und an Zeiten geringer Sesshaftigkeit gebundenen Völkerwanderungen. Bei letzteren verlassen ganze Stämme oder Stammesverbände, wenn nicht immer in ihrer Gesamtheit, so doch in der grossen Mehrzahl ihrer Glieder das Wohngebiet. Bei der Kolonienbildung zweigen sich dagegen wie bei der Pflanzenwanderung durch Schösslinge und Samenstreuung (S. 674) nur Bruchteile einer Wohn-

[147]) Die systematischen Hauptwerke, wie W. Roscher, Kolonien, Kolonialpolitik und Auswanderung, 1848, 3. Ausg. mit Beiträgen von R. Jannasch, 1884, und P. Leroy-Beaulieu, De la Colonisation chez les peuples modernes, 5. ed. Paris 1892, beschäftigen sich ausschliesslich mit „Kolonialbesitzungen" im obigen Sinne und beschränken sich auf die europäischen Kulturstaaten. S. auch Ratzel, Pol. Geogr., Kap. VI, Eroberung und Kolonisation mit einigen Streiflichtern auf die Kolonisation von Natur- und Halbkulturvölkern (Malayen). A. Supan, Die territoriale Entwicklung der europäischen Kolonien. Gotha 1906. Mit 12 Karten. A. Zimmermann, Kolonialpolitische Studien, Oldenburg 1905. Die europäischen Kolonien, Berlin; I. Kolonialpolitik Spaniens u. Portugals, 1896; II. u. III. Grossbritanniens 1898—99; IV. Frankreichs 1901; V. der Niederlande 1903.

genossenschaft, deren Hauptmasse zurückbleibt, ab, um sich an einem räumlich von ihr getrennten Orte wieder niederzulassen und sich hier zu einer gewissen Gemeinschaft zusammenzuschliessen.

Unter „Kolonie" verstehen wir nun nicht allein die bewegte Bevölkerungsgruppe selbst, sondern auch das von ihr besetzte Stück des Bodens (z. B. römische Militärkolonien). Durch die sogenannte innere Kolonisation werden leere oder schwach bevölkerte Stellen des eigenen Staatsgebietes aufgefüllt und angebaut. Herbeigerufen durch slavische Grundherren und Fürsten haben sich „deutsche Kolonien" zahlreich im slavischen Osten Europas bis an die Wolga gebildet. Wir nennen die vorwiegend von Deutschen gegründeten Niederlassungen in Brasilien „deutsche Kolonien". Aber alle diese ethnographischen Kolonien in stammfremden Gebieten, die sich durch Bewahrung ihres angestammten Volkstums erhalten und über deren Bestehen uns nicht die politische, sondern nur die Völkerkarte Aufschluss gibt, berühren uns hier nicht.

Im Begriff der politischen Kolonien tritt der Boden in den Vordergrund; es sind politische Räume, in grösserer oder geringerer Entfernung von dem Staate gelegen, der Hoheitsrechte über sie beansprucht, gleichviel ob die Bewohner desselben ganz oder nur in einigen führenden Gliedern aus Abzweigungen der Bevölkerung des Mutterstaates bestehen. Da eine stete und freie Zukömmlichkeit erste Bedingung für die Behauptung und Ausnutzung ist, so kann es politische Kolonien nur längs ozeanischer Küsten oder vom Meer aus schiffbarer Flüsse geben. Nur seefahrende Nationen können umgekehrt Kolonialbesitz erwerben oder behaupten und politische Kolonien sind immer überseeische Besitzungen. Es ist ihrer Entfernung vom Mutterland eine Grenze nicht gesetzt.

2. Nebenländer. Aber solche Kolonien sind, wie angedeutet, nicht die einzige Form des politischen Aussenbesitzes. Es zeigt sich der gleiche Drang nach Ausdehnung der äusseren politischen Grenzen auch bei manchen Kontinentalstaaten, ja sie wird ihnen nicht selten durch die unruhigen Nachbarn (Nomaden, S. 795) aufgedrängt. Es folgt Besetzung oder Eroberung ganz ebenso wie bei manchen überseeischen Kolonialgründungen. So werden Aussenbesitzungen (Grenzmarken) gewonnen, deren Bevölkerung im allgemeinen auch fremden Stammes und von verschiedener Kultur ist; Landstriche, die nicht immer die heimischen Wirtschaftsformen gestatten oder nur strichweise im siedelungsgeschichtlichen Sinn „kolonisiert" werden können. Aber weil in unmittelbarer Nachbarschaft, meist längs der Staatsgrenzen sich ausbreitend, gelangen Teile solcher Nebenländer weit eher zur völligen Einverleibung in den Stammstaat und verschwinden aus der Reihe der Aussenbesitzungen. Nebenländer, den angegliederten Halbinseln und Inseln vergleichbar (S. 286), bilden eine häufige Uebergangsstufe im Wachstum des Staatsgebietes. Uebrigens lässt sich der gleiche Vorgang an manchen näher dem Mutterland gelegenen einstigen Kolonien verfolgen und Nebenländer in gewissem Sinn haben zur Zeit auch noch einige Staaten von maritimer Stellung.

Russland und China sind die Staaten mit grossräumigen Nebenländern. Dort ist es Sibirien und neuerdings Turkestan, hier vor allem die Mandschurei, die durch Einwanderung der Russen bezw. Chinesen Zeugnis von der ungemein

regen Kolonisation dieser Völker ablegen. Bosnien war bis 1908 noch ein der Oesterreich-Ungarischen Monarchie angegliedertes Nebenland. Das geographisch (S. 286) wie politisch als Zwischenland aufzufassende Finland war ein Nebenland Schwedens, dessen Sprache noch heute die der gebildeten Klassen ist, und wird seit der Annexion durch Russland aus einem Nebenland dieses Staats immer mehr russische Provinz. Die normännischen Inseln im Kanal stellen als letzter Rest der einstigen englischen Besitzungen auf französischem Boden ein Nebenland Grossbritanniens mit eigener Verfassung dar. Das geographisch und ethnographisch zu Italien gehörende Korsika ist ein in das französische Staatsgebiet einbezogenes Nebenland. Einstige Kolonialgebiete der Portugiesen wie die Azoren und Madeira oder der Spanier wie die Kanarien gelten politisch nicht mehr als solche, auch nicht als Nebenländer, sondern staatsrechtlich als Teile der betreffenden Staaten. Färöer und Island sind Nebenländer Dänemarks.

§ 335. Die Grenzen der Aussenbesitzungen und die Interessensphären. Es liegt in der Natur der Sache, dass frischbesetzte Gebiete im allgemeinen noch der deutlichen Grenzsetzung entbehren. Sie erscheinen im Anfang einseitig begrenzt, nur nach der Seite, von welcher die Besetzung ausgeht, nach der andern haben sie sog. „offene Grenzen". Das ist besonders mit überseeischem Besitz der Fall, der sich von einzelnen Küstenpunkten aus allmählich längs der Küste selbst und ins Hinterland vorschiebt. Da Naturvölker auf Landbesitz ungleich geringeren Wert als Kulturvölker legen[148]), entwickeln sich bei Besitzergreifung von Stücken des Wohngebiets der ersteren selten sofort feste Grenzen. Wohl aber liegt es jeder kolonisierenden Macht am Herzen, den wettbewerbenden Nationen gegenüber den Erdraum zu bezeichnen, den sie von vornherein für weitere Unternehmungen für sich in Anspruch nimmt. Man zieht um die Ausgangspunkte kolonisatorischer Tätigkeit eine sog. Anspruchs- oder Interessensphäre. Ihre Grenzen, oft absichtlich noch unbestimmt gelassen, sind teils stillschweigend anerkannt, teils durch feierliche Verträge festgestellt.

Wie einst die Interessensphären der Phönizier und der Griechen das westliche Mittelmeer in ein südliches und nördliches schieden, so galt im 13. Jahrh. das Schwarze Meer als solche Genuas, während das Levantebecken den Venetianern mehr oder weniger überlassen war.

Nie hat aber die Weltgeschichte grössere (ideelle) politische Räume gekannt als zur Zeit der „Teilung der Erde" zwischen Spanien und Portugal.

Indem die berühmte durch päpstliche Bullen von 1493 bezw. 1506 bekräftigte Demarkationslinie[149]) den Meridian, der 370 Leguas westlich der Kapverden den Atlantischen Ozean schnitt, als Grenze zwischen den von beiden Staaten zu erwerbenden überseeischen Gebieten setzte, ward der Begriff der Interessensphären, den das Altertum schon kannte, in die politische Geographie von neuem eingeführt. Sie war lange die einzige politische Grenze, die man auf Weltkarten einzeichnete[150]).

---

[148]) Ratzel, Pol. Geogr., 1897, 33. — [149]) A. Baum. Die Demarkationslinie Papst Alexanders VI. Diss., Bonn, 1890. — [150]) Die Seekarten des Entdeckungszeitalters pflegten übrigens die politische Zugehörigkeit der Küsten meist nur durch Wappenstandarten anzudeuten.

Die Frage der Interessensphären ist in unserer Zeit brennend geworden, wo die kolonisatorische Tätigkeit europäischer Nationen durch die Erschliessung Afrikas mächtig entfacht ist. Die „Aufteilung Afrikas" läuft auf eine Scheidung von Interessensphären zwischen sieben Kolonialmächten hinaus. Die Unbestimmtheit zahlreicher Grenzen von Aussengebieten setzt dem Versuch, sie nach Umfang und Bevölkerungszahl zu bestimmen, grosse Schwierigkeiten entgegen (§ 338).

§ 336. Die Arten der Aussenbesitzungen. Die staats- und völkerrechtlichen Unterschiede, die den Grad der Abhängigkeit der Nebenländer und Kolonien vom Mutterland regeln, berühren wir nur kurz.

Die erste Gründung vieler derselben ist durch Handelsgesellschaften erfolgt, die durch Freibriefe begünstigt den Schutz ihres Staates beanspruchten. Manche derselben haben sich lange erhalten — die britische Ostindische Kompagnie von 1600 bis 1858 — und sind zu grosser Macht gelangt. Die meisten haben früh das erworbene Gebiet an die Regierung des Mutterstaates abgetreten. Der weite Begriff des fremden Schutzstaates entkleidet ein Territorium, das in den Machtbereich eines Kolonialstaates tritt, der freien Gestaltung seiner äusseren Beziehungen. Bleibt auch die eigene Verwaltung im Innern bestehen, so gelangen die Schutzstaaten doch durch dies Verhältnis auch in grössere oder geringere wirtschaftliche Abhängigkeit. Dadurch rechtfertigt es sich im Bereich der politischen Geographie, sie den Aussenbesitzungen zuzurechnen (§ 337).

Die Mehrzahl der Versuche, die Kolonien zu klassifizieren, geht vom wirtschaftlichen Standpunkt aus, von dem Hauptzweck, den man mit der ursprünglichen Begründung verband, von der beherrschenden Wirtschaftsform auf dem Wege, auf dem sie ausgebeutet worden sind oder am besten ausgebeutet werden können. Aber wie die meisten Kolonien aus der Besetzung kleiner Küstenpunkte zu grossräumigen Territorien geworden sind, so vereinigen auch manche von ihnen mehrere oder verschiedene Wirtschaftsformen. Die Unterbringung der einzelnen Kolonien bietet daher bei jedem System Schwierigkeit.

1. Handelskolonien. Zahlreiche der überseeischen Kolonien haben in der Form von Handelsstationen begonnen. Sie sind daher zuerst an Küsten, des Schutzes wegen oft auf nahen Küsteninselchen, längs einzelner der grossen Welthandelsstrassen errichtet, deren Stütz- und Endpunkte sie zum Teil sind. Das tritt noch mehr hervor, wenn wir uns in die Anfangszeiten der jeweiligen Weltverkehrsperioden versetzen. Fundstätten wertvoller Metalle, Erzeugungsländer geschätzter, leicht zu befördernder Waren aus Pflanzen- und Tierreich (Gewürze und Felle), oder solcher, die dem Kunstfleiss fremder Kulturvölker zu danken sind (Seide), waren oft die gesuchten Plätze für die zuerst gegründeten wenigen Hauptstationen. Bei den langen Wegen zu solchen Endzielen ergibt sich dann die Begründung von Zwischenstationen von selbst. In ihrem Besitz haben sich mehrfach die Nationen, die an die Spitze des Welthandels traten, abgelöst.

Im Altertum gehen die Phönizier mit ihren Kolonien im Süden Spaniens (Tartessus) voran, denen sich ihre nordafrikanischen mit mannigfach anderem Charakter anschliessen. Handelsfaktoreien hatten die Genuesen zahlreich am Nordrand des Schwarzen Meeres, dem kontinentalen Westende asiatischer Handels-

strassen im Mittelalter. Im Zeitalter der Entdeckungen schliessen sich an den Seeweg nach Ostindien und Ostasien nicht nur die Kette afrikanischer Zwischenstationen, die erst in unserer Zeit zu wahrem Leben erwacht sind, sondern auch die Ausgangspunkte heutiger grosser Kultivationsgebiete, die England und die Niederlande auf asiatischem Boden besitzen. Die kleinen portugiesischen und französischen Besitzungen in Vorderindien (Atlas Taf. 38) sowie Malakka und Makao (vor Kanton) erinnern in ihrer politischen Isoliertheit noch an die alten Zeiten. Dazu treten die modernen britischen Handelsemporien Aden, Singapore und Hongkong; auch unsere deutsche Erwerbung Kiautschou muss hier eingereiht werden. Zu Handelskolonien bot Amerika wenig Anlass nur im Norden gründeten sich einige Festsetzungen auf den Pelzhandel.

Die Erschliessung des Hinterlandes durch Handelswege, die Anregung der Bevölkerung im Umkreis oder nahe den Handelsfaktoreien zur Eigenproduktion wichtiger Tauschwaren ist immer die lokale Hauptaufgabe des Faktoreibetriebes gewesen. Man hat daher vielfach Stationen ins Binnenland vorgeschoben. So beuteten die grossen Pelzkompagnien immer weitere Ländergebiete wirtschaftlich aus, noch bevor der Mutterstaat sie in politischen Besitz nahm.

2. Pflanzungskolonien. In den Tropen hat der Europäer von solchen Ausgangspunkten aus die Erzeugung tropischer Pflanzenprodukte selbst in die Hand genommen, vor allem die der wichtigeren Genussmittel (§ 289), und zwar in der Form des Pflanzungs- oder des Plantagenbaues[151]). Er beruht auf der Arbeitsausnutzung akklimatisierter Tropenbewohner durch europäisches Kapital und europäische Betriebsamkeit. Der Kolonist tritt nur als Leiter der Produktion auf, ist also in den Pflanzungskolonien so wenig zahlreich wie in den Handelsfaktoreien vertreten. Wo das heimische Naturvolk nicht für die Arbeit gewonnen werden kann, müssen andere Arbeitskräfte aus widerstandsfähigeren Rassen herbeigeführt werden. Das hat die Negersklaven nach Amerika gebracht. Inder und Chinesen (Kulis) bilden seit Aufhebung der Sklaverei das geeignetste Arbeitermaterial. Der Plantagenbau ist eine Unterart des Hackbaues (S. 786). Bei dem grossen Gewinn, den er erzielt, wird oft die Erzeugung der nötigen Nahrungspflanzen für die arbeitende Bevölkerung am Ort vernachlässigt. Die Ausbreitung des Plantagenbaues ist seit dem 17. Jahrh. mit der Gewöhnung der europäischen Bevölkerung an früher nicht gekannte Genussmittel und dem rasch steigenden Verbrauch mächtig gewachsen und hat am meisten zur Ausdehnung kolonialen Besitzes im Bereich der Tropen beigetragen. Es sind die jeweilig fruchtbarsten Landstriche, die innerhalb tropischer Kolonien dem Plantagenbau gewidmet sind. Auf kleinem Raum drängt sich oft ein reicher Ertrag zusammen.

Die ehemaligen Kolonien der Spanier auf dem Festland von Amerika zeigten geringen Plantagenbau, da sie sich mehr in den Hochländern ausbreiteten und Bergwerke (Silber) ihr Interesse in Anspruch nahmen. Noch gibt es Einzelkolonien, die als reine Pflanzungskolonien gelten können. Die Mehrzahl der

[151]) Ed. Hahn, Die Wirtschaftsformen der Erde (Pet. Mitt. 1892, 8—12) mit Karte der geogr. Verbreitung des Plantagenbaues 1: 100 000 000 im Aeq.

Antillen, besonders die kleinen, an denen vier Staaten Anteil haben, die Maskarenen im O Madagaskars sind solche. Aber bedeutender noch sind die Landstriche, die dem Plantagenbau auf grösseren Inseln (Java) oder in kontinentalen Tropengebieten (Brasilien) bis in subtropische Breiten hinein gewidmet sind.

3. Kultivationsgebiete. Unter dem Namen der Kultivation hat man [152]) die wirtschaftliche Ausnutzung der Tropengebiete durch den Europäer zusammengefasst, um sie der Kolonisation im engeren Sinne (Ackerbaukolonie) entgegenzustellen. Der Plantagenbau in seiner Beschränkung auf den Tropengürtel ist nur eine der Formen der Kultivation. In diesem Begriff ist allerdings neben der rein wirtschaftlichen eine ideelle Aufgabe unserer Kulturnationen enthalten, für die erst unsere Zeit Verständnis gewonnen hat, nämlich die Erziehung der Naturvölker zur Arbeit, die Hebung ihres materiellen und geistigen Wohls, die Ausbreitung der Segnungen unserer Kultur auf tiefer stehende Rassen (S. 783). Die Kultivation steht also im schroffen Gegensatz zu dem Ausbeutungssystem, mit dem in früheren Jahrhunderten vor allem von seiten der Spanier die Koloniengründung begonnen und fortgeführt ist. Klimatische Gründe verbieten, dass der Europäer in tropische Besitzungen massenhaft einwandert und die einheimischen Völker im Bodenbau ersetzt (§ 308). Damit sind den Kultivationsgebieten natürliche polare Grenzen gesetzt. Zu ihnen gehören also vor allem die jüngsten Aussenbesitzungen europäischer Staaten, ihre afrikanischen Kolonien innerhalb der Wendekreise, deren Entwicklung zu solchen wahren Kultivationsgebieten eben beginnt.

Die Niederländer haben, während sie den Schein der Selbständigkeit heimischer Fürsten bewahrten, in der Anleitung der rasch anwachsenden Bevölkerung Javas zum Anbau ihrer reichen Insel ein Muster solcher Kultivation nach der wirtschaftlichen Seite gegeben und dehnen das System auch auf andere Inseln ihres weiten Kolonialbesitzes aus. — Eine andere Form der Kultivation, einzig in ihrer Art dastehend, bildet das Britisch-indische Kaiserreich, das seinen Ursprung in der Mitte des 18. Jahrhunderts hat, als die Ostindische Kompagnie die längst besessene wirtschaftliche Leitung dicht bevölkerter Gebiete in eine politische zu verwandeln und ein Stück des Landes zum andern hinzuzuerobern begann. Es teilt mit andern Kultivationsgebieten die geringe Zahl der europäischen Leiter und deren Beschränkung auf den Stand der Beamten, des Heeres, der Kaufleute. Die 300 Millionen Inder werden von wenig mehr als 100000 Briten geleitet.

4. Was man früher Eroberungskolonie genannt hat [153]), wird heute besser durch den Begriff des Kultivationsgebietes ersetzt, weil das unbeschränkte Recht des Eroberers alsbald in massvolle Bahnen gelenkt wird. Die Geschichte der Kolonien wird freilich an dem ersten Namen festhalten. Wo kein Widerstand ist bei Besetzung eines Gebiets, spricht man nicht von Eroberung; aber manche Halbkulturvölker haben sich der Enteignung ihres Gebietes doch bewusstvoll widersetzt.

Mit Waffengewalt haben namentlich die Spanier in Mexiko und Peru sich festgesetzt, das Land an wenige Grundbesitzer verteilend, das Volk vernichtend

---

[152]) W. Hübbe-Schleiden, Ueberseeische Politik, Hamburg 1881, 13. — [153]) W. Roscher, Kolonien, 1848, 3.

oder ausbeutend. Algerien war ursprünglich Eroberungskolonie der Franzosen, beginnt aber heute zur Siedelungskolonie sich umzugestalten, und Britisch-Indien hat seinen Uebergang von der Eroberungskolonie in ein Kultivationsgebiet im 19. Jahrhundert rasch vollzogen.

5. Siedelungskolonien[154]) bilden — immer vom Standpunkt des Europäers — den wirtschaftlichen wie geographischen Gegensatz zu den oben geschilderten Kultivationsgebieten. Auf die gemässigten oder subtropischen Gürtel beschränkt, sind sie befähigt und bestimmt, die Massenauswanderung des übervölkerten Europa aufzunehmen. Die letztere geht vor allem aus der Landbevölkerung hervor. Die Gründe zu solcher sind mannigfaltig und in den Zeiten wechselnd. Wirtschaftliche stehen im Vordergrund; der Bauer will den engen Banden der Abhängigkeit und den Fesseln, die ihn nicht zu Selbständigkeit gelangen lassen, entgehen. Daher auch die starke Auswanderung russischer Bauern nach dem schwer zu erreichenden Sibirien seit Jahrhunderten, trotzdem Russland noch so dünn bevölkert war und ist. Die Ferne lockt als Aussicht auf freies Dasein. Religiöse Bedrückungen bieten häufig Anlass zur Auswanderung. Das Gedeihen der Vorausgegangenen übt die mächtigste Anziehungskraft aus. Jedenfalls aber erfordert diese Form der sich abzweigenden Kolonisation ein annähernd gleiches Klima, ähnliche Regionen des Boden- und Pflanzenbaues, möglichst gering bevölkertes Gebiet, damit Raum und ausgedehntes Neuland zur Besiedelung vorhanden ist. Die Siedelungskolonie wird der vorherrschenden Wirtschaftsform wegen auch Ackerbau-Kolonie genannt. Doch schliesst sie einzelne Gebiete ein, wo der Bodenbau aus klimatischen Gründen gegen die Viehzucht zurücktreten muss (Viehzuchtskolonie).

Alle jene Anforderungen an die Ferngebiete erfüllten am Beginn dieser Kolonisation im 17. Jahrh. der West- und Ostflügel des borealen Waldgürtels (S. 708), der in Europa, besonders im Westen schon gelichtet und mit Kulturland durchsetzt war, dasselbe boten die Süd- und Südostseiten der drei südlichen Kontinente. Wenn in diesen fünf Gebieten schon früher, teilweise im 17. und 18. Jahrh., der Grund zu manchen Ackerbaukolonien gelegt ist, unter denen nur die verkümmerten, die aus der zu wenig volkreichen Heimat (Holland, Schweden) ungenügenden Nachschub erhielten, so hat doch erst die europäische Massenauswanderung, wie sie um die Mitte des 19. Jahrhunderts in Gang kam, sie zu geschlossenen Siedelungskolonien gestaltet. Ein Teil ist inzwischen selbständig geworden.

Russland hat vorgreifend seine Hand über ganz Sibirien ausgedehnt, die Kolonisten rücken nach. Was an sonstigen unbesetzten Gebieten noch vorhanden war, hat zeitig England in seinen Besitz zu bringen gewusst, sowohl Frankreich aus Kanada als die Niederlande aus dem von ihnen zuerst besiedelten Kapland vertreibend. Das ist die Wurzel für das mächtige Anwachsen angelsächsischer Kolonisation im ethnographischen und politischen Sinn. Als daher Deutschland

[154]) Ed. Hahn, Siedelungs-, Plantagen- und Pflanzungskolonien (Aus allen Weltteilen, 1897, 221—27), schlägt statt des Roscherschen Namens der Ackerbaukolonie den der Siedelungskolonie vor, um auch die südafrikanischen Viehzuchtskolonien einschliessen zu können.

spät in die Reihe der Kolonialmächte trat, war als mögliche Siedelungskolonie allein Südwestafrika noch frei; doch kann dieses auch nur durch Viehzucht ausgenutzt werden.

6. Stützpunkte kolonialen Besitzes (Stationen). Klein an Raum, aber von äusserster Wichtigkeit für den Zusammenhalt eines weitzerstreuten Kolonialreiches sind Stationen, die längs der Zufuhrwege zu den Kolonien gelegen, politisch dem Mutterstaat zu eigen gehören. Sie decken sich im grossen und ganzen mit Ruhe- und Kreuzungspunkten maritimer Welthandelsstrassen und haben daneben strategische Bedeutung. Denn die Ozeane sind die Verbindungsflächen zwischen Mutterland und Kolonie. In dieser Hinsicht hat England durch eine zielbewusste Politik seit Entwicklung seiner Seemachtsstellung allen andern Staaten den Rang abgelaufen und mit Hartnäckigkeit Nebenbuhler aus derartigen Stützpunkten vertrieben wie die Holländer vom Kap der guten Hoffnung.

Bei der Ausdehnung der heutigen Dampfschiffahrt werden eigene Kohlenstationen für die Kriegsflotten der Seemächte immer dringenderes Erfordernis. Gibraltar, Malta, Cypern im Mittelmeer, Perim am Ausgang des Roten Meeres mit Aden, Bahrein-Inseln im Persischen Golf, Malakka und Singapore, Bermudas mit St. Helena etc. im Atlantischen Ozean deuten genugsam an, wie vorausschauend die Briten stets vorgingen. Kein anderer Staat kann ähnliches an die Seite stellen. So verteilt sich denn, wenn wir die zusammengehörigen Inselgruppen als eine Besitzung auffassen, der britische Aussenbesitz auf nicht weniger als 60 Einzelgebiete im geographischen Sinn. Aber angesichts der weit zerstreuten Territorien liegt in diesem Fall die eigentliche Stärke in der grossen Zahl derselben, da sie ein wahres Netz von Aussenbesitzungen um die Erde legen.

§ 337. Entwicklung heutigen politischen Aussenbesitzes[155]. Aus dem Mittelalter stammen ausschliesslich die nordischen Nebenländer Dänemarks, Färöer und Island, die von Norwegen auf Dänemark übergegangen sind. Ueberblickt man die wechselvolle Geschichte der Erwerbung von Aussenbesitzungen seit dem Zeitalter der Entdeckungen (1450—1550), so heben sich unschwer vier Hauptepochen ab.

1. In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts treten sich allein Spanier und Portugiesen wettbewerbend gegenüber. Die aussereuropäische Welt wird zwischen ihnen geteilt (S. 838). Spanien geht erobernd sofort mit Gründung eines weite Landgebiete in Süd- und Mittelamerika einnehmenden Kolonialreiches vor. Portugal beschränkt sich mehr auf Besetzung von Küstenpunkten in Brasilien, Afrika und besonders Südasien (Indien). Gleichzeitig erwerben im Orient die Türken Aegypten (1517).

2. Schon am Ende desselben Jahrhunderts sinkt die Macht Spaniens und des mit ihm 1580—1640 vereinigten Portugals herab. Das 17. Jahrh. sieht Frankreich, England und Holland sich zu Seemächten erheben. Es beginnt die Besiedelung Kanadas durch die Franzosen (Quebec gegründet 1608) und der Ostküste Nordamerikas durch Engländer, Holländer und Schweden. Im spanischen

[155]) Spruner-Menke, Hist. Handatlas, 1880, Taf. 20 (Portugiesen und Spanier im XVI. Jahrh.), 57 (Frankreich), 62 (Britische Besitzungen). A. Supan, Die territoriale Entwickelung der europäischen Kolonien; Gotha 1906, mit 12 Karten in flächentreuem Entwurf, 1 : 90 000 000. Für die Gründung der einzelnen Kolonien lässt sich nicht immer ein einzelnes Datum feststellen. Im übrigen wird bei der Länderkunde auf Einzelnes einzugehen sein.

Westindien setzen sich die drei Mächte hart nebeneinander fest. Auch Dänen und Schweden treten dort auf. Holland bemächtigt sich des grössten Teils der portugiesischen Kolonien in Indien und dem australasiatischen Archipel. In den Tagen Ludwigs XIV. und des Grossen Kurfürsten wetteifern zahlreiche Staaten in der Gründung von Faktoreien an der Guineaküste, von denen sich aber wenige erhalten haben. Im gleichen Zeitraum dehnt sich das Moskowitische Reich, lange bevor es an das Schwarze Meer reichte, über ganz Sibirien aus und schliesst 1689 den ersten Grenzvertrag mit China.

3. Den Grund zur lange behaupteten Alleinherrschaft auf dem Meer legt England erst ein Jahrhundert später, vor allem im Kampf mit Frankreich. Diesem wird Kanada entrissen (1763), aber freilich geht auch der beste britische Kolonialbesitz infolge einer noch engherzigen, die Kolonien ausbeutenden Politik verloren. 1776 reissen sich die „Vereinigten Staaten“ los. Dies spornt England zur Ausdehnung seines Aussenbesitzes auf der Osthälfte der Erde an; besonders durch Zurückdrängung der Holländer vom Kap und vom Festland von Asien. In Indien wird zur Territorialpolitik übergegangen. Mit der Eroberung Bengalens (1757) beginnt die Errichtung des Britisch-indischen Reiches. Hundert Jahre später ist die Halbinsel unmittelbar oder mittelbar englischer Besitz. Australien und Neuseeland werden englische Ackerbaukolonien. Die Abschüttelung der spanischen und portugiesischen Herrschaft im romanischen Amerika im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts bringt für die übrigen Kolonialmächte keine Gebietserweiterung im Westen. Russland, mittlerweile bis an das Schwarze Meer vorgedrungen, beginnt seine Eroberungen in Kaukasien und nimmt die Kirgisensteppe in seine Grenzen auf.

4. Am Ende der jüngsten Epoche stehen wir heute. Gewaltige Veränderungen gehen in ihr vor. Am Beginn derselben sehen wir die Niederlande bemüht, den ihnen verbliebenen Kolonialbesitz der Sundainseln ernstlich in Kultivation zu nehmen. Frankreich streckt nach langer Unterbrechung erst 1830 von neuem die Arme aus, Algerien besetzend und sich später mancher Inseln des Stillen Ozeans bemächtigend. Die aus den abgefallenen Kolonien entstandenen amerikanischen Staaten recken sich und werden vom Landhunger erfasst. Immer grössere Gebiete in Anspruch nehmend reiben sie ihre Kräfte z. T. vielfach in Grenzstreitigkeiten auf. Unentwegt arbeitet England an Ausdehnung und Festigung seines Besitzstandes. Aber erst im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts erwacht der Wettbewerb von neuem, mächtiger als je. Russland schiebt seine Grenze bis an den Rand von Hochasien vor. Das Britisch-indische Reich umgibt sich im O. und W. mit Nebenländern. Frankreich setzt sich in Hinterindien fest (1862). Als aber Afrika sich erschliesst, da treten unerwartet wirtschaftlich und politisch inzwischen erstarkte Staaten als Mitbewerber auf und stellen sich im Verein mit Frankreich der unbeschränkten überseeischen Alleinherrschaft der Briten erfolgreich in den Weg. Deutschland, Belgien und Italien werden Kolonialmächte. In Zeit von kaum zwanzig Jahren (seit 1880) ward der bisher nur am Rande besetzte Kontinent von Afrika aufgeteilt. England weiss sich den Löwenanteil zu sichern. Auch die Vereinigten Staaten greifen plötzlich über ihre natürlichen Grenzen hinaus und erwerben auf Kosten Spaniens Aussenbesitz. Damit rückt dieses Land an die letzte Stelle der Kolonialmächte (1898).

So ist am Ausgang des 19. Jahrh. die Zahl der Kolonialmächte eine früher nicht gekannte und der Aussenbesitz europäischer Staaten grösser als je zuvor. Es entfallen auf diesen mehr als 80 Mill. qkm mit 600 Mill. Menschen (s. u.). Die Zukunft muss lehren, ob alle einzelnen Nationen im stande sind, die ihnen z. T. so plötzlich zugefallenen Kultivationsgebiete nun wirklich auszunutzen. Mancher

Besitzwechsel steht sicher noch bevor; die neue Ausdehnung portugiesischen Besitzes in Afrika entspringt nicht einem wirtschaftlichen Aufschwung des Mutterlandes. Im übrigen hat die Entwicklung den Höhepunkt wohl noch nicht erreicht. Amerika kommt dabei nur für die Nordamerikaner in Frage; in Afrika sind die Interessensphären für den Augenblick abgegrenzt. Aber in Asien steht die Selbständigkeit der zwischen dem russischen und britischen Besitz gelegenen Staaten Vorderasiens auf ebenso schwachen Füssen wie die Chinas und Siams. Auf Ostasien ist der gemeinsame Blick der Hauptkolonialmächte der Erde in gleicher Weise gerichtet wie im 17. Jahrh. auf Westindien und die Guineaküste. Freilich sucht dort unerwartet das erwachte Japan den Europäern ein Halt zu bieten.

§ 338. Der heutige Bestand. Jeder Versuch, die politischen Aussenbesitzungen der Staaten der Erde ziffernmässig nach Gebietsgrösse und Volkszahl festzustellen, stösst auf erhebliche Schwierigkeiten. Es liegt dies teils an der Unfertigkeit der Besitzergreifung und dem Mangel ausgesprochener Grenzen [156]), teils daran, dass die Kolonien sich zumeist auf Gebiete erstrecken, deren Bevölkerungszahl uns sehr mangelhaft bekannt ist. Die einzelnen Zusammenstellungen weichen daher noch beträchtlich voneinander ab.

So misslich es nun auch ist, politische Räume, die nur nominell in der Form einer Interessensphäre beansprucht, aber noch kaum besetzt, geschweige denn ausgenutzt sind, als Kolonialbesitz den voll behaupteten und fest abgegrenzten zur Seite zu stellen, so bleibt bei vergleichenden Uebersichten doch kaum ein einwandfreieres Verfahren übrig. Nur muss man sich dabei mehrfach von den offiziellen Angaben der Einzelstaaten unabhängig machen; denn diese haben zuweilen das Bestreben, ein bisher nur in den wirtschaftlichen Interessenkreis gezogenes Gebiet als völkerrechtlich beanspruchtes zu bezeichnen, oder sie lassen das Ausland absichtlich über ihre Besitzverhältnisse im Unklaren. Alle Atlanten pflegen ein eigenes Blatt den politischen Aussenbesitzungen zu widmen, verwenden dazu aber fast ausschliesslich Weltkarten in Mercator-Projektion. Das ist in diesem Fall besonders hinderlich, weil solche Karten infolge der Grössenverzerrung (S. 215) einen Vergleich der Gebietsgrössen mit dem Auge verbieten [157]).

Für eine tabellarische Uebersicht des heutigen Besitzstandes, die immer nur ein Augenblicksbild geben kann, empfiehlt sich wiederum eine Trennung einerseits der Kontinentalstaaten mit vorwiegend kontinentalen und im ganzen dem Mutterland gleichartigen Nebenländern und andererseits der Staaten mit vorwiegend überseeischem Kolonialbesitz.

In die erste Gruppe sind Argentinien und Chile (S. 812) jedoch nicht aufgenommen, da ihre Nebenländer im Süden im Grunde kaum andere Territorien darstellen, als sie die meisten übrigen grossräumigen amerikanischen Staaten innerhalb ihrer Provinzgrenzen besitzen. Die nachfolgende Zusammenstellung entspricht dem Besitzstand im Herbst des Jahres 1912. Die Volkszahlen geben

[156]) A. Supan in Bevölkerung d. Erde VIII, 1891, 251. — [157]) Wenn dies auch auf Taf. 10 des Sydow-Wagnerschen Atlas der Fall ist, so geschah dort die Gegenüberstellung einer Mercator-Karte mit einer flächentreuen aus allgemein didaktischen Gründen, um die Wirkung der Flächen-Vergrösserung auf ersterer vor Augen zu führen.

die mutmassliche Bevölkerung für Ende 1910; nur ein Teil lässt sich wirklichen Volkszählungen entnehmen, vielfach handelt es sich nur um eine Schätzung. Für die afrikanischen Besitzungen schwankt diese noch immer um Millionen. Im folgenden ist den neuern Ansichten, nach denen Afrikas Bevölkerung insgesamt 135 Mill. nicht übersteigt, Rechnung getragen. Das Areal ist in Tausenden von Quadratkilometern ausgedrückt, die Bevölkerung ist in Millionen (und zwar mutmasslich für Ende 1910) angegeben und alle Angaben sind absichtlich stark abgerundet (S. 812). Nähere Nachweise müssen der Länderkunde vorbehalten bleiben[158]).

1. Kontinentalstaaten mit vorwiegend kontinentalen Nebenländern[159]).

Staaten.	Mutterland		Nebenländer		Total	
	Areal	Bew.	Areal	Bew.	Areal	Bew.
1. Russisches Reich[160]) . . .	5050	133	17500	35	22550	168
2. Chinesisches Reich[161]) . . .	4300	352	6800	8	11100	360
3. Türkisches Reich[162]) . . .	1940	23	2260	14	4200	37
4. Vereinigte Staaten[163]) . . .	8000	93	1850	10	9850	103
Summa (rund)	19290	601	28410	67	47700	668

Nur bei den nach Nord- und Mittelasien übergreifenden Staaten (Russland und China) übertreffen die grossräumigen Gebietsflächen der dünnbevölkerten Nebenländer diejenigen des Mutterstaates erheblich. Der Gruppe ist dagegen eigen, dass die Bevölkerung der Nebenländer nur einen Bruchteil derjenigen darstellt, welche im beherrschenden Mutterland vereinigt ist. Eine Ausnahme macht das Türkische Reich.

---

[158]) Die obige Uebersicht weicht in einigen Punkten von den sorgfältigen Zusammenstellungen im Gothaer Hofkalender 1912 und The Statesman's Year-Book 1912 ab, wie in den folgenden Anmerkungen angegeben ist. In beiden Werken werden übrigens für manche Gebiete mit „offenen Grenzen" Arealzahlen überhaupt nicht gegeben. — [159]) Oesterreich-Ungarn ist seit völliger Einverleibung von Bosnien aus dieser Gruppe ausgeschieden. — [160]) Finland ist hier als Nebenland angesehen; eingeschlossen sind Chiwa und Bochara (zus. 265000 qkm und 2 Mill. Bew.); die grosse Volkszählung vom 9. Febr. 1897 ergab $103,_7$ Mill. Bew. für das Europ. Russland ohne Finland und $22,_7$ für Russisch-Asien. Das Russ. Statist. Zentral-Komitee stellte für 1. Januar 1910 die folgende Berechnung auf: Europ. Russland $116,_{69}$ Mill. Bew., Polen $12,_{13}$, Finland $3,_{06}$, Kaukasus $11,_{74}$, Sibirien $8,_{22}$, Zentralasien $9,_{97}$, insgesamt $163,_8$ Mill. Bew. Darauf beruhen obige Schätzungen für Ende 1910. (Vergl. S. 763, Anm. 22.) — [161]) Dem Mutterland China sind hier ausser den 18 alten Provinzen auch die beiden mandschurischen Mukden und Kirin hinzugerechnet, nicht aber die gleichfalls seit 1907 mit reformierter Provinzial-Regierung ausgestattete Landschaft Ho-lung-kiang (Nordhälfte der Mandschurei) und die die Mongolei quer durchziehende, die Westländer mit umfassende Provinz Sin-tsiang. Vergl. im übrigen in betreff der Bevölkerung Chinas die Bemerkungen S. 763, Anm. 22. — [162]) Kreta, Samos, Thasos, Aegypten nebst der Hälfte des Aegypt. Sudans (ca. 1250000 qkm und $1,_3$ Mill. Bew. (?)), sind noch zu den türkischen Nebenländern gerechnet, nicht aber Tripolis und Cypern. Als Mutterland sind die europäischen und asiatischen Provinzen der Türkei aufgefasst. — [163]) Die Verein. Staaten haben als Nebenländer die Territorien Alaska und Hawaii, als Kolonialbesitzungen Puertorico (offiziell Portorico), die Philippinen, Guam (Marianen), Tutuila (Samoa), nachdem 1902 Kuba wieder freigegeben ist.

2. Kolonialreiche und Staaten mit überseeischem Kolonialbesitz.

Staaten.	Mutterland Areal	Mutterland Bew.	Aussenbesitz Areal	Aussenbesitz Bew.	Total Areal	Total Bew.
5. Britisches Reich[164]	314	45,3	31100	377	31414	422
6. Französisches Reich[165]	536	39,5	11500	52(?)	12036	91,5
7. Deutsches Reich	541	65	2930	15(?)	3471	80
8. Niederlande	34	6	2046	39	2080	45
9. Belgien[165]	29	7,5	2380	16(?)	2409	23,5
10. Portugal[165]	92	5,8	2100	8,5	2192	14,3
11. Japan[166]	288	50	386	18	674	68
12. Italien[167]	287	34,5	1484(?)	1,7	1771	36,2
13. Spanien[168]	505	19,6	255	1(?)	760	20,6
14. Dänemark	40	2,8	193	0,13	233	2,9
Summa (rund)	2666	276	54374	528	57040	804

Man übersieht aus dieser Gegenüberstellung mit einem Blick die gewaltige Uebermacht des Britischen Kolonialreichs. Der Aussenbesitz Englands übertrifft an Raumausdehnung und Menschenzahl weit den Besitzstand aller andern neun Kolonialmächte mit überseeischem Kolonialbesitz zusammengenommen und an Bevölkerungsmenge den des eigenen Mutterlandes um das Achtfache. In letzterm Punkte kommen dem Britischen Reiche die Niederlande mit ihrem ausgedehnten Kultivationsgebiet im Sunda-Archipel nahe. Auch Frankreich und Belgien — der bisherige völkerrechtlich unabhängige Kongostaat ist seit 1908 belgische Kolonie — haben sich grosse Aufgaben gestellt. Doch mahnt die Unsicherheit in den Bevölkerungsschätzungen afrikanischer Gebiete zur Vorsicht bei etwaigen Einzelvergleichen. Insgesamt übersteigt der Aussenbesitz der obigen zehn Kolonialmächte das Areal der Mutterländer um das 20-fache, die Bewohnerzahl annähernd um das Doppelte.

---

[164]) In dieser Uebersicht ist den afrikanischen Besitzungen die Hälfte des anglo-ägyptischen Sudans zugerechnet ($1^1/_4$ Mill. qkm mit 1,3 Mill. Bew. [?]). — [165]) Die Bevölkerung der afrikanischen Besitzungen Frankreichs, Belgiens, Portugals ist z. T. ganz unbekannt. Bei Frankreich ist Neukamerun (275000 qkm) in Abzug gebracht, Marokko, ausschliesslich des spanischen Okkupationsgebiets, hinzugerechnet. — [166]) Jesso und die Kurilen sind hier wieder den Kolonialbesitzungen Japans zugerechnet, ebenso Korea. — [167]) Als Aussenbesitz ist Erythraea, Somalia und Tripolis angesehen. — [168]) Ausser Fernando Po etc., Spanisch Guinea, Rio de Oro ist das spanische Okkupationsgebiet in Nordafrika (22000 qkm und 800000 E.) zugerechnet.

Anmerkung. Die obige Uebersicht musste zu einer Zeit (Oktober 1912) abgeschlossen werden, in der weder über die Stellung der Mongolei und Mandschurei zu China, noch über die Abtretungen der Türkei an die Balkanstaaten, noch über das Verhältnis von Spanisch-Marokko zu Französich-Marokko irgend Sicheres feststand.

V. Die Religionsgemeinschaften
und ihre Verbreitung.

§ 339. Religionsgebiete [1]). Unter den geistigen Kulturgütern hat keines die gleiche Menschen und Völker verbindende Kraft wie die Religion. Freilich nicht auf allen Stufen der Entwicklung und in allen Formen, in denen sie zeitlich und räumlich bei verschiedenen Völkern auftritt. Die niederen Religionsformen, deren Geheimnisse oft von einer kleinen Gruppe im Bereich des einzelnen Stammes streng bewahrt werden, fallen dabei eigentlich aus. Erst wenn das sittliche Bewusstsein zugleich erweckt wird, wenn die Religion als ein allen Volksgliedern zukommendes Gut erkannt ist und die Anhänger dieser oder jener Form der Betätigung religiösen Empfindens sich zu Gemeinschaften, zu Kirchen zusammenschliessen, beginnt jenes Streben, sich ein territoriales Herrschaftsgebiet zu erobern; sei es allein durch das überzeugende Wort, durch Lehre und Beispiel der Glaubensboten, sei es durch die Hand der politischen Macht und den Zwang der Bekehrung.

Das innere Wesen der verschiedenen Religionen kann hier nur mit wenigen Strichen gekennzeichnet werden [2]). Die erst im Entstehen begriffene vergleichende Religionswissenschaft hat es auch zu einer Einigkeit der Ansichten über Entwicklungsstufen und ein übersichtliches System der Religionsformen noch nicht gebracht [3]). Für anthropogeographische Zwecke, die vorwiegend auf eine Kenntnis der Religionsgebiete und deren Folgeerscheinungen abzielen, genügt es, drei grosse Gruppen zu unterscheiden und statt nach Stufen, vielmehr nach räumlichen Gesichtspunkten zu gliedern. Das schliesst eine Rücksichtnahme auf die untergegangenen Religionsformen aus.

---

[1]) G. Gerland, Atlas der Völkerkunde (Berghaus, Phys. Atlas) 1892, Taf. III. — [2]) Neben den von sehr verschiedenen Standpunkten ausgehenden Darstellungen in den modernen Völkerkunden (O. Peschel, 6. Aufl. 1885, 237 bis 315, Ratzel, I. 1894, 36—61 u. II, 706 ff. etc.) oder Kulturgeschichten orientiert in objektiver Behandlung P. D. Chantepie de la Saussaye, Lehrbuch der Religionsgeschichte (3. Aufl. mit vielen Mitarbeitern, 2 Bde., Freiburg 1905; ausführliche literarische Wegweiser sind jedem Abschnitt vorausgeschickt), ferner K. v. Orelli, Allg. Religionsgeschichte, Bonn 1899, 2. Aufl. 1911. In obigem sind mehrfach die treffenden Charakteristiken H. Guthes beibehalten. — [3]) Ausser verschiedenen Schriften F. Max Müllers in Oxford vergl. C. P. Tiele, Kompendium d. Religionswissenschaft; deutsch v. Weber 1889 u. dessen Einleitung in die Religionswissenschaft; Gifford-Vorlesungen, deutsch v. Gehrich, Gotha 1899.

Als heidnische Religionen fassen wir kurzweg diejenigen zusammen, die heute wesentlich auf den Bereich der Naturvölker beschränkt, wie diese ein über die Erde weithin zerstreutes Verbreitungsgebiet haben. Ständig während der letzten Jahrtausende eingeengt und zerstückelt, wird es in absehbarer Zeit verschwunden sein. — Diesen treten die ausschliesslich von asiatischen Halbkulturvölkern ausgegangenen, zumeist auf bestimmte Gründer zurückführbaren Religionsgemeinschaften gegenüber[4]). Unter diesen gestifteten Religionen hebt sich die Gruppe der indisch-ostasiatischen deutlich von den westlichen, im Schosse der Semiten entstandenen ab. Im allgemeinen älteren Ursprungs, beherrschen jene heute noch die Südosthälfte Asiens, aber ihre einstige Expansionskraft, wie sie sich namentlich im Buddhismus bekundete, ist heute erlahmt. Schon wird ihr Gebiet durch den Islâm durchsetzt; dem Einfluss des Christentums stellen sie freilich grösseren Widerstand entgegen. — Unter der dritten Gruppe, den Bekennern eines Gottes oder den monotheistischen Religionen, deren Ursprungsstätten in dem schmalen Landstrich zwischen Jerusalem und Mekka lagen, hat das Judentum den Charakter reiner Volksreligion bis heute bewahrt. Weltweite Verbreitung haben dagegen Christentum und Islâm gefunden, die einzigen, die heute noch im räumlichen Fortschreiten begriffen sind. Jahrhunderte hindurch standen sich das christliche Europa und der mohammedanische Orient kämpfend gegenüber, ohne viel die im ersten Anlauf von letzterem gewonnenen Nordwestgrenzen von Marokko bis zur Kirgisensteppe zu verschieben. Seit hier mehr Ruhe eingetreten, hat die Ausdehnung des Herrschaftsbereichs beider Bekenntnisse nach den Aussenseiten der Verbreitungsgebiete begonnen und — wenn auch unterbrochen — doch bis heute fortgedauert. Erst in unseren Tagen begegnen sich beide Religionen in Afrika wieder.

So ist denn für die heutige Periode der Weltgeschichte die Zusammenfassung aller Kultur- und Halbkulturvölker der Erde unter wenige grosse Religionsgemeinschaften das Hauptergebnis. Christentum, Islâm, Brahmanismus, Buddhismus, Konfuzianismus rechnen ihre Bekenner je nach Hunderten von Millionen Menschen. Freilich steht dieser Vorstellung einer gewissen Einheitlichkeit der tatsächliche Zerfall der meisten unter ihnen in eine grosse Zahl von Konfessionen und Spielarten gegenüber, die untereinander oft nur wenige Grundgedanken und einige äussere Gebräuche gemeinsam haben. Aber ein dauernder ist der heutige Zustand nicht. Verschieben sich die Grenzen der Religionsgebiete auch langsamer als die politischen, so sind sie doch in steter Bewegung. Und wenn das Ziel einer einheitlichen religiösen Zusammenfassung der Menschheit durch eine Weltreligion auch noch in weiter Ferne liegt, so fängt man im Bereich des Christentums, das allein den erstarrten Formen der übrigen Religionen gegenüber eine solche zu werden vermag[5]), doch gerade in unserer Zeit wieder an, jenes Ziel ernstlicher ins Auge zu fassen.

[4]) „Ethische Religionen" nach Tiele. — [5]) A. Kuenen, Volksreligion u. Weltreligion; Hibbert-Vorlesungen, Deutsche Ausg., Berlin 1883.

Das Bestreben, durch Sendboten den für wahr erkannten Glauben unter fremden Völkern zu verbreiten, ist eine der wichtigsten Folgeerscheinungen der höheren Religionsgemeinschaften, an welche die Anthropogeographie stets wird anknüpfen müssen. Mit dem Kaufmann sind sie die Pioniere des Verkehrs und der Kulturverbreitung, und unzertrennlich ist die Arbeit der Missionare aller Zeitalter mit der Erweiterung der Kenntnisse von Land und Leuten auf der Erdoberfläche verknüpft. Weit grossartiger hat die Errichtung heiliger Stätten, von Wallfahrtsorten, mit der Verordnung von Pilgerfahrten für die Gläubigen dem Verkehr der Massen Vorschub geleistet. Manche halb religiösen Vorschriften wie vor allem Speiseverbote sind, wenn mit Strenge durchgeführt, — wir erinnern nur an das Verkümmern des Weinbaues und der Schweinezucht in den Ländern des Islâm — nicht ohne wirtschaftliche Bedeutung.

§ 340. Die heidnischen Religionen. Man hat bisher kein Volk gefunden, in dem sich nicht irgend eine religiöse Regung gezeigt hätte. Wir wollen, ohne auf schwierige Begriffsbestimmungen einzugehen, darunter jenes allerorts verbreitete Gefühl der Abhängigkeit des Menschen verstehen, das Gebundensein an eine höhere Macht. Je nach dem Sitz und Wesen der letzteren, nach der Art und Weise, wie man sie sich zu gewinnen oder ihren vermeintlichen Zorn zu versöhnen sucht, nach der Bedeutung, welche die Mittelspersonen zwischen den Menschen und jenen unsichtbaren Mächten, vor allem die Priester und Seher, im einzelnen Stamm erlangen, zeigt sich unter den Naturvölkern noch ebenso grosse Mannigfaltigkeit wie bei den Kulturvölkern. Daneben treten allerdings oft die auffallendsten Anklänge in manchen Einzelerscheinungen auf.

Augenscheinlich liegen dem religiösen Vorstellungskreise, dem Mythus und Kultus, wenn wir sie über die Erde hin verfolgen, in reicherem Masse als auf anderen Gebieten der ethnographischen Momente gewisse „Völkergedanken“ (§ 313) zu grunde; sie bewegen sich auf gleichen Kulturstufen unter weit entfernten Völkern ohne räumliche Berührung in ähnlichen Richtungen und rufen gleiche Erscheinungen hervor. Was man daher, namentlich bei den niederen Religionsformen, durch einzelne Schlagwörter wie Fetischismus, Schamanismus etc., zusammenzufassen pflegt, bezeichnet in Wahrheit nicht das Wesen der betreffenden Religion, sondern nur ein hervorstechendes Kennzeichen, das oft, wenn auch in abgeschwächter Form, im Kreise anderer, viel höher stehender Religionsgemeinschaften wiederkehrt.

Bei dem Fetischismus, mit dem man irrtümlich die bei den Negern vorzugsweise auftretenden religiösen Aeusserungen bezeichnet hat, handelt es sich um den Ausfluss eines weit verbreiteten Unvermögens vieler Naturvölker, sich die Dinge um sich und ausser sich anders als gleichfalls beseelt zu denken. Alle ihnen unerklärlich erscheinenden mechanischen Vorgänge, besonders solche, denen sie machtlos gegenüberstehen wie Krankheit und Tod, führen sie auf seelische Kräfte zurück, die ebenso in leblosen Dingen walten sollen, welche durch Zufall mit den Betroffenen in Berührung gekommen sind. Dieser sogenannte Animismus, ein Seelenkult, ist also die viel verbreitete Form religiöser Befangenheit des Naturmenschen. Er spielt in den Dämonenglauben vieler höher kultivierten Völker hinüber.

Um sich vor Unheil zu schützen, um nach Belieben andern Schaden zuzufügen, werden auffallende, oft aber auch an sich ganz unbedeutende Gegenstände, selbst ein einfacher Stein, ein Holz, ein Tier (Schlangen) als „Fetische“ ausgewählt — das Wort stammt vom portugiesischen *Feitiço* (Zauber). Diesen wird dann durch Erzeigung von Verehrung oder durch Zauberformeln jene Kraft beigelegt. Im Falle sie die Erwartung nicht erfüllen, werden die angebeteten Fetische der Vernichtung oder der Verachtung preisgegeben. Es sind nur andere Formen derselben Wahnvorstellung, wenn wir Griechen oder Germanen heiligen Quellen und Hainen, die Inder dem heiligen Gangesstrom die gleiche göttliche Verehrung zollen sehen, und die Amulette christlichen oder orientalischen Aberglaubens stehen mit den Fetischen vieler Völker auf einer Stufe. Der Tierkultus ist bei den meisten Jägervölkern verbreitet.

Am unheimlichsten erscheinen die Vorstellungen, wenn die Phantasie der Völker ihre gesamte Umgebung mit Geistern und Dämonen erfüllt; dann schweben die Menschen in beständiger Furcht vor diesen. Bei solchen Stämmen pflegt die Macht der Mittelspersonen, denen vermeintlich die Kraft die Geister zu bannen innewohnt, den höchsten Grad zu erreichen. Zauberer — bei den nordisch-mongolischen Völkern Schamanen genannt — verrichten, nachdem sie durch Fasten, Einsamkeit oder den Genuss aufreizender Mittel sich in Verzückung versetzt, die Beschwörungen. Ganz die gleichen Personen treten bei den südamerikanischen Indianern in den Paje, bei den Eskimo in den Angekok auf. Schamanismus ist also keine eigene Religionsform. Das Wort selbst leitet sich von der indischen Bezeichnung brahmanischer Büsser, der Çramana, ab.

Als Naturreligion[6]) hat man wohl den Kreis von Anschauungen zusammengefasst, der vorzugsweise den Religionsformen der alten Arier zu grunde lag. In ihrem Mittelpunkt stehen gewisse Naturvorgänge, von denen das Wohlergehen des Hirten und Ackerbauers abhängt, oder deren verheerenden Folgen sie ausgesetzt sind. Gegenstand der Verehrung bilden in erster Linie die lebenspendende Sonne, seltener Mond und Sterne, ferner der Himmel als Inbegriff der bewegenden Kräfte, die nahrunggebende Erde, Donner und Blitz im Gewitter. Aber sehr bald legt der Mensch den Einzelverrichtungen der Naturkräfte Persönlichkeit bei; die Objekte bleiben nur noch der Sitz der mit übermenschlichen Eigenschaften ausgestatteten Gottheiten. Der Mythus bildet einen Stab von Göttern aus, die im Fortschritt menschlicher Gesittung auch zu Leitern des sittlichen Bewusstseins werden. Die Stammesgötter ziehen bei der Verschmelzung der Stämme zum Volk in den gemeinsamen Götterhimmel ein. Der Charakter der ursprünglichen Naturreligion verschwindet mehr und mehr. Das war die Entwicklung und der Zustand der Götterlehre bei den Griechen, Römern, Germanen, als das Christentum den Kultus zerstörte. Heute findet sich wenig mehr von solcher reinen Naturreligion auf der Erde vor, obwohl es noch manche Anklänge an solche unter den Ostasiaten gibt.

[6]) Andere wie Th. Waitz (Anthropologie der Naturvölker) dehnen den Begriff auf alle bei Naturvölkern auftretenden Religionen aus; C. P. Tiele setzt die Naturreligionen insgesamt den „ethischen“ gegenüber.

Was bisher kurz geschildert, wird hier in Ermangelung eines treffenderen Ausdrucks, der nicht zugleich eine ausführlichere Begründung erheischte, unter dem Namen der heidnischen Religionen zusammengefasst. Er gilt im engeren Sinn, als seiner ursprünglichen Bedeutung zukommt, wo man unter „Heiden" alle Nichtchristen — eigentlich alle ungetauften Bewohner der Heide (der Flur) im Gegensatz zu den zum Christentum bekehrten Stadt- oder Dorfgenossen — darunter verstand [7]). Können wir die nominell dem katholischen Christentum grossenteils zugeführten Urbewohner Süd- und Mittel-Amerikas oder die Nordafrikaner, in die der Islâm gedrungen, nicht wohl mehr zu diesen Heiden rechnen, so ist ihre Zahl im Verhältnis zu den übrigen Religionsgemeinschaften nicht mehr gross, besonders in Asien und Amerika; den Hauptteil bilden die Neger und Bewohner des austral-asiatischen Archipels. Sehr schwer ist ihre Zahl in den Gebieten Afrikas zu schätzen, wo der Mohammedanismus im steten Vordringen ist (S. 857). Mehr als 95—100 Mill. Seelen, also etwa ein Siebenzehntel des Menschengeschlechts, wird man zur Zeit nicht als Heiden in jenem beschränkten Sinn rechnen dürfen, wenn man für Afrika keine grössere Bevölkerung als 135 Mill. Seelen annimmt.

§ 341. Die Religionen der asiatischen Kultur- und Halbkulturvölker haben, soweit nicht der Islâm eingedrungen ist, geschlossenere Gebiete und gehen über Süd-, Mittel- und Ostasien nicht hinaus. Aber über die beiden dicht bevölkerten Länder von Indien und China sich ausdehnend, zählen sie doch zusammen wohl 670—680 Mill. Bekenner.

1. Fast ganz auf die vorderindische Halbinsel beschränkt ist der Hinduismus, wie man jetzt meist die aus dem Brahmanismus hervorgegangene und in Indien herrschende Religionsgemeinschaft nennt.

Ursprünglich war das Religionssystem der alten Arier, die in die Halbinsel in vorhistorischen Zeiten eindrangen, ein ziemlich einfacher, aber mit reichem Opferdienst ausgestatteter Naturkult. So stellt er sich in den ältesten Dichtungen der Menschheit, den später im Sanskrit niedergeschriebenen heiligen Veden dar. In der Zeit, in der sich die auf Indien noch heute schwer lastende Kastenbildung entwickelte, entstand auch der Brahmanismus, mehr eine Religion für die höheren Stände, an der das Volk wenig Anteil hatte. Brahmân, eigentlich Gebet oder Gebetskraft, ward von der spekulativen Priesterkaste als persönliche Gottheit genommen, sie selbst, die Opferpriester, gehen aus dem Munde derselben hervor. Im indischen Volke, den Drâvida, lebte dagegen von jeher der höchste Grad eines Dämonenglaubens. Zahlreiche Sekten suchten allmählich den Anschluss an den Brahmanismus, der letztere nahm einen der Devas oder Volksgötter nach dem anderen in seinen Kult auf. So entstand der heute herrschende Hinduismus. Unter den grossen Göttern des Ostens ragt der gnadenreiche Wischnu hervor, unter dessen verschiedenen Verkörperungen keine mehr durch Kultus und Tempelbauten als Krischna verehrt wird. Im Südwesten der Halbinsel ist dagegen der Dienst Siwas, eines finstern, gefürchteten Wesens, zu Hause.

Nach langen Kämpfen, mannigfach beeinflusst durch den Buddhismus, haben sich die Konfessionen des Hinduismus ausgeglichen, zer-

[7]) Grimm, Deutsches Wörterbuch, Art. „Heide".

fallen aber mit ihren zahlreichen Göttern noch in viele Sekten. Neuere Versuche, ihn wieder zu einem festen Begriff zu gestalten, haben geringen Erfolg gehabt. Die Aufrechterhaltung des Kastenwesens mit den zahlreichen, das Leben einengenden Geboten sind neben dem philosophischen Hochmut der Kaste der Brahmanen das Haupthindernis für das Eindringen des Christentums. Viel weiter hat sich der diesen Lebensformen sich mehr anpassende Islâm verbreitet; durch Jahrhunderte ist er freilich auch die Religion der mächtigen Eroberer gewesen. Da die grossen indischen Volkszählungen die Religion und Kaste mit berücksichtigen, so sind wir mit ziemlicher Sicherheit über die Zahl der Bekenner des Hinduismus unterrichtet. Für 1910 wird man 230 Millionen annehmen dürfen (S. 862).

2. Der Buddhismus. Im Schosse der indischen Welt entsprang nun selbst ein Gegensatz gegen die alle Entwicklung hindernde Religion der Brahmanen. Sie ging aus den Kreisen der Kschatrija's, der Krieger, hervor, wandte sich aber, das Kastenwesen, wenn auch nicht umstossend, so doch nicht beachtend, an alles Volk ohne Unterschied des Standes, der Nationalität, der Rasse. In der ersten Hälfte des 6. Jahrh. vor Christi Geburt trat ein indischer Fürstensohn, Gautama[8]), später mit dem Namen eines Buddha d. h. Erleuchters belegt (gest. um 480 v. Chr.)[9]), mit seiner neuen praktisch-religiösen Lehre hervor.

Nach ihm ist der Mensch hinieden in den Kreislauf der Seelenwanderung gebannt; infolge der Sünde wird er von Stufe zu Stufe wieder geboren. Ertötung der Leidenschaften, welche als die stärksten Fesseln im Gefängnis dieses Kreislaufes angesehen werden, ist daher das würdigste Streben des Menschen. Die Auserwählten gelangen dahin durch den Weg des Gebets und des Sich-Versenkens in reine Gedanken. Nach ihrem Tode gehen sie endlich in den Zustand der Nirwana d. h. des Nichtseins, der ewigen Ruhe und Auflösung über. Für das Volk schrieb Buddha vernünftige Zähmung der Leidenschaften und werktätige Liebe gegen die Mitmenschen in dieser Welt des Elends vor. So ist der Buddhismus eine Religion der Weltflucht, nicht wie das Christentum eine solche der Weltbesiegung. Klöster und Mönchtum sind ihm eigen, nicht eine Priesterschaft mit göttlichem Kultus.

Rasch verbreitete sich der Buddhismus von Benares aus über viele Teile der Halbinsel, selbst bis nach Afghanistan und Turkestan, und in gegenseitiger Duldung glichen sich die verwandten Bekenntnisse des Brahma und Buddha aus. Erst im 8.—12. Jahrhundert erlag er der Macht des eindringenden Islâm völlig und hat nur ausserhalb Indiens die grosse Bedeutung für die asiatischen Völker behalten. Eifrige Mission hat er von Anbeginn getrieben. Ein südlicher Zweig, dessen Schriften in der Palisprache verfasst sind, hat sich von Ceylon aus nach Barma, Siam, Hinterindien verbreitet und in etwas reinerer Form erhalten. In Barma ist er die durchaus vorherrschende Religion. Aus Java und

[8]) Als Prinz mit dem Namen Siddhârta belegt. — [9]) Die älteren Ansichten über das Zeitalter Buddhas, die dem mongolischen Verbreitungsgebiet angehören, werden in geographischen Werken noch viel wiederholt. Vergl. über die neuen Bestimmungen S. Lefmann, Geschichte d. alten Indiens, Berlin 1890, 565.

Sumatra ist er seit dem 15. Jahrh. durch den Islâm wieder äusserlich verdrängt. — Früh ist er nach China gelangt und ward dort im ersten Jahrh. nach Chr. als eine der berechtigten Religionen anerkannt. Er hat dort in der Form eines reinen Bilder- und Reliquiendienstes viel Eingang beim niederen Volk gefunden. Zahlreiche Tempel für Buddha (chin. Fo) nebst Buddhisten-Klöstern finden sich überall. Ueber Korea kam er auch nach Japan.

Eine eigene Entwicklung hat er in Tibet erlangt durch eine Spaltung im 15. Jahrh. Man glaubt hier an göttliche Wesen (Bodhisatvas), die um ein geringes von Buddha verschieden menschliche Gestalt annehmen, um den Menschen zu helfen. Eine solche Verkörperung ist der Dalai Lama, das Oberhaupt der buddhistischen Kirche Tibets, das in Lhasa residiert, eine andere geringeren Grades Pan-tschan, das Haupt der vom Zölibat entbundenen Geistlichen. Klöster mit zahllosen Mönchen sind dem Lamaismus eigen. Der Gottesdienst ist ein sehr zeremoniöser, aber rein äusserlicher. Gebetsräder und beschriebene Windmühlen ersetzen die eigene Wiederholung der Gebete. Diese Form des Lamaismus ist es, die sich dann auch über die mongolischen Nomaden ausgedehnt hat.

Eine hohe Kulturmission unter manchen Völkern Asiens ist dem Buddhismus trotz seiner heutigen Entartung nicht abzusprechen. Er hat die nationalen Gegensätze gemildert, die kriegerischen Neigungen gedämpft, aber es fehlt ihm die Kraft, die Völker zu reicheren Vorstellungen zu erheben. Der Geist der Duldsamkeit, der ihm innewohnt, hat sich als Schwäche gegenüber dem Götterglauben und Dämonendienst der von ihm erreichten Völker erwiesen.

3. Die Zahl der Buddhisten Asiens ist deshalb so schwer festzustellen, weil im Hauptgebiet seiner Verbreitung, im dicht bevölkerten China, teils der alte Naturdienst, die Verehrung von Himmel und Erde, mehr noch der Ahnenkultus ihre volle Geltung behalten haben. Im Kreise der Gebildeten hängt man theoretisch den Lehrsystemen zweier alten Weltweisen an, denen man später auch allmählich göttliche Ehre erwies. Als Staatsreligion, neben der andere Bekenntnisse eigentlich nur geduldet werden, ist seit dem 17. Jahrh. die Lehre des Kong-tse[10]) (Konfuzius), eines Zeitgenossen von Buddha um 500 v. Chr. anerkannt.

Sie ist keine eigene Religion, sondern nur eine Mahnung zur Selbstzucht. Anknüpfend an die im grauen Altertum vermeintlich bestehenden Zustände des Reiches der Mitte, deren Bild die von Kong-tse gesammelten heiligen Bücher wiederspiegeln, sucht er in den Weisen und Gelehrten die Mittelspersonen zu schaffen, die für Erhaltung von Staat und Familie und geordnetem Volksleben massgebend sind. Priester und Mönche kennt der Konfuzianismus also ursprünglich nicht.

Die Lehre des etwas älteren Zeitgenossen von Kong-tse, namens Lao-tse, mehr auf das innere Leben gerichtet, ist im sog. Taoismus gleichfalls erhalten, heute aber in eine wüste Magik entartet, die durch eine zahlreiche Priesterschaft zur Bannung von Geistern

[10]) Nicht Kong-futse oder Konfutse (Chantepie, Lehrbuch I, 60).

ausgeübt wird. So sind also tatsächlich mit dem Buddhismus drei Religionen in China verbreitet, ohne schärfere Scheidung der Bekenner, da der gelehrteste Anhänger des Konfuzius praktisch sich bald diesen, bald jenen Priestern der von ihm im Grunde verachteten Religionen zuwendet. Diese seit Jahrhunderten bestehenden Verhältnisse haben im Chinesen einen Zustand religiöser Gleichgültigkeit erzeugt, wie sie kaum einem andern Volk auf der Erde eigen ist.

Ueber Korea hat der Buddhismus im 6. Jahrh. n. Chr. in Japan Eingang gefunden und dann die alten Formen des Shinto (chinesisches Wort für den japanesischen Volksglauben) rasch verdrängt. Jedoch führte, als im 18. Jahrhundert die Lehren des Konfuzius sich verbreiteten, dies allmählich zur erneuten Anerkennung des Shintoismus oder der Kamilehre (Kami bedeutet im Japanischen die oberen Wesen) als Staatsreligion. Sie setzt sich aus Resten des alten Naturdienstes, des Heroen- und vor allem des Ahnenkultus zusammen und besitzt eine zahlreiche Priesterschaft.

Wie angedeutet, ist eine Scheidung der Anhänger dieser oder jener religiösen Gemeinschaft im östlichen Asien fast unmöglich, weil die Chinesen selbst kaum in der Lage wären, sich über ihre Zugehörigkeit zu einer der unter ihnen verbreiteten zu erklären. Das hat auf der einen Seite zu der irrtümlichen Auffassung geführt, das weite ostasiatische Gebiet gehöre ganz dem Buddhismus an, den man daher bis in die neueste Zeit oft die verbreitetste Religion der Erde genannt hat. Man spricht von 400 Mill. Buddhisten und mehr[11]). Auf der anderen Seite behaupten Kenner Chinas neuerdings, dass der Buddhismus weit entfernt sei, dort die tatsächlich herrschende d. h. verbreitetste Religion zu sein, und geben ihm zuweilen nur 100 Mill. Anhänger[12]). Die Mehrzahl der Chinesen betrachtet sich als Anhänger des Konfuzius. Unter diesen Umständen muss man, ohne die in Frage kommenden Bekenntnisse zu scheiden[13]), zu einem Gesamtnamen seine Zuflucht nehmen. Von den in China, Japan, Hinterindien etc. wohnenden Mohammedanern und Christen abgesehen, wird man diesen ostasiatischen oder ostarisch-mongolischen Religionen heute 440—450 Mill. Bekenner zurechnen müssen.

§ 342. Der Islâm. Uns westwärts wendend, gelangen wir im grossen Steppen- und Wüstengürtel in den Herrschaftsbereich des Mo-

---

[11]) Ganz unverständlich ist, wie Ratzel (Völkerkunde, 2. Aufl. 1894, I, 60) den Buddhisten sogar 600 Millionen (!) Bekenner zuweisen konnte (neben 300 Mill. sonstigen Polytheisten) bei einer Gesamtbevölkerung der Erde von 1470 Mill. (S. 862). — [12]) Diese Ansicht ist wesentlich durch Sir Monier Williams (The Buddhisme, London 1889) in die Literatur eingeführt, der sich auf den Missionar Happer stützte. Nach diesem sollten nur 20 Mill. Buddhisten in China, nur $72,_5$ Mill. in ganz Asien leben. „Die Chinesen, nach ihrem Bekenntnis gefragt, würden sich zu $^{19}/_{20}$ als Konfuzianisten erklären". — [13]) Diese Scheidung vollführte zuerst Fournier de Flaix i. J. 1889 nach Monier Williams (s. u. Anm. 26), indem er neben 148 Mill. Buddhisten annahm: 256 Mill. Anhänger des Ahnenkultus und Konfuzianismus, 43 Mill. des Taoismus, 14 Mill. des Schintodienstes in Japan. Das haben dann andere übernommen. Missionar Dietrich (Allg Miss.-Zeitschr. Bd. 19, 1892, 419) sagt dagegen: Das chinesische Volk lässt sich überhaupt nicht in verschiedene Religionsgemeinschaften teilen. Und wenn jemand behauptet: „China hat 60 Mill. Konfutianer, 200 Mill. Buddhisten und 100 Mill. Taoisten, so ist dies eine durchaus willkürliche und unzutreffende Einteilung".

hammedanismus. Die Geschichte seiner im Anfang des 7. Jahrh. nach Chr. erfolgten Entstehung ist bekannt. Es ist ein Versuch, Juden- und Christentum mit dem uralten Glauben der semitischen Völker zu verbinden, die Vielheit der Götter der arabischen Stämme durch einen einzigen zu ersetzen. Islâm nennen die Anhänger Mohammeds selbst ihre Religion. Das Wort bedeutet „Hingabe“ (an Gott).

Der Gott der Mohammedaner ist zwar kein beschränkter Volksgott, wie der Jahwe der Juden es war, sondern erscheint als einziger Gott der Menschheit; aber da der Sterndienst und die damit verbundene Astrologie die Semiten früh an das Walten eines unabänderlichen Geschicks glauben gelehrt hatte, so erscheint dieser Gott nicht als liebender Weltregierer und Vater, sondern gleich den irdischen Herrschern des Orients in seiner unendlichen Allmacht auch mit unendlicher Willkür herrschend. Der Glaube an ihn macht den Menschen nicht frei, sondern erst recht zum Knecht einer Schicksalsherrschaft, der niemand entgehen kann. Daher auf der einen Seite jener weltstürmende Fanatismus, der mit dem Schwert statt mit dem Wort den Glauben ausbreitet, auf der anderen Seite jene durch die Hoffnung auf ein üppiges Sinnenleben im Jenseits erleichterte, resignierte Ergebung in den vermeintlichen Willen Gottes.

Die rasche Ausbreitung, welche der Mohammedanismus in den ersten Zeiten seines Bestehens fand, hängt teilweise mit den traurigen Zuständen der christlichen Länder im Orient zusammen. Aber vor allem kam ihm die Verquickung der religiösen Gemeinschaft mit der politischen, die ihm zu grunde liegt, zu statten. Das Haupt seiner Kirche war auch der Führer des Reiches. Die heilige Schrift, der Korân, setzt auch die politische Organisation des Volkes und die Rechtsprechung fest. Mehr politischer als dogmatischer Natur waren die Streitigkeiten, die sich alsbald über die Nachfolgerschaft des Propheten erhoben und zu den sich aufs heftigste bekämpfenden Spaltungen der Schiiten oder der Anhängerschaft Alis (das Schi'at Ali's) und der Sunniten führte, welche letztere neben dem Korân auch die Tradition, die Sunna, anerkannten. Die Schiiten (10—12 Mill.) [14]) sind übrigens fast ganz auf Iran beschränkt geblieben. Mit der weiteren Ausbreitung der ursprünglichen rein arabischen Nationalreligion wurden fremde Kulturelemente aufgenommen; mannigfach hat sich der Islâm in den neu erworbenen Gebieten den dort heimischen Anschauungen des Staats- und Rechtswesens angepasst. Seine Duldung anderer Bekenntnisse beruht aber mehr auf Verachtung derselben, indem er sich im Besitz der alleinigen Wahrheit weiss. Den Charakter einer Volksreligion hat der Islâm nicht abgestreift. Ueberall hält er am arabischen Urtext seiner heiligen Schrift fest. Aber er versteht in seltener Weise auch unter fremden Völkern einzelne für die Ausbreitung des Islâm zu begeistern. Die alte Verordnung, dass jeder Moslim einmal im Leben nach Mekka pilgern solle, besteht fort, und wenn sie auch stets nur einen geringen Bruchteil der mohammedanischen Welt in Bewegung setzt, so bilden die Hadschi, die Besucher der Kaaba in Mekka — ein uralter Fetischdienst der Araber, den Mohammed in seine Gebote aufgenommen —, doch ein wichtiges Band der Gemeinschaft bis

[14]) Nach Jansen s. Anm. 16.

in die fernsten Grenzen ihrer Verbreitung. Seit der Zeit der Kreuzzüge sind seine Fortschritte dem christlichen Europa gegenüber allerdings gering gewesen, um so mehr hat sich sein Gebiet in Zentralasien, Indien, China, im Bereich der Sundainseln und vor allem in Afrika bis in die jüngste Zeit vergrössert, in der Hauptsache also gegen die heisse Zone hin.

Dies verdankt er zum grossen Teil einer stillen, aber ausdauernden Missionstätigkeit, die namentlich in Afrika höchst erfolgreich geworden ist. Der Islâm stellt mit seinen einfachen Glaubenssätzen, den wenigen, aber den Gläubigen scharf von der Umgebung trennenden Geboten des äusseren Kultus geringe Anforderungen an den Neubekehrten. Sein Sittengesetz kommt zahlreichen Gewohnheiten der Bewohner heisser Zonen entgegen, hat aber auf die Abirrungen im Kreise der indischen und afrikanischen Völker in mancher Hinsicht heilsam und mildernd gewirkt. Nur darf der Uebergang derselben zum Mohammedanismus in keiner Weise als eine Vorbereitung zur baldigen Annahme des Christentums angesehen werden. Ueberall sind die Anhänger des Propheten noch eine leicht entzündbare Masse, wenn es gilt, die Christen zu bekämpfen, und in Afrika treffen heute die Gegensätze in schärfster Weise aufeinander [15]).

Da abgesehen von Britisch-Indien, wo heute schon mehr als 66 Mill. Bekenner des Islâm wohnen, sehr wenige Länder seines Verbreitungsgebietes dem Bereich geordneter Volkszählungen angehören, so ist die Bestimmung der Zahl seiner Anhänger eine sehr unsichere. Sie kann nur an der Hand einer ins Einzelnste gehenden Zerlegung des gesamten Verbreitungsgebietes gewonnen werden [16]). Eine solche ergibt, dass die noch vielfach verbreitete Annahme von 170 bis 175 Millionen [17]) Mohammedaner den Bestand ebenso stark unterschätzt, als diejenige von 300 Millionen, wie sie im Kreise des türkischen Reiches wohl angenommen wird, ihn überschätzt. Eine sorgfältige Erwägung lässt vermuten, dass wir dem Mohammedanismus zur Zeit wenig unter 230 Mill. Bekenner zuweisen müssen d. h. fast $^1/_7$ der lebenden Menschheit [18]).

§ 343. Judentum und Christentum. 1. Die Entwicklung eines reineren Monotheismus hat sich im Volke Israel seit langem vorbereitet und ist mehr noch das Resultat der Geschichte der aus dem babylonischen Exil zurückgekehrten Stämme. Damals hat der theokratische Staat mit seinem von dem der Nachbarvölker abweichenden Glauben dem jüdischen Volk die Volkstümlichkeit aufgeprägt, die es sich — ein fast einzig dastehender Vorgang in der Weltgeschichte — trotz seiner

---

[15]) Merensky, Mohammedanismus und Christentum im Kampf um die Negerländer Afrikas (Allg. Miss.-Zeitschr. 21, 1894, 145—162). — [16]) Eine solche liegt in einer sorgfältigen Arbeit von Hubert Jansen, „Verbreitung des Islâms (mit Angabe der Riten, Sekten, Bruderschaften) in den verschiedenen Ländern der Erde“ (Friedrichshagen bei Berlin 1897, Selbstverlag. S. Pet. Mitt. 1898, Lit.-Ber. 649) vor. Durch die Schrift zieht sich freilich die Neigung, immer nach den höchsten Zahlen der Bevölkerung zu greifen; auch wird nicht immer von den zuverlässigsten Quellen ausgegangen. — [17]) Ratzel (Völkerkunde I, 60) hielt noch 1894 an der veralteten Zahl von ca. 120 Mill. Mohammedanern fest, die nur Geltung hatte, so lange man keine Kenntnis von ihrer grossen Zahl in Indien besass. — [18]) Die Schätzungen von 170—175 Mill. lassen meist die Mohammedaner in China (ca. 25—30 Mill.) ganz ausser Betracht und berücksichtigen nicht die Fortschritte des Islâm im westlichen Sudan.

weiten Zerstreuung und aller harten Verfolgungen bis heute in allen seinen Gliedern erhalten hat. Ihre Religion war es, welche die Juden fern von aller Vermischung mit den anderen Völkern hielt, obgleich sie jeweils deren Sprache und manche Sitten annahmen. Von verschwindenden Ausnahmen abgesehen haben sie ihre Religion aber auch auf keine anderen Völker übertragen. Seit sie sich unter den europäischen Völkern etwas freier bewegen durften, — diese Zeit beginnt erst im vorigen Jahrhundert — hat sich ihre Zahl auch beträchtlich vermehrt. Hauptsitze sind immer noch die slawischen Länder des östlichen Mitteleuropas. Sie werden heute wohl nicht viel unter 12 Mill. Seelen umfassen[19]), aber ein zusammenhängendes jüdisches Religionsgebiet gibt es nicht.

2. Das Christentum, auf dem Boden des Judentums erwachsen, hat uns erst die wahre Weltreligion gebracht.

Es hat uns eine Gemeinsamkeit der Interessen aller Völker gelehrt; es will ein geistiges Reich Gottes hier auf Erden gründen, in das ein jeder, wes Standes und Volkes er sei, einzutreten vermag. Das persönliche Leben des Einzelnen soll ohne Weltflucht durchgeistigt und geheiligt werden.

Eine solche Lehre konnte sich nicht schnell verbreiten und bedurfte eines besonderen Bodens zum Gedeihen. Dort wo sie entstand, ward sie nicht angenommen, im griechischen Heidentum und an einzelnen Stellen des Orients setzte sie sich fest; aber erst als sich die griechisch-römische Kultur völlig ausgelebt hatte, vollzog sich durch die Hand der politischen Macht im 4. und 5. Jahrh. die Christianisierung der Mittelmeerländer. Es währte fast ein weiteres Jahrtausend, bis Europa äusserlich dem Christentum gewonnen war. Christianisierung der Völker, nicht die Gewinnung einzelner Seelen, war im Mittelalter das Ziel der Kirche. Im Mohammedanismus erwuchs der Ausbreitung des Christentums im Orient und Nordafrika eine unübersteigbare Schranke, doch haben sich inmitten oder jenseits des Gebiets der letzteren einige ältere Reste erhalten, aber, weil ohne lebendigen Austausch mit dem Hauptland, in den Formen erstarrend: in Abessinien, ferner als Nestorianismus in Syrien, als Thomaschristentum in Indien.

Im 11. Jahrh. vollzog sich die Scheidung der morgenländischen Kirche von der abendländischen, die bis heute beide Ansprüche auf alleinige Geltung, auf Katholizität, machen. Die erstere, auf Vorderasien und Osteuropa beschränkt, hat ihren Hauptsitz heute im Russentum. Allein mit der Ausbreitung des letzteren gewinnt die orientalisch-orthodoxe Kirche, wie sie sich nennt, an Gebiet im russischen Asien. Unter 155 Mill. orientalischen Christen (1910) gehören an 130 Mill. Seelen der russischen Kirche an. Auch die übrigen Zweige haben heute keinen gemeinsamen Mittelpunkt mehr. Die abendländische oder römisch-katholische Kirche hat früh in Rom eine ein-

[19]) Die Schätzungen schwanken noch immer zwischen $6\frac{1}{2}$ und 12 Mill. Letztere Zahl ist heute (1912) die wahrscheinlichere infolge der starken Vermehrung der Juden in Russland.

heitliche Spitze in dem mit immer grösserer Autorität ausgestatteten Papsttum gefunden. Im 16. Jahrh. gingen ihr Nordeuropa und die Hälfte Mitteleuropas verloren. In der Zeit der Gegenreformation gewann sie einen Teil dieses Gebietes wieder. Mit der Errichtung von Eroberungskolonien von seiten der Spanier in Amerika dehnte die römische Kirche ihren Herrschaftsbereich über das romanische Amerika aus. Noch zählt sie absolut genommen unter den christlichen Kirchen sicher die grösste Zahl nomineller Anhänger, mehr als 290 Mill. Seelen (1910), aber relativ hat sich diese Stellung im Laufe des 19. Jahrhunderts beträchtlich verschoben (S. 862).

Der Protestantismus oder die evangelische Kirche, unter welchem Namen man alle die zahllosen, aus der reformatorischen Bewegung des 16. Jahrh. hervorgegangenen christlichen Gemeinschaften zusammenfasst, hat seine Verbreitung wesentlich unter germanischen Nationen und ist mit der Begründung ihrer Siedelungskolonien in Nordamerika, Kapland und Australien auch dort zur herrschenden geworden. Dazu kommen die erst im 19. Jahrhundert gewonnenen Missionsgebiete, die aber noch kaum irgendwo geschlossene, rein christliche Distrikte haben gründen können.

§ 344. Die christliche Mission. Im früheren ist darauf hingewiesen, dass Buddhismus und Islâm eine ausgedehnte missionare Tätigkeit ausgeübt haben und der letztere besonders in Afrika und Indien auch während der letzten Jahrzehnte erfolgreich sein Gebiet erweitert hat. Hier sprechen wir nur von der Mission der christlichen Kirchen, und zwar in jenem engeren Sinn der Heidenmission. Von den Bestrebungen der russischen Kirche können wir dabei absehen; dort hat sich erst in jüngster Zeit einiges Leben entwickelt, das in den weiten asiatischen Besitzungen, aber auch in China Anhänger zu gewinnen sucht.

Im Zeitalter der Entdeckungen hat die Mission der Spanier noch ganz den Charakter eines Kampfes gegen die Ungläubigen. Vernichtung oder zwangsweise Annahme des Christentums war das Los der Eingeborenen. Die Priesterschaft hat bis heute die Macht über die völlig unwissende Menge, die man gleichwohl dem Katholizismus zurechnen muss. — Mit der Gründung des Jesuitenordens beginnt in der römisch-katholischen Kirche ein reger Eifer für die Heidenmission (Franz Xaver in Indien und Japan)[20]. 1622 ward eine Zentralleitung für dieselbe in der Congregatio de propaganda fide (bezw. ein Kollegium) in Rom gegründet und damit das Missionswesen von der Kirche selbst in die Hand genommen. Eine ganze Reihe von Orden widmete sich dann der Mission, überragt im Eifer und den äusseren

[20]) Eine quellenmässige Geschichte der katholischen Mission scheint es bis heute nicht zu geben. Etwas eingehender wird auch diese geschildert in Chr. H. Kalkar, Gesch. d. christl. Mission unter den Heiden. Deutsch v. A. Michelsen, 2 Bd., Gütersloh 1879 und im Anhang zu G. Warnecks Abriss der Gesch. der prot. Mission, 9. Aufl., Berlin 1910, 173—198, kürzer in P. Fried. Schwagers Schrift: Die katholische Heidenmission der Gegenwart im Zusammenhang mit ihrer grossen Vergangenheit I.—IV., Steyl (a. d. Maas), 1907—9.

Erfolgen von den meist hochgebildeten Jesuiten, vor allem in China, Kanada, Südamerika. Die Geographie verdankt ihren Berichten Ausserordentliches. Sie wussten sich mehr wie andere Orden in die fremden Anschauungen zu fügen. Die Ordensstreitigkeiten untereinander — nicht alle Missionsgebiete unterstanden der Oberleitung der Propaganda — haben viel gewonnenes Feld wieder zerstört. Die Aufhebung des Jesuitenordens (1773) rief zahlreiche Missionare zurück. Erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts beginnt eine neue, wesentlich von Frankreich ausgehende Periode und seit der neuesten Kolonialbewegung ist die katholische Mission wieder äusserst regsam geworden [21]).

Die protestantische Mission [22]), für die sich zwei Jahrhunderte hindurch noch fast gar kein Verständnis zeigte, ist erst durch den Pietismus des 18. Jahrhunderts ins Leben gerufen. Sie setzt mit der Heidenmission der Brüdergemeinde ein, die von 1730 bis 1740 sofort an fünf verschiedenen Punkten der Erde begann, ohne viele Nachfolger zu haben. Erst als in England sich der Umschwung vollzog, der aus den Beförderern der Sklaverei und den engherzigen Feinden der Mission in den eigenen Kolonialbesitzungen eifrige Bekämpfer der ersteren gemacht hat, begann die Bewegung durch die Gründung grosser Missionsgesellschaften, denen dann auf dem Kontinent andere folgten. Ihnen standen die Bibelgesellschaften zur Seite.

Im bewussten Gegensatz gegen die Methode der römischen Mission, die auf Massenbekehrung ausging, hat die protestantische sich meist auf Sammlung kleiner Gemeinden beschränkt und daher äusserlich lange geringe Fortschritte gemacht. Wie jede neue Periode der Entdeckungsgeschichte auch die Mission in lebhafte Bewegung gesetzt hat, so hat in jüngster Zeit auch auf diesem Gebiet ein neues Zeitalter begonnen. Auch auf evangelischer Seite wird die Ueberführung ganzer Stämme und Nationen in die Gemeinschaft der christlichen Kirche mehr ins Auge gefasst. Den gleichen Eifer zeigt die katholische Kirche wieder. Was aber im Schosse der letzteren sich früher oft in so verhängnisvoller Weise abspielte, wenn die einzelnen Orden auf dem gleichen Gebiet sich bitter bekämpften, das wiederholt sich nicht selten unter unseren Augen von neuem zwischen katholischer und protestantischer Mission. Statt sich die Aufgaben territorial zu teilen, um die Neulinge nicht gänzlich zu verwirren, treten beide Konfessionen im gleichen Gebiet in Wettbewerb.

Ueber die äusseren Ergebnisse der katholischen Mission gibt es erst in neuerer Zeit zuverlässigere Quellen [23]). Auf evangelischer Seite

---

[21]) Vergl. P. M. Baumgarten, Die katholische Kirche unserer Zeit etc., Bd. III. Das Wirken der katholischen Kirche auf dem Erdenrund, München 1902. Ferner P. Karl Streit, Katholischer Missionsatlas, 28. Taf., Steyl 1906, zu dem die Schrift Schwagers einen Text bilden will. H. A. Krose, S. J., Katholische Missionsstatistik, Freiburg 1908. — [22]) Neben Kalkar u. Warneck s. auch R. Grundemann, Neuer Missions-Atlas, Calw 1896, 2. Aufl. 1903; H. Gundert, Die evang. Mission, ihre Länder, Völker u. Arbeiten, 1896; 4. Aufl. 1903. Ferner Statistical Atlas of Christian Missions (Teil des Report to the World Missionary Conference Edinburgh, June 1910) Edinburgh 1910, 100 S. u. 20 Taf. in Fol. — [23]) S. besonders die Schrift von Krose (Anm. 21), die ernstlich bemüht ist, die eigentlichen Heidenchristen von den gleichfalls durch die Missionare seelsorgerisch versorgten Katholiken im Auslande zu scheiden, was früher kaum geschah.

schätzt man die Zahl der Heidenchristen in den eigentlichen Missionsgebieten jetzt auf rund 5 Mill., von denen $3^1/_2$ Mill. erst in den letzten 35 Jahren gewonnen sind [24]), ein Beweis, dass wir uns in einer Zeit lebhafteren Aufschwungs dieser christlichen Kulturbestrebung befinden. Im Bereich der gegenwärtigen katholischen Missionen werden mindestens ebensoviel leben, nach katholischen Quellen sogar 8 Mill. Heiden-Christen [25]).

§ 345. Uebersicht. So schwierig es ist, die Gesamtbevölkerung der Erde nach religiöser Gliederung zu scheiden, so lassen sich die Fehler doch in engere Grenzen einschliessen, sobald man die wahrscheinliche Verteilung der Bekenntnisse für alle einzelnen Staaten, Kolonien, Länder der Erde festzustellen sich bemüht. Am ehesten lässt sich dies für die Christen durchführen, weil die von ihnen bewohnten Länder im allgemeinen bereits einer geordneten Statistik unterworfen sind, wenn auch manche Staaten, wie Grossbritannien (Mutterland) und die Vereinigten Staaten nicht nach Bekenntnissen zählen. Die in diesem Sinn durchgeführten Schätzungen ergeben das Folgende:

Das 19. Jahrhundert hat zuerst den Umschwung hervorgebracht, dass die Christen mehr Bekenner als irgend eine andere Religion zählen, selbst als die Gruppe der ostasiatischen Religionen (S. 862). Sie umfassen heute mehr als ein Drittel der Menschheit. Es ist klar, dass an diesem Ergebnis ganz wesentlich die bedeutende Volkszunahme der christlichen Kulturstaaten im Laufe des 19. Jahrhunderts und ersten Jahrzehntes des 20. und nur zum geringsten Teil die Bekehrung Andersgläubiger zum Christentum beteiligt war. Bei den Mohammedanern fällt dagegen die neuere Ausbreitung des Islâm weit mehr in die Wagschale. Gegenüber dem Anfange des 19. Jahrhunderts sind jedenfalls die Monotheisten in der Mehrzahl, zum mindesten den Polytheisten gleich an Zahl. Wir nehmen für das Ende 1910 bei einer Gesamtbevölkerung von 1665 Millionen Seelen (S. 763) an [26]):

---

[24]) Warneck nimmt 1910 (a. a. O. 508), ohne $7,_5$ Mill. Negerchristen in den Ver. Staaten, im ganzen 5158000 Heidenchristen der evangelischen Mission an. Die sorgfältige „Kleine Missions-Geographie u. -Statistik z. Darstellung des Standes d. evang. Mission am Schluss d. 19. Jahrh." von R. Grundemann (Calw u. Stuttg. 1901) rechnet dagegen mit nachträglichen Berichtigungen nur 3372000 eingeborene Christen um 1898, falls man von den 4 Mill. durch die Mission christianisierten Negern in den Verein. Staaten absieht. — [25]) In diesem Punkte stehen sich die Berechnungen Warneck's und Krose's noch scharf gegenüber. Warneck nimmt ohne die christianisierten Neger in den Verein. Staaten 5551000 katholische Heidenchristen an, Krose (a. a. O., 123) dagegen nimmt rund 8 Mill. an. Die Autoren des Edinburgher Statistical Atlas of Christian Missions (1910, 61) glauben den Schätzungen Warneck's ($12,_{66}$ Mill. protestantische und $5,_{71}$ katholische Heidenchristen einschliesslich der Negerchristen in den Verein. Staaten) noch $2,_5$ Mill. hinzufügen zu müssen, ohne letztere nach den Konfessionen zu scheiden. Der Erfolg der Missionstätigkeit im 19. Jahrh. sei daher insgesamt auf 21 Mill. Seelen zu schätzen. — [26]) Die Begründung für die obigen Schätzungen, die an der Hand aller erreichbaren Angaben durchgeführt sind, kann an dieser Stelle nicht gegeben werden. Auf ältere Versuche, die Bekenner der Hauptreligionen zu bestimmen, braucht nicht eingegangen zu werden, da sie mit einem ganz anderen Bevölkerungsstand rechnen. Aus neuerer Zeit liegen uns wenige selbständige vor. Einen solchen gab u. a.: E. Fournier de Flaix im Bull.

	Mill.	%		Mill.	%
Christen	653	$39,_2$	Ostasiatische Religionen .	444	$26,_7$
Juden	12	$0,_7$	Hinduisten	230	$13,_8$
Mohammedaner	230	$13,_8$	Heiden	96	$5,_7$
Monotheisten .	895	$53,_8$	Polytheisten .	770	$46,_2$

Von der Mehrzahl anderweitiger Schätzungen unterscheidet sich die vorliegende durch Berücksichtigung der bedeutenden Volkszunahme in den germanischen Nationen, unter Russen, in Britisch-Indien, sowie durch Zuweisung einer viel grösseren Zahl an den Islâm vermöge seines Vordringens in Afrika und Asien.

Was die grossen Abteilungen der christlichen Kirche betrifft, so stehen sich um 1910 annähernd gegenüber:

	Mill.	%
Römisch-katholische Christen	295	$45,_2$
Evangelische Christen } jeglichen Bekenntnisses	204	$31,_2$
Orientalische Christen } jeglichen Bekenntnisses	154	$23,_6$
Summa .	653	100

Mag diese Schätzung um manche Millionen unrichtig sein, so steht fest, dass das grosse numerische Uebergewicht des römischen Katholizismus über die andern Konfessionen, welches man bisher noch vielfach anzunehmen geneigt war, schon seit längerer Zeit tatsächlich nicht mehr besteht.

---

de l'Institut internat. de statistique, Rome IV, 1889, 125—46), wobei eine Gesamtbevölkerung von 1429 Mill. Seelen angenommen ward. (Wegen seiner Angaben über die Buddhisten vergl. oben Anm. 13.) In der Schrift „Statistique et consistance des religions à la fin du XIX^e siècle", Paris 1901, wiederholt Fournier seine Berechnungen auf Grund einer Menschenzahl von 1553 Mill. (die Angabe in vor. Aufl. 1908, 839, dass Fournier die gleichen Zahlen von 1889 i. J. 1901 wiederholt habe, trotzdem er jetzt 124 Mill. Menschen mehr als 1889 annehme, beruht auf einem Irrtum, hervorgerufen durch das Referat R. Grundemanns in Pet. Mitt. 1903, LB. 295; vergl. das Referat von Raveneau in den Annales de géogr. Paris. Bibliographie de 1901, 148). Fournier nahm 1901 an: $555,_1$ Mill. Christen ($38,_6$ %), 8 Mill. Juden, $214,_6$ Mill. Mohammedaner ($13,_8$ %), 269 Mill. Anhänger des Ahnenkultus, 103 Mill. Buddhisten, 43 Mill. Taoisten, 17 Mill. Shintoisten (zus. 415 Mill. Ostasiaten = $26,_7$ % s. o.), 217 Mill. Hinduisten, $3,_5$ Mill. Sikhs und Jains, $122,_6$ Mill. Polytheisten. Im Anschluss an Fourniers erste Arbeit haben H. Zeller, (Vergleichende Religionsstatistik in G. Warnecks Allg. Missionszeitschr. 1903) wie H. A. Krose S.-J. ähnliche Versuche gemacht. Der letztere zuletzt in Staatslexikon, herausgeb. v. J. Bachem, 3. u. 4. Aufl., Freiburg 1911, Bd. IV, 579—91 für 1906—08 und bei Annahme einer Bevölkerung der Erde von 1561 Mill. Seelen.

VI. Siedelungen und Volksdichte[1].

§ 346. Die menschlichen Ansiedelungen. Nunmehr wenden wir uns dazu, die Menschen in den räumlich voneinander geschiedenen Niederlassungen aufzusuchen. Es ist die Obdach bietende Wohnstätte, die Hütte oder das Haus, die bei aller freien Beweglichkeit den Menschen an die Einzelstelle der Erdoberfläche mehr oder weniger bannt. Den Inbegriff nahe gerückter Behausungen innerhalb der einzelnen Niederlassungen nennen wir den Wohnplatz; er bildet den Kern jeder Ansiedelung, zu der auch immer noch das wirtschaftlich ausgenutzte Gelände rings um die Wohnungen gehört. Die Selbständigkeit des Wohnplatzes spricht sich daneben in einem eigenen geographischen Namen aus.

Je nach Zahl, Bauart, Gruppierung der Baulichkeiten, ihrer Anordnung längs Strassen und freier Plätze, begegnet uns die grösste Mannigfaltigkeit auf der Erdoberfläche. Dennoch lassen sie sich übersichtlich auf die drei Haupttypen der Kleinsiedelungen, der Dörfer und der Städte zurückführen. Die beiden letztern stehen als Gruppensiedelungen den erstern, welche meist den Charakter der Einzelsiedelung tragen, gegenüber, doch fehlt es nicht ganz an vermittelnden Formen. Die Weiler leiten von der Einzelsiedelung zum Dorf, die Marktflecken vom Dorf zur Stadt über.

Die überwiegende Menge der Kleinsiedelungen und Dörfer wird von einer ackerbautreibenden Bevölkerung bewohnt, da diese auf die leicht erreichbare Nähe des zu bearbeitenden Bodens angewiesen ist und sich daher mehr oder weniger inmitten desselben ansiedeln muss. Die Dörfer sind die stets gesellig auftretenden, in ihrem Wachstum naturgemäss beschränkten Wohnplätze des „platten Landes", die typischen Formen „ländlicher Ortschaften". Diesen stehen, verschwindend an Zahl gegen jene, „Städte" mit ihrer vorwiegend gewerb- und handeltreibenden, nicht im gleichen Mass an die Scholle gebundenen Bevölkerung gegenüber, isolierte Kernpunkte des menschlichen Verkehrs, die stets vielseitigere Interessen in sich vereinigen und ihre Bewohnerschaft immer bunter nach Beschäf-

[1]) Im Zusammenhang hat F. Ratzel alle wichtigeren in dieses Kapitel fallenden Fragen behandelt in Anthropogeogr. II, 1891, mit der Dichtigkeit der Bevölkerung beginnend (Kap. 7, 8) und dann zu den Wohnplätzen übergehend (Kap. 12—15). Eine sorgfältige Zusammenstellung der neuern Literatur zur allgemeinen und speziellen Siedelungskunde gibt E. Friedrich im Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 447—461.

tigungen gliedern. Als Sitze der leitenden Macht und Intelligenz Denkmäler der Blüte in stattlichen Bauten für die Zukunft hinterlassend, haben unter den menschlichen Niederlassungen bis in unsere Zeit allein die Städte Beachtung in der geographischen Länderbeschreibung gefunden. Und noch heute beschränken sich unsere geographischen Karten meist auf die Aufnahme städtischer Wohnplätze.

Seit den ältesten Zeiten und auf allen Kulturstufen gehen Neugründungen menschlicher Niederlassungen in den breiten Formen der Einzelsiedelung und der Gruppensiedelung nebeneinander her. Das Wachstum einer Bevölkerung bedingt im altbesiedelten Lande zwar hauptsächlich nur ein Anwachsen bereits vorhandener Wohnplätze, bringt aber auch die Errichtung von neuen mit sich; weit mehr ist letzteres in jungbesiedeltem Lande der Fall. Andererseits gehen manche Niederlassungen in ihrer Selbständigkeit wieder zu Grunde. Sie verschwinden durch Zusammenwachsen mit grösseren Ansiedelungen oder werden gewaltsam zerstört und völlig verlassen, sodass nur Ruinenstätten von ihrem einstigen Dasein zeugen.

Die Zahl der menschlichen Ansiedelungen ist daher wie der jeweilige Stand der Bevölkerung eine schwankende und sie für die ganze Erde zu bestimmen dürfte heute noch weit schwieriger sein, als die Gesamtheit der Menschen abzuschätzen (§ 300). Doch wie diese im Laufe der Jahrtausende mächtig angewachsen ist, so auch die Zahl der Wohnplätze. Neben den unausgesetzten Neugründungen kommt hierbei die Seltenheit eines gänzlichen Verlassenwerdens vorhandener in den Kulturländern in Betracht. Auch die Mehrzahl der in Trümmer gesunkenen Ruinenstätten des Altertums und Mittelalters bildet meist noch den Kern verkümmerter Ortschaften oder erhebt sich später zu neuem Leben. Schwankend mehr im Platz als in der Zahl sind die Ansiedelungen afrikanischer Landschaften bei den ständigen Fehden der dortigen Völker.

§ 347. Der Wohnplatz im topographischen Sinn [2]). Erst seit wenigen Jahrzehnten haben einige europäische Staaten mit der Feststellung der in ihrem Bereich bestehenden Wohnplätze begonnen. Einerseits hat die heutige topographische Karte grossen Massstabes die Aufgabe, sie sämtlich im Grundriss der Einzelbauten und geschlossenen Häusergruppen und mit Namensbezeichnung darzustellen; andererseits versuchen die grossen Spezial-Ortschaftsverzeichnisse ihre möglichst vollständige Aufzählung.

Das ist leichter in Ländern und Landschaften, in denen die Bevölkerung mehr oder weniger in geschlossenen Ortschaften wohnt wie z. B. im Königreich Sachsen, als wo sie über zahlreiche Kleinsiedelungen verteilt ist und also zerstreut lebt wie in den Niederlanden oder in Westfalen. Die Leistungsfähigkeit kommunaler Verbände auf dem Lande erheischt, dass diese nicht gar zu klein sind. Daher besteht das Bestreben, die kleinern Wohnplätze zu solchen zusammenzufassen. Diese wirtschaftlichen Verbände niederster Ordnung (S. 832)

[2]) S. H. Wagner in Bevölk. d. Erde III, 1875, 1 ff.; G. v. Mayr im Vorwort z. vollständigen Ortschaftsverzeichnis d. Kgr. Bayern, München 1877.

oder die politischen Gemeinden sind die Einheiten, mit denen die Staatsverwaltung rechnet, sodass es begreiflich erscheint, wenn die Mehrzahl der Staaten sich darauf beschränkt, statistische Massenbeobachtungen über das Volksleben nur bis zu diesen Gemeinden herab zu verfolgen.

Somit muss man im Bereich der Anthropogeographie sich den wesentlichen Unterschied gegenwärtig halten, welcher zwischen einem Wohnplatz im topographischen Sinn, wie er eben definiert ist, und der politischen Gemeinde in den meisten Staaten besteht. Am ehesten treffen beide Begriffe bei mittlerer Grösse zusammen. Wo die Bevölkerung aber zum zerstreuten Wohnen neigt, umfasst die Gemeinde eine ganze Reihe getrennt gelegener kleiner Wohnplätze, ja nicht selten selbst mehrere geschlossene Dörfer.

Das Deutsche Reich, welches 1905 76400 Städte und Landgemeinden zählte, hat allein an namentlich nachgewiesenen Wohnplätzen gegen 208000[3]). Und das Königreich Bayern, dessen Boden in 8000 Gemeinde-Gemarkungen zerfällt, hat deren nicht weniger als 46000. Im südöstlichen Winkel Oberbayerns zwischen Inn und Salzach sind sogar 8000 kleine zerstreute Wohnplätze in weniger als 400 Gemeinden vereinigt, sodass jede Gemeinde durchschnittlich 20 Wohnplätze umfasst.

Umgekehrt gehen nicht selten Gemeindegrenzen (selbst Staatsgrenzen) mitten durch einen und denselben Wohnplatz und zerreissen damit geographisch Zusammengehöriges. Eine grosse Zahl von Städten ferner sind als geographische Wohnplätze weit grösser als die gleichnamige Stadtgemeinde, weil oder solange die mit ihr verwachsenen Vorortsgemeinden noch nicht mit ihr politisch vereinigt sind.

In Preussen bilden vielfach Gutsbezirk und gleichnamiges Dorf, obwohl sie räumlich eng verbunden einen Wohnplatz darstellen, noch zwei Gemeinden. Die thüringische Stadt Ruhla (ein Wohnplatz von 8000 Einw. i. J. 1910) bildet zwei Gemeinden, eine zu Sachsen-Weimar, die andere zu Sachsen-Gotha gehörig. — Leipzig hatte vor Einverleibung (1889—1892) von 17 städtisch angebauten Vororten 183000 Einw. auf 17 qkm (1895), nach derselben 400000 Einw. auf 57 qkm. Berlin als Stadtgemeinde 1910 nur 2070000 Einw. zählend, ist mit Charlottenburg, Schöneberg, Neukölln und 82 andern Vororten, deren Bewohner täglich in Berlin verkehren, zu einem Wohnplatz von mehr als 3700000 Seelen angewachsen[4]).

§ 348. Unstäte und vergängliche Wohnplätze. Eine Minderzahl von Menschen entbehrt fester Behausungen und kennt nur mehr oder weniger bewegliche Wohnplätze. Der häufig den Ort wechselnde, meist

---

[3]) Die Schätzung der Zahl der Wohnplätze musste bisher noch aus allen Ortsverzeichnissen der Einzelstaaten zusammengestellt werden; die deutsche Reichsstatistik hatte es seit 1885 sogar aufgegeben, die Zahl der Gemeinden unter 2000 Einwohner mitzuteilen; erst für 1900 u. 1905 wird sie wieder angegeben; für 1905 auch die Zahl der Wohnplätze. S. Vierteljahrsh. d. Statist. d. D. Reiches, 1902, III, 82; 1907, IV, 74 bezw. 92. — [4]) Vergl. H. Wagners Versuche, aus den Gemeinde- und Wohnplatzverzeichnissen die topographischen Wohnplätze zu konstruieren in Bev. d. Erde III, 1875, u. IV, 1878, sowie die z. T. abweichenden Anschauungen von A. Supan (Bev. d. Erde IX, 1893, 1). Das Studium der topograph. Karte, so unentbehrlich es ist, reicht im Einzelfall natürlich nicht aus, über die Zusammengehörigkeit von Häusergruppen zu einem Wohnplatz zu entscheiden. Hier liegen dankbare Aufgaben der wissenschaftlichen Heimatskunde vor. Der hier gegebene Begriff des Wohnplatzes fällt nicht ganz mit dem zusammen, was man in Frankreich die population agglomerée nennt.

namenlose Ruheplatz der kleinen Horden unter den umherschweifenden Sammelvölkern und niedern Jägern (S. 788) ist nicht viel mehr als eine nächtliche Lagerstätte, bei deren Verlassen kaum andere Spuren als ein Aschenhaufen zurückbleiben. Das Bedürfnis nach Schutz lässt jedoch selbst auf dieser Stufe eine sorgfältige Auswahl der Ortslage treffen. Eine Höhle, ein schwer erklimmbarer Felsen, ja selbst die Kronen der Bäume werden jeweilig bevorzugt; oft wird die Mühe der Herstellung eines künstlichen Obdachs dabei gescheut. — Periodischen Verlegungen der Wohnplätze begegnen wir bei vielen Nomaden, die ihre Behausungen, die Zelte oder die Jurten beim Uebergang vom Winter- zum Sommerquartier mitnehmen, aber gern wieder an die nämlichen Stätten des Herdenlagers zurückkehren. Hier haftet dann wohl schon ein bestimmter Name am Wohnplatz und dieser ist durch einige Bauten bezeichnet.

Der Hüttenbau ist auch bei Jägern und Fischern schon das äussere Zeichen etwas grösserer Sesshaftigkeit. Festere Wohnplätze, wenn auch nicht von langem Bestand, sind allen Hackbau treibenden Naturvölkern eigen. Mancher kunstvolle Bau findet sich unter den verschiedenartigen Hüttenformen afrikanischer oder ozeanischer Völker. Dem Dach, das die gewaltigen Tropengüsse auszuhalten hat, wird besondere Sorgfalt gewidmet. Aber überall aus leichtem Material errichtet, sind die Ortschaften der Gefahr völliger Zerstörung durch das Feuer ausgesetzt; der Regen verschlämmt unbeaufsichtigte Lehmbauten rasch, sodass solche Wohnplätze nach dem Verlassen gleichfalls keine dauernde Spuren hinterlassen.

Seltener als unter den höher kultivierten Ackerbauern tritt uns unter den genannten Gruppen die Einzelsiedelung im engern Sinn entgegen. Die gesellige Natur des Menschen, wirtschaftliche Zwecke (wie sie den meisten Siedelungen in grossen Familienhäusern eigen sind) und das Schutzbedürfnis führen zur Gruppensiedelung. Fast überall beherrscht dieses letztere auch die Ortswahl oder die Bauart der Wohnungen. Die Pfahldörfer, wie sie uns in Resten am Rand süddeutscher Seen erhalten sind, kehren bei der Mehrzahl der strandbewohnenden Polynesier wieder [5]), und mit Vorliebe sind kleine, leicht zu verteidigende Küsteninseln oder Flussinseln besetzt. Wall und Graben umgeben zahlreiche Dorfschaften Afrikas. Weitaus die meisten „Dörfer" unter den Naturvölkern sind wenig volkreich. Aber es gibt auch grössere, die ihre Bewohnerzahl nach Tausenden zählen und mit ihren zerstreuten Hütten und Gehöften oft einen ausgedehnten Platz einnehmen. Aber selten einen bestimmten, zuvor gedachten Grundplan, ein wohlgeordnetes Strassennetz zeigend, wenn auch meist in Längslinie sich erstreckend [6]), gleichen sich die Ansiedelungen dieser Völker untereinander weit mehr als die der höher gesitteten. Man nennt

[5]) R. Mahler, Siedelungsgebiet u. Siedelungsanlage in Ozeanien. (Internat. Arch. f. Ethnogr., Suppl. zu Bd. XI, Leiden 1898, 34.) — [6]) Auf diese Längsausdehnung führt Vierkandt (Die Volksdichte im westl. Afrika; Wiss. Veröff. d. Ver. f. Erdkunde, Leipzig 1895, II, 133) gewiss mit Recht die Ueberschätzung der Volksmenge afrikanischer „Städte" von seiten der Reisenden zurück.

einzelne besonders volkreiche Ortschaften unter ihnen wohl Städte. Jedoch erweisen sich dieselben zumeist als Anhäufungen nahegerückter Weiler und Dorfschaften, hie und da rasch durch herbeigeströmte Ansiedler entstanden, die in der Vereinigung und hinter gemeinsamen Wällen Schutz gegen feindliche Angriffe für sich und ihre Felder suchen. Wo solche Wohnplätze den Sitz einzelner Despoten bilden, gönnt ihnen der Aberglaube oft nur kurze Dauer des Bestehens. Nach ihrem Tode beeilen sich die Nachfolger, ihre Residenzen abseits der bisherigen zu errichten. Die Furcht vor Geistern der Toten belegt bei vielen Naturvölkern bisherige Wohnstätten mit einem „Tabu" (worunter die Ozeanier die Unverletzbarkeit eines Gegenstandes oder die Unbetretbarkeit eines Ortes verstehen), und zwingt die Ueberlebenden oft zum Siedelungswechsel.

Mit diesem häufigen Wechsel der Wohnplätze hat die Karte Afrikas ganz besonders zu rechnen. Sie kann mit der Festlegung der Ortslage und der Namen von solchen immer nur ein Augenblicksbild geben; nach wenigen Jahren muss es, wie in den äussersten Grenzen der staatlichen Gebilde, so auch rücksichtlich der Ortschaften beträchtlich umgestaltet werden. Als Typus einer aus zahlreichen Dorfschaften zusammengesetzten grossen „afrikanischen Stadt" kann Abbeokuta in Oberguinea (nördlich von Lagos) gelten, die im Jahre 1825 durch Zusammenrücken eines grossen Teils des Egba-Stammes rings um eine mit Felsenkuppen besetzte Erdstelle entstand und dann mit Wall und Graben umgeben wurde[7]). Das nahe benachbarte Ibadan soll mit seinen 200000 Seelen (?) sich über eine Fläche von 40 qkm ausdehnen; der innerste Teil ist von mehr als 160 Dorfschaften umgeben[8]).

§ 349. Die Kleinsiedelungen[9]). Unter den selbständigen Kleinsiedelungen der Kulturvölker spielt der Einzelhof die Hauptrolle. In diesem Ausdruck liegt schon der Begriff einer ländlichen Bewirtschaftung als Hauptzweck der Ansiedelung. Im höhern Gebirge ist oft eine andere Form der Besiedelung unmöglich wegen der geringen Ausdehnung des artbaren Bodens zwischen öden Steinhalden oder geschlossenen Waldflächen. Mit Sorgfalt wird gerade im Hochgebirge der Platz zur Anlage gewählt[10]). Die Sonnenseite der Gehänge wird gegenüber dem Talboden mit seinen kühlen Winden bevorzugt. Daneben sind die meisten flachen Schuttkegel, die aus den Seitentälern heraustreten, besiedelt; trotz mancher Gefahren hereinbrechender Gewässer locken sie durch das aufgelagerte Schwemmland.

Wo im altkultivierten Flachland der Einzelhof vorherrscht, bringt man ihn mit der Vorliebe einzelner Völker, die diese Gebiete einst inne hatten, in Zusammenhang. In Irland, der Bretagne, in West-

---

[7]) Vivien de St. Martin, Dict. nouv. de géogr., Paris 1884, II, 144. [8]) A. Millson, The Yoruba Country; Proc. R. Geogr. Soc., London 1891, XIII, 583. — [9]) Vergl. hierzu und zum folgenden vor allem A. Meitzen, Beob. über Besiedelung, Hausbau etc. in Kirchhoffs Anleitung z. deutschen Landes- und Volksforschung, Stuttg. 1889, 481—573; ferner das Hauptwerk von Meitzen, Siedelung und Agrarwesen der Westgermanen und Ostgermanen, Kelten, Römer, Finnen, Slawen, 3 Bde, nebst einem Band Tafeln, Berlin 1895. — [10]) F. Löwl, Siedlungsarten in den Hochalpen. (Forsch. z. d. Landes- u. Volksk., Bd. II, 1888.)

falen und Friesland führt man sie daher auf die Kelten [11]), in Litauen auf die Litauer zurück und sieht in der oft scharfen Grenze zwischen Einzelhöfen und geschlossenen Dörfern eine ehemalige Scheidelinie zwischen keltischer und germanischer Besiedelung. Die späteren Eroberer wie die Sachsen in Westfalen würden dann sich dieser vorgefundenen Wohnweise anbequemt haben. Im Süden Deutschlands, besonders in Ober- und Niederbayern waren es die Grundherren, die Einzelhöfe und Weiler errichteten und an Zinsbauern vergaben. In den letzten Jahrhunderten gründete im Osten Deutschlands der Landadel die grossen geschlossenen Güter ausserhalb der Dorffluren. In Schweden hat die im 18. Jahrhundert begonnene Verkoppelung der grossen Gemarkungen rings um die geschlossenen Dörfer neue „Einöden" hervorgerufen, damit der Einzelbauer inmitten des ihm überwiesenen Feldes sitze. Die Weiler umfassen meist mehrere Höfe, haben aber ähnliche Entstehung.

Neben diesen selbständigen Kleinsiedelungen von gleichartigem Zweck sehen wir grössere Wohnplätze von einer Menge kleiner unselbständiger Einzelsiedelungen umgeben. Diese Abbauten, in ihrer Ortswahl meist festgebunden wie z. B. Mühlen und Fabriken, welche die Wasserkraft ausnutzen, Bleichereien, Gärtnereien, Ziegeleien, Landhäuser, denen der Grund und Boden die Stätte anweist, Wärterhäuser und Verkehrsstationen u. s. w. sind in ihrer wirtschaftlichen Existenz meist in voller Abhängigkeit von dem grösseren, nahe gelegenen Zentrum. Man kann sie als natürliche Trabanten mit den kleinen unselbständigen Küsteninselchen vergleichen, die grössere Inseln umgeben (S. 483).

§ 350. Die Dörfer. Im allgemeinen wird jede Neubesiedelung eines Landes durch Ackerbauer zuerst die offenen und ebenen, gut bewässerten Striche in Anspruch nehmen. Erst später schiebt sich die Bevölkerung in die waldigen und bergigen Gegenden oder auch die sumpfigen Niederungsflächen vor. Das lässt sich an spät besiedelten Ländern Mittel- und Nordeuropas noch mittelbar nachweisen, trotzdem sich im Laufe der Jahrhunderte die Landstriche durch Bodenkultur und Umbau der Gehöfte beträchtlich verändert haben. Teils bieten die Ortsnamen, teils der Grundplan des Wohnplatzes mitsamt der erhaltenen Feldflureinteilung genügenden Anhalt.

Besonders innerhalb Deutschlands ist man in den letzten Jahrzehnten derartigen Untersuchungen im Gebiet der Namenforschung nachgegangen, doch scheinen die Ergebnisse aus einer Landschaft nicht ohne weiteres auf andere übertragbar [12]).

---

[11]) S. Meitzen, Siedelung I, 174. Eine gegensätzliche Ansicht über die Entstehung der ältesten Höfe und Dorfformen, denen er nicht nationale Eigentümlichkeiten zuerkennen will, vertritt R. Mucke in einem phantasiereichen Buch, Vorgeschichte d. Ackerbaues u. Viehzucht, Greifswald 1898, s. bes. S. 298 ff., 322 etc. — [12]) W. Arnold, Ansiedelungen und Wanderungen deutscher Stämme, vornehmlich nach hessischen Ortsnamen, Marburg 1875, 425 ff.; Edw. Schröder (Ueber Ortsnamen-Forschung, Zeitschr. d. Harzvereins, Wernigerode 1908), warnt wegen vielfacher sprachlicher Umformung der Ortsnamen zur Vorsicht.

Ortsnamen, die in Hessen der ältesten Zeit angehören und sich meist in Flussniederungen finden, sind wesentlich gewissen Eigenschaften der Oertlichkeiten, in denen die Niederlassung gegründet ward, entnommen: bruch, ried, moos, brühl (sumpfige Waldwiese), marsch, masch (tiefes sumpfiges Ackerland), born und bach (wo heute vielfach der Boden trocken ist), loh (feuchter Hain), hart (waldige Anhöhe), horst (niedriges Gestrüpp) etc. — Die Namen schon tiefer in ungünstiges Gelände eindringender Kolonisationen des 7. und 8. Jahrh. sind vielfach Personen- oder Geschlechternamen entnommen; in Verbindung mit Endungen wie büttel, hausen beziehen sie sich auf feste Wohnstätten. — Erst im 12. und 13. Jahrh. dringen die Ansiedelungen in Wälder und Berge und deren Seitentäler vor. Durch ihre Zusammensetzung mit rode, reut, hagen, brand, schlag deuten sie an, dass es sich um neue Waldlichtungen handelt. Je nach den Endungen kirchen, kappel, zell oder burg, fels, stein kann man auf Kolonisation durch geistliche oder weltliche Herren schliessen.

Abgesehen von der grösseren Zahl der Höfe, die ein Dorf vereinigt, unterscheidet es sich vom Weiler durch eine Gruppierung längs einer Strasse oder um einen Platz. Die ziemlich ausgesprochenen Gegensätze im Grundplan der Dörfer kündigen sich ähnlich wie die Hausformen als nationale Siedelungsformen verschiedener Stämme an.

Sie lassen sich nur auf topographischen Karten verfolgen, hier aber auch meist noch gut erkennen. Das gilt besonders von dem Messtischblatt 1 : 25000. Doch gehört zur richtigen Erfassung aller in Betracht kommenden Siedelungsverhältnisse noch die Flurkarte, die meist in 1 : 5000 oder 1 : 2500 entworfen wird, freilich nur selten zur Vervielfältigung und Veröffentlichung gelangt[13]).

Deutlich heben sich innerhalb Deutschlands verschiedene Dorftypen ab. Unter den älteren Niederlassungen tritt im Gebiet volkstümlicher germanischer Ansiedelung zwischen Elbe und Oberrhein das

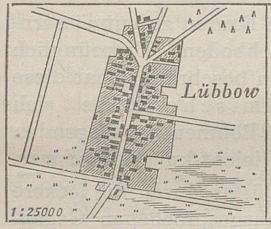


Fig. 92. Strassendorf.

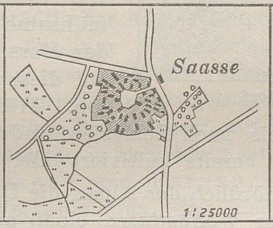


Fig. 93. Runddorf.

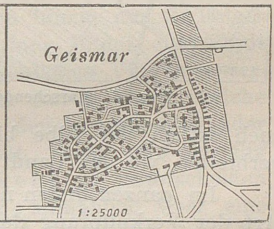


Fig. 94. Haufendorf.

unregelmässiger angelegte Haufendorf (Fig. 94) auf, vom Agrarhistoriker als die Grundform germanischer Ansiedelungsweise angesehen[14]). Oestlich von Saale und Elbe, teilweise auch noch auf dem linken unteren Ufer der letzteren (Wendland) haben sich als alte slavische Ansiedelungen eine Reihe echter Runddörfer (Fig. 93) erhalten, bei denen die Höfe um einen nur von einer Seite zugänglichen freien Platz gruppiert sind. Als slavischen Ursprungs betrachtet man ferner das zweiseitige Strassendorf (Fig. 92), das besonders im

[13]) Vergl. die zahlreichen Beilagen zu Meitzens Hauptwerk, meist 1:5000. — [14]) R. Mucke (s. Anm. 11) will die Dorfformen auf die Hauptgegensätze zwischen Ackerbauern (Strassendörfer) und Viehzüchtern (Runddörfer) zurückgeführt wissen und erklärt das Haufendorf für eine Kombination beider (a. a. O., 325).

sächsischen Flachland, auf Fehmarn etc., aber dann weit nach dem europäischen Osten hin typisch ist[15]).

Im Gebiet des Deutschen Mittelgebirges und dem Vorlande, besonders vom Erzgebirge ab bis nach Schlesien, herrscht dagegen das Waldhufendorf (Fig. 95) vor, bei dem sich die Gehöfte in langer loser Kette (daher besser Kettendorf statt Reihendorf zu nennen)[16]) längs einer Talsohle hinziehen, während die zugehörigen Grundstücke in schmalen Streifen senkrecht gegen die Reihe der Höfe beiderseits bis weit in die Talseiten hinauf zu reichen pflegen.

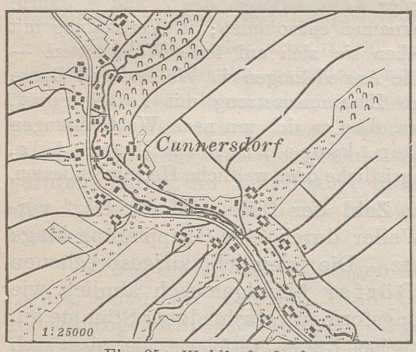


Fig. 95. Waldhufendorf.

Erst das 12. Jahrh. hat mit der Herbeiziehung niederländischer Kolonisten die Marschendörfer (Fig. 96) in Deutschland entstehen lassen. Einseitig an der Innenseite eines Deiches erbaut, zeigen sie das Ackerland in schnurgerade, schmale, zwischen Gräben eingeschlossene Beete geteilt und bekunden damit ihre unmittelbare Abhängigkeit von dem tiefgelegenen, durch mühsame Bauten zu entwässernden Marschboden. Ursprünglich auf diesen beschränkt, hat diese sog. flämische Hufe sich auch östlich der Elbe bis nach Schlesien und Böhmen in Gegenden verbreitet, wo das Land bereits kultiviert oder leicht kultivierbar war.

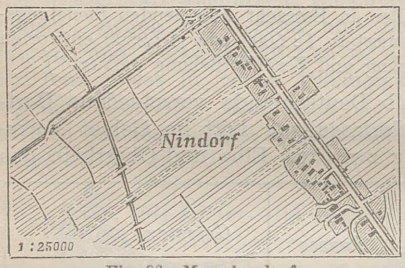


Fig. 96. Marschendorf.

Im ganzen bilden nördlich der Alpen die Dörfer durch die lockere Art der Verknüpfung der Wohnstätten einen ausgesprochenen Gegensatz gegen die geschlossene städtische Anbauweise, bei der Hauswand an Hauswand grenzt. In Südeuropa stumpft sich derselbe bei dem vorwiegenden Steinbau, der Höhe der massiven Häuser mehr ab. Hier macht die Mehrzahl der Dörfer den Eindruck kleiner Städte.

Zusammengesetzte Kleinsiedelungen finden sich auf dem platten Lande vor, wenn auch nicht in der Mannigfaltigkeit wie im Städtewesen. Den Kern bildet in solchen meist der Herrensitz, in dessen Nähe Schutz suchend oder in unmittelbare Dienste tretend sich Landbauer freiwillig ansiedelten oder häufiger absichtlich herbeigezogen

---

[15]) Die Abbildungen bieten eine Wiedergabe der Messtischblätter in etwas vereinfachter Form. — [16]) Diese Namen Reihendorf, Haufendorf etc. stammen schon von W. Jacobi, 1845 (Forsch. über das Agrarwesen d. Altenb. Osterlandes, Illustr. Ztg. 1845).

wurden. Vielfach sind die noch aus dem Mittelalter stammenden Herrensitze, die oft hoch über der ländlichen Niederlassung in Burgen thronten, in Trümmer gesunken; in anderen hat sich das alte Verhältnis erhalten. Im Flachland ist der ritterschaftliche Gutshof oder das Klostergut räumlich mit dem zugehörigen Dorf zu einem Wohnplatz verwachsen, aber in einzelnen Ländern — wie besonders in Preussen — führen beide noch kein gemeinschaftliches kommunales Leben (S. 865).

§ 351. Ortslage und Verkehrslage der Ansiedelungen[17]). Im vorhergehenden ist die Auswahl des Platzes für die Begründung eines Wohnortes schon mehrfach berührt. Fester Bau- und Wegegrund, Nähe trinkbaren Wassers, Schutz gegen Unbilden der Elemente besonders im Gebirge oder am Meeresstrand, Zugänglichkeit und leichte Erreichbarkeit der zugehörigen Ackerflur oder der Allmende — das alles sind Momente, denen sich auch bei der Mehrzahl ländlicher Ortschaften nachspüren lässt, um die Ortswahl im engsten Sinn zu ergründen. Die Eigentümlichkeiten dieser topographischen Lage eines Wohnplatzes, die man kürzer als Ortslage bezeichnen kann, treten in ihrer Mannigfaltigkeit noch deutlicher bei den Städten in die Erscheinung. Denn diese machen auch an die Ortslage grössere Ansprüche. Mit anderen Worten: in einer bestimmten Gegend, einem Tal, an einem Küstenstrich, einer Bucht eignen sich meist viele Einzelpunkte zu einer ländlichen Siedelung, während zu einer Stadt die Ortswahl bezw. die Auswahl aus schon bestehenden Ansiedelungen eng beschränkt ist.

Immer treten aber gewisse Anforderungen der Verkehrslage bei den Lebenszwecken städtischer Ansiedelungen hinzu, um sie länger zu erhalten. In jedem Stadium der Entwicklung bildet eine Stadt einen Mittel- oder Durchgangspunkt des menschlichen Verkehrs vermöge aller der Fäden materieller oder geistiger Natur, durch welche sich ein Teil der städtischen Bevölkerung mit den umgebenden oder ferner liegenden Ansiedelungen in Beziehung setzt. Dabei wird jeweilig zwischen dem Nahverkehr und Fernverkehr zu unterscheiden sein. Das Netz von Verkehrslinien, das sich allmählich über eine Landschaft und ein ganzes Land hinzieht und dieses mit dem der Nachbarländer und schliesslich dem Weltverkehr in Verbindung bringt, hat seine Knotenpunkte immer in menschlichen Ansiedelungen. Der Verkehr ist städtebildend. Dauernder Verbleib eines Wohnplatzes in einem Hauptpunkt des sich ständig verschiebenden Netzes ist also das, was wir eine günstige Lage für den Fernverkehr nennen. Damit ist eine gewisse Anwartschaft auf eine grössere Entwicklung der Niederlassung geboten.

---

[17]) J. G. Kohl geht in seinem Hauptwerk 1841 (s. Lit. Wegw. S. 752) wesentlich von der Verkehrslage aus. Vergl. Ratzel, Anthrop. II, Kap. 13, Die Lage der Städte und der Verkehr, sowie A. Hettner, Die Lage der menschlichen Ansiedelungen in Geogr. Zeitschr. I, 1895, 361—375, u. a. Hettner, Die wirtschaftl. Typen der Ansiedelungen, Ebenda VIII, 1902, 92—100.

§ 352. Typen von Städtelagen [18]). Viel massgebender als bei ländlichen Wohnplätzen ist für die Ortswahl und den ursprünglichen Grundplan der Städte das Zeitalter ihrer Gründung. Freilich ist es schwer, das hochbedeutsame Kulturelement der städtischen Ansiedelung verschiedener Kulturkreise unter gemeinsame Gesichtspunkte zu bringen. Im allgemeinen wiederholen sich aber in den Ländern, die gleichzeitig in eine neue Kulturbewegung gezogen werden, ähnliche Perioden der Stadtgründungen. Doch muss dem Vorurteil begegnet werden [19]), als würde eine jede Stadt bereits als solche geboren. Weitaus die Mehrzahl späterer Städte knüpft an bereits vorhandene Siedelungen an. Für die Mittelmeerländer spielen sich die Gründungen so ziemlich in dem bis in die römische Kaiserzeit reichenden Jahrtausend ab. Das Mittelalter kommt für Deutschland und Osteuropa vornehmlich in Betracht. Was irgend als europäisches Kolonialland bezeichnet werden kann, beginnt die Periode der Städtegründungen sogleich mit den Einwanderungen in die neuen Gebiete und ihrer allmählichen Vorwärtsbewegung nach dem Innern. Das Gründungsjahr überseeischer Städte ist ein wirkliches Merkmal für die europäische Kolonialgeschichte der Neuzeit wie einst für die phönizische oder griechische. Denn oft beschränkte man sich im Altertum auf Stadtkolonien. Erst die jüngste Zeit schafft dann noch eine neue und besonders zahlreiche Gattung städtischer Niederlassungen, die in Industriebezirken oder an Schnittpunkten des Verkehrs meist aus schon bestehenden Kleinsiedelungen rasch emporwachsen.

1. In den ältesten Zeiten der Stadtgründungen im Altertum und Mittelalter wird die Ortswahl in hervorragendem Masse durch das Bedürfnis gesicherter Lage (Schutzlage) bedingt [20]).

Einen natürlichen Schutz gegen feindliche Nachbarn gewährt einmal die Berglage des ganzen Ortes d. h. die Errichtung der Ansiedelung auf einem ein Tal oder eine Ebene überragenden steilen Hügel oder schwer zugänglichen Bergvorsprung. Einem ähnlichen Zwecke dient die Anschmiegung der Strassen und Häuser an eine Akropolis, einen Burgberg (Meissen, Nürnberg), von dem aus sich leicht Mauern um die Stadt ziehen lassen. Einladend aus gleichem Grunde ist die leicht künstlich zu verteidigende Lage in einer Flussgabel (Passau) oder einer Flussschlinge, welche die Stadt wie einen mächtigen Graben umzieht (Arnsberg, Besançon, Rothenburg a. d. Tauber). Ein Kapvorsprung, eine nahe Küsteninsel (Tyrus) ist im Altertum oft deshalb zur Stadtgründung gewählt.

Einer späteren Periode gehört im allgemeinen die Bevorzugung einer günstigen Verkehrslage an, wenn auch selbstverständlich dieser Gesichtspunkt sich oft direkt mit dem vorgenannten verbinden liess. War dies nicht der Fall, so rückte oft die Bergsiedelung bei zunehmender Entwicklung des Verkehrs in die vorliegende Ebene vor (Korinth). Der Fortschritt der Gesittung gestattet mehr und mehr die Aufgabe der Schutzlage.

---

[18]) K. Hassert, Die Städte geographisch betrachtet, Leipzig 1907. Treffliche Zusammenfassung, mit reichen Literaturangaben. — [19]) Dieser Ansicht huldigte besonders Kohl (a. a. O. 168 ff.). — [20]) G. Hirschfeld, Zur Typologie griech. Ansiedelungen im Altertum, Festschrift f. E. Curtius, Berlin 1884.

2. Jede Stadt übt nun durch den Gewerbebetrieb ihrer Insassen eine Anziehungskraft auf die ländliche Bevölkerung der Umgebung aus, die ihrerseits in jener die nächste Stätte für den Absatz ihrer landwirtschaftlichen Erzeugnisse erblickt. Der Umkreis solcher gegenseitigen Wirkung richtet sich etwa nach der Möglichkeit, die Stadt im Laufe des Tages bequem besuchen zu können. Dadurch ist er beschränkt, und Zeiten bescheidener Verkehrsmittel erfordern eine grössere Zahl solcher städtischen Mittelpunkte. Es ist früher auf die Entstehung der zahlreichen kleinen marktberechtigten Landstädte Deutschlands hingewiesen (S. 798), deren im altbesiedelten Westen viel zahlreichere als im Osten sind. Sie haben die wirtschaftliche Bestimmung, dem Nahverkehr zu dienen, und pflegen daher so ziemlich im Mittelpunkt ihrer ländlichen Trabanten zu liegen. Treten nicht besondere neue Hülfsquellen hinzu, so erhalten sie sich durch Jahrhunderte auf gleichem Stand.

Der Verkehrskreis, der sich um eine jede Stadt legt, gewinnt grössere Ausdehnung im Falle sie Sitz irgend einer politischen oder geistigen Macht wird. Es entwickelt sich eine periodische Wanderung aus weiterer Ferne, welcher Zustrom mittelbar auch ein Gedeihen und ein Wachstum der Stadtbevölkerung zur Folge hat. Diesem Umstande verdanken zahlreiche mittelalterliche Städte, die sich um eine kaiserliche Pfalz oder ein Kloster bildeten, ihre rasche Entwicklung, besonders wenn im letzten Falle Heiligtümer zu Wallfahrten anregten. Wie früher Bischofssitze sich emporhoben, so später fürstliche Residenzstädte, Sitze von Hochschulen. Der geographische Faktor der Ortslage tritt bei diesen Erscheinungen mehr willkürlicher Bevorzugung einer Niederlassung allerdings in den Hintergrund. Doch haben z. B. die städtegründenden deutschen Kaiser und Fürsten bei Auswahl ihrer Vergünstigungen vielfach die Verkehrslage der Ortschaften bewusstvoll berücksichtigt.

3. Natürliche Ruhepunkte des Durchgangsverkehrs sind sehr häufig durch städtische Niederlassungen bezeichnet, indem sich diese an bereits bestehende Verkehrswege anschlossen; Zeiten lebhafterer Bewegung auf denselben haben jene dann aus kleinen Anfängen emporwachsen lassen. Das zeigt sich in augenscheinlichster Weise bei den Endpunkten lebhaft besuchter Passlinien (S. 430), die über die Gebirge unmittelbar hinüberführen (Bozen und Innsbruck, Como und Chur, Bellinzona und Altdorf bezw. Luzern etc.). Im Flachlande sind es die Brückenstädte, die sich an wichtigen Uebergangsstellen der Verkehrswege über grössere Ströme entwickeln. Stätten an Furten mögen ihnen vielfach vorhergegangen sein (Frankfurt a. M., Köln, Magdeburg, Frankfurt a. O., Posen). Die genauere Betrachtung der Ortslage solcher Städte ergibt, dass festere, an den Fluss nah herantretende Uferbänke mit gutem Baugrund oft die Auswahl bedingten [21]). — Zur gleichen Gattung kann die Mehrzahl der

[21]) F. Hahn, Die Städte der norddeutschen Tiefebene, Forsch. z. D. Landes- u. Volkskunde I, 1885.

grösseren Seeplätze gerechnet werden. Es gibt keine grössere Unterbrechung des Personen- und Frachtverkehrs als die Notwendigkeit, ein Schiff zu besteigen oder zu beladen oder umgekehrt dasselbe mit den Mitteln des Landverkehrs zu vertauschen. Vor den Verkehrslagen im Binnenland haben die Seeplätze den Vorteil voraus, dass auf der Seeseite zahlreiche Verkehrslinien in einem solchen zusammenlaufen. Die mannigfachen natürlichen Vergünstigungen, welche die topographische Lage einzelnen Seehäfen gewährt, sind früher dargelegt (§ 188). Diejenigen Seestädte, die an Felsenküsten (Amalfi) oder Felsenvorsprüngen errichtet sind und daher nur den Verkehr von Hafen zu Hafen vermitteln können (Sinope a. d. Nordküste Kleinasiens im Gegensatz zu Trapezunt), haben niemals auf die Dauer die Bedeutung gewonnen, welche ein bequemer Zugang zum Binnenland andern gewährt, wie besonders die Flussmündungshäfen (S. 479). Die Entwicklung solcher spiegelt das wirtschaftliche Leben der Hinterländer wieder. Ihr Gedeihen steigt und fällt mit diesem, hängt aber anderseits mit der sich jeweilig verschiebenden Richtung des Welthandels zusammen.

4. Ebenso eng an bestimmte Stellen der Erdoberfläche gebunden ist die Lage der Wohnplätze, die sich die Ausnutzung von Bodenschätzen zum Ziel setzen. Indem sich die Bewohner vorzugsweise einer bestimmten Richtung gewerblicher Tätigkeit zuwenden, nehmen die Orte um die Fundstätten meist auch im Aeusseren wie in der Organisation städtischen Charakter an. Alt sind manche Quellenorte, welche dem Austritt mineralischer Gewässer ihr Emporkommen verdanken. Ihre Ausnutzung durch die leidende Menschheit hat sich freilich im allgemeinen erst im modernen Zeitalter des lebhaften Personenverkehrs zu entwickeln vermocht: zahlreiche Quellenorte sind zu blühenden Städten mit stark wechselndem Zufluss der Bevölkerung erwachsen. — Die Bergwerkstädte im engeren Sinn bilden ähnlich den Landstädten Mittelpunkte eines meist nicht grossen Bezirks, in dem sich eine zahlreiche bergbautreibende Bevölkerung über verschiedene Angriffspunkte (Gruben) der in der Tiefe liegenden wertvollen Mineralien in kleinen Ansiedelungen ausdehnt. Da der Bedarf an Arbeitskräften ein wechselnder zu sein pflegt, der Gewinn mit dem Wert und Ertrag des gewonnenen Produkts rasch steigt, so gehören viele jener Niederlassungen, namentlich in den Gold- und Diamantenfeldern, zu den am schnellsten emporschiessenden, um aber nach Erschöpfung der Adern und Gruben oft eben so rasch wieder zu veröden, ja ganz verlassen zu werden.

§ 353. Bodenständige und ortsständige Berufsarten. Gegenüber dem gleichmässigen Gepräge, welches die Siedelungen der Naturvölker, aber auch die grosse Masse ländlicher Wohnplätze innerhalb der Kulturstaaten in der Zusammensetzung ihrer Bewohnerschaft nach Beruf oder Beschäftigung zur Schau tragen, herrscht in den Städten eine grössere Mannigfaltigkeit vor. Je mehr nun auch in diesen eine Berufsklasse ausschlaggebend ist, um so eher wird es möglich sein, die Be-

deutung einer Siedelung oder auch eines ganzen Landstriches durch ein kurzes treffendes Wort zu kennzeichnen. Nähere Beziehungen zur natürlichen Ausstattung der Landschaft und Ortslage der Siedelungen ergeben besonders die bodenständigen und die ortsständigen Berufsarten.

Seit langem hat man Land- und Forstwirtschaft als die eigentlich bodenständigen[22]), den Menschen an die Scholle fesselnden Berufsarten bezeichnet. Hier breitet allerdings das Tagewerk die erwerbstätige Bevölkerung flächenhaft über die Umgebung des Wohnplatzes aus, dessen vegetativen Ertrag sie unmittelbar leitet oder in der Viehzucht mittelbar ausnutzt. Mit gleichem Recht gehören Jagd und Fischerei hierher, wenn auch bei letzterer die abzuerntende Wasserfläche nicht immer in nächster Nähe des Wohnortes sich findet. Nicht minder aber ist der Bergbau bodenständig[23]), nur dass in diesem Falle jenes flächenhafte Ausschwärmen der Arbeiter sich meist unterirdisch vollzieht. Dazu treten im Steinbruch, der Torfgräberei etc. Tagebauten. Vielfach zwingen diese Zweige der Rohproduktion jedoch vermöge der Schwere und Massenhaftigkeit ihrer Erzeugnisse zu einer unmittelbar in der Nähe der Fundstätten zu beginnenden Verarbeitung, haben daher auch eine ganze Reihe bodenständiger Industrien zum Gefolge, wie z. B. die Zuckerfabrikation in den Gegenden des Rübenbaues, die Zigarrenfabrikation in denen des Tabaksbaues oder das Hüttenwesen in den Bergwerksdistrikten.

Die ortsständige[24]) Bevölkerung ist dagegen in ihrem Erwerb mehr auf die geographische Lage des Wohnplatzes im Verhältnis zu seiner engeren oder weiteren Umgebung angewiesen. Am deutlichsten tritt dies bei den Knotenpunkten des Verkehrs, vor allem den Seeplätzen, zutage, wo der Handelsstand leitend den Warenaustausch zwischen beiden Gebieten zu vermitteln und die im Transportwesen tätige Bevölkerung ihn durchzuführen hat. Ortsständig sind viele Industriezweige wie besonders der Schiffsbau; alle diejenigen, welche Wasserkräfte ausnutzen wollen, sind streng an einzelne Punkte gekettet. Die Kraft der Wasserfälle beginnt man neuerdings immer mehr zu verwerten. Indessen auch der öffentliche Dienst stellt zahlreiche Elemente zu dieser ortsständigen Bevölkerung. Wir erinnern an die Zollstätten und die starken Garnisonen in den Grenzfestungen oder Kriegshäfen, den Beamtenstab in den Mittelpunkten der Landesverwaltung.

Diesen mehr oder weniger lokalisierten Berufsarten treten die übrigen als die allgemeiner verbreiteten gegenüber. Die Mannigfaltigkeit pflegt mit der Kulturhöhe und der Anhäufung der Bevölkerung in den Wohnplätzen zu wachsen. Unter diesen wird man immer

---

[22]) A. Hettner möchte den Ausdruck bodenständig durch „flächenständig" ersetzt wissen (Geogr. Zeitschr. VII, 1901, 505). — [23]) Chr. Sandler (Volkskarten, München 1899) nur Landbau als bodenständig anerkennend, schlägt für Bergbau etc. den Ausdruck „nahständig" vor. — [24]) Chr. Sandler (a. a. O.) beschränkt, sicher mit Unrecht, die ortsständige Bevölkerung auf die im Handel und Verkehr Beschäftigten.

noch Gruppen unterscheiden müssen, deren Auftreten als eine unmittelbare Folge jeder geordneten Organisation einer Wohngemeinschaft erscheinen. Nur die Kleinsiedelungen müssen sie entbehren.

Das einfachste Handwerk zweigt sich in dem des Maurers und Schmieds, des Schusters und Schneiders schon in kleinen Orten ab; Müller und Stellmacher, Lehrer, Pfarrer, Arzt treten in den grösseren hinzu. Herbergen und Verkehrsanstalten breiten ihr Netz immer enger über das platte Land aus. Kleinhandel, früher mehr durch Wander- und Hausierhandel und Jahrmärkte getrieben, findet in den grösseren Dorfschaften mehr und mehr ständige Vertreter.

§ 354. Vorwiegende Berufsart [25]). Nur die Spezialgeographie kann bis in diese feineren Unterscheidungen vordringen, zu denen überhaupt erst die neueste Zeit einige Mittel bietet. Eine Reihe von Kulturstaaten hat seit wenigen Jahrzehnten mit Aufnahmen der Bevölkerung nach den einzelnen Berufsarten begonnen. Diese Statistik gliedert nicht überall nach den gleichen Gruppen, ermöglicht aber doch interessante Vergleiche, die für jetzt noch die Stelle jener oben genannten Unterscheidungen ersetzen müssen. Sie dient vor allem dazu, den Begriff des „Vorwiegens dieser oder jener Berufsarten" in schärfere Grenzen einzuschliessen und danach die Siedelungen zu charakterisieren [26]).

Halten wir uns an die Gruppierung der deutschen Statistik, so kommen vor allem drei Gattungen materieller Berufszweige für uns in Betracht, die man kurzweg als Landwirtschaft, Industrie, sowie Handel und Verkehr zu bezeichnen pflegt. Die erstere schliesst Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei mit ein, welche letztere in den Binnenstaaten keine grosse Rolle spielt, für Länder jedoch wie Norwegen, wo 8 Prozent der Bevölkerung sich von derselben nähren, grosse Bedeutung hat. Die Industrie umfasst dabei die allgemein verbreiteten Handwerke, das Bauwesen, den Berg- und Hüttenbau. Unter der dritten Rubrik ist die immer zahlreicher werdende Bevölkerung, die im Verkehrswesen zu Wasser und zu Lande tätig ist, eingeschlossen.

In den Staaten europäischer Kultur [27]) entfallen heute etwa 85 — 90 Prozent der Bevölkerung auf jene drei (materiellen) Berufsarten. Als vierte Gruppe stellen wir diesen alle diejenigen gegenüber, die im öffentlichen Dienst, im Heerwesen, in allen „freien Berufsarten" (Wissenschaft und Kunst) tätig sind, als Rentner leben, häusliche Dienste ausüben oder sonst ohne eigenen Beruf sind. Mit dem Steigen der Kulturaufgaben, der Zunahme der bewaffneten Macht, dem wachsenden Wohlstand, der die Zahl der Rentner vermehrt und das Bedürfnis nach persönlichen Dienstleistungen steigert, wird begreiflicher Weise auch die gesamte vierte Gruppe nicht-materieller Berufsarten im Prozentsatz wachsen. — Die Entwicklung des Verkehrswesens in Verbindung mit der grösseren Beweglichkeit der Bevölkerung lässt auch den Handelsstand und die Zahl aller im Verkehr Tätigen immer

---

[25]) Vergl. A. Hettner, Die wirtschaftl. Typen der Ansiedelungen, Geogr. Zeitschr. VIII, 1902, 92—100. — [26]) H. Losch, Einige Bemerkungen über Wirtschaftsstatistik, Wirtschaftsgeographie u. kartogr. Darstellung (Geogr. Zeitschr. VII, 1901, 425—434. — [27]) Die berufliche und soziale Gliederung des Deutschen Volkes. Stat. d. Deutschen Reichs, N. F., Bd. 111, 1899, Abschn. 14: Vergleiche mit dem Auslande.

mehr zunehmen. Zur Zeit kann man innerhalb Europas und Nordamerikas (s. u.) etwa 10—11 Prozent auf diese Gruppe rechnen.

Aber die eigentliche Ursache des Umschwungs, den die zweite Hälfte des 19. Jahrhnnderts in die Verhältnisse der beruflichen Volksgliederung vieler Staaten gebracht hat, ist doch wesentlich das immer stärkere Anwachsen der industriellen Bevölkerung auf Kosten der landwirtschaftlichen. Einst allgemein weit überwiegend wie noch heute in Asien, Afrika, dem romanischen Südamerika etc. hielt die ackerbautreibende Bevölkerung in den neunziger Jahren in Mitteleuropa (Deutschland, Schweiz, Niederlande) mit ca. 35 Prozent der Gesamtzahl der vom Gewerbe lebenden Bevölkerung schon nicht mehr die Wage. In den reinen Industriestaaten wie Belgien (21 : 42 %) und namentlich Grossbritannien (ohne Irland 11 : 57 %) überwog die gewerbliche Bevölkerung vollkommen. Auch in Irland, Frankreich und den Vereinigten Staaten beschäftigte der Ackerbau nicht mehr die Hälfte der Bewohner, während dies in Süd- und Osteuropa, einschliesslich Oesterreich-Ungarns, in Skandinavien, sowie Britisch-Indien noch der Fall ist. Seitdem haben sich die Verhältnisse zum Nachteil der Landbau treibenden Bevölkerung noch erheblich verschlechtert.

Die Verschiedenheit der offiziellen Berufsgliederung in den einzelnen Staaten erschwert den direkten Vergleich. Namentlich gelingt es nicht, die Lohnarbeiter auf die übrigen Berufsgattungen zu verteilen. Immerhin gibt die folgende Tabelle ein entsprechendes Bild. Es sind bei der Zusammenstellung, die sich auf rund 570 Mill. Menschen und die Jahre 1888—95 etwa bezieht, nicht, wie meist geschieht, nur die Erwerbstätigen, sondern soweit möglich diese letzteren mit samt ihren Angehörigen und ihrem Gesinde, kurz die Gesamtheit der von den einzelnen Erwerbsgattungen unterhaltenen Bevölkerung in Betracht gezogen (in Prozenten [28]).

[28]) Die neuesten Zählungsergebnisse lassen fast durcnweg einen weiteren Uebergang der landwirtschaftlichen Bevölkerung zur industriellen erkennen. In der folgenden Tabelle sind, wie betont werden muss, nur die Erwerbstätigen in Berücksichtigung gezogen (vergl. Statist. Jahrbuch d. Deutschen Reiches 1912, 14*) (in Prozenten):

	Landbau etc.	Industrie	Handel u. Verkehr	Uebrige Berufe
Grossbritannien (ohne Irland, 1901)	9,2	48,3	22,8	19,7
Belgien (1900)	21,1	41,6	11,7	[25,6]
Niederlande (1899)	30,7	33,7	17,2	18,4
Schweiz (1900)	30,9	44,9	13,0	11,2
Deutsches Reich (1907)	35,2	40,0	12,4	12,4
Vereinigte Staaten (1900)	35,9	24,1	16,3	23,7
Norwegen (1900)	41,0	27,7	14,0	17,3
Frankreich (1906)	42,7	31,7	14,3	11,3
Irland (1901)	44,7	25,2	8,1	22,0
Dänemark (1901)	48,2	25,2	11,8	14,8
Schweden (1900)	49,8	20,9	7,5	21,8
Russland (1897)	58,3	17,9	7,1	16,7
Italien (1901)	59,4	24,5	7,4	18,7
Oesterreich (1900)	60,9	23,3	5,4	10,4
Ungarn (1900)	69,7	13,6	4,2	12,5

Bei Frankreich ist das Transportgewerbe, das sonst zum Handel und Verkehr gehört, der Industrie zugerechnet; in Oesterreich-Ungarn ist Schank- und Gastwirtschaft ebenso zur Industrie gestellt.

	Landbau etc.	Industrie	Handel u. Verkehr	Uebrige Berufe
Reine Industrieländer:				
Grossbritannien (o. Irland 1891)	11	57	11	21
Belgien (1890)	22	38	11	[29]
Im Uebergang begriffen:				
Deutsches Reich (1895) . . .	36	39	11	14
Niederlande (1889) . . .	33	32	16	19
Schweiz (1888)	39	37	12	13
Noch vorwiegend Ackerbauländer:				
Vereinigte Staaten (1890) . .	38	26	15	21
Irland (1891)	44	31	5	20
Frankreich (1890)	46	25	14	15
Ackerbauländer:				
Oesterreich (1890)	56	26	9	9
Italien (1881)	57	28	4	11
Skandinavien (1889/90) . . .	58	24	11	7
Britisch-Indien (1901) [29]) . . .	67	16	3	15
Ungarn (1890)	76	13	4	7

§ 355. Berufsgliederung in Stadt und Land. Da die Landbevölkerung dem Landbau in erster Linie die Existenzmittel verdankt, überwiegt begreiflicher Weise in den meisten ländlichen Wohnplätzen die ackerbautreibende Bevölkerung ganz bedeutend, setzt sie aber nicht ausschliesslich zusammen. In den eigentlichen Kleinsiedelungen mag der Prozentsatz allerdings auf 95—100 steigen, in den Dörfern „reiner Ackerbaudistrikte" erreicht er oft auch noch 85—90 Prozent. 70—80 Prozent sind also schon ein typisches Verhältnis für Landstriche mit vorwiegendem Landbau.

Man würde diese Verhältnisse genauer übersehen, wenn das statistische Material hinsichtlich der Beschäftigung der Bewohner für die Einzelgemeinde veröffentlicht würde. Man muss daher aus den Mitteilungen über die kleinen Verwaltungsbezirke (S. 832) auf die Verhältnisse in den Ortschaften schliessen. Gibt es deren viele im östlichen und nordwestlichen Deutschland, auch in Südbayern, wo in solchen 600 qkm—800 qkm grossen „Heimatsbezirken" (S. 833) die landwirtschaftliche Bevölkerung mit mehr als 60 Prozent vertreten ist, so geht man nicht fehl, den kleinen Gemeinden in diesen eine solche von 70 Prozent und mehr zuzuschreiben [30]).

Oertlich vermindert sich jener Prozentsatz alsbald bei den Dorfschaften im nahen Umkreis betriebsamer Städte, weil ein beträchtlicher Teil der Arbeiterbevölkerung dieser letzteren den billigeren Wohnsitz auf dem Lande vorzieht. Noch mehr sinkt er herab in solchen Landstrichen, in denen die Hausindustrie sich eingenistet hat wie die Zigarrenfabrikation in der Rheinebene um Mannheim, die Weberei, Strohflechterei etc. in manchen Gebirgstälern etc.

---

[29]) Census of India 1901. General Report by H. H. Risley and E. A. Gait, I, Calcutta 1903, 221 ff. — [30]) Es ist ein Verdienst des K. Württemberg. Statistischen Landesamtes, die deutsche Aufnahme der Berufsstatistik von 1895 auch für die einzelnen Gemeinden veröffentlicht zu haben: Grundlagen der Württemberg. Gemeindestatistik, Stuttg. 1898 (Erg.-Bd. II zu den Württemberg. Jahrbüchern f. Statistik u. Landeskunde).

Was nun die Städte betrifft, so mangelt es nicht weniger an ausreichenden Einzelangaben, um sie in markanter Weise nach den in ihnen vorwiegenden Berufsarten zu klassifizieren [31]). Geht man aber von den Durchschnittssätzen aus, welche für die gesamte städtische Bevölkerung festgestellt sind, so gewinnt man für das, was nach ihrer Zusammensetzung eine Industrie-, Handels-, Beamtenstadt genannt werden kann, einen Massstab auch in betreff von Abweichungen, die minder in die Augen springen.

In den Städten des Deutschen Reiches gehörten 1907 schon 54 Prozent der Bevölkerung der Industrie an. Danach erwiesen sich Orte wie Barmen (69), Bochum (71), Solingen (72), Linden b. Hannover (75), Gelsenkirchen (77 Prozent) etc. mit $^2/_3$ bis $^3/_4$ industrieller Bewohnerschaft als reine Industriestädte. — Handel und Verkehr war damals in den deutschen Städten im Durchschnitt mit 19 Prozent vertreten. Demgegenüber stieg diese Zahl bei den Seeplätzen Lübeck, Bremen, Altona je auf 33 Prozent, bei Hamburg auf 42 Prozent, während auch einige grosse Binnenstädte wie Breslau (25), Leipzig (29), Frankfurt a. M. (33) sich in diesem Punkte stark aus den übrigen abhoben. — Des weitern rechnete man im Mittel 8 Prozent der städtischen Bevölkerung auf den öffentlichen Dienst mit Einschluss der freien Berufsarten. In den kleineren Universitätsstädten wie Göttingen und Erlangen erhob sich der Prozentsatz auf 16—19, in Beamtenstädten wie Trier, Potsdam, auf 20—25 Prozent und erreichte in den Festungen mit starken Besatzungen wie Neu-Ulm oder Metz mit 28 Prozent das Maximum.

§ 356. Die Grössenklassen der Wohnplätze. Es ist klar, dass auch die eben berührte Gruppierung etwas Einseitiges hat und die wirtschaftliche oder allgemeine Bedeutung einer Stadt nicht immer nach einem einzelnen Teil der Bewohnerschaft gekennzeichnet werden kann.

Obwohl Berlin 1907 nicht weniger als 147000 Angehörige des öffentlichen Dienstes, Potsdam nur 15200 hatte, traten jene gegenüber einer industriellen Bevölkerung von 1060000 Seelen, die Berlin zu einer der grössten Industriestädte der Welt stempelt, doch numerisch in den Hintergrund. In Berlin gehören nur 21 Prozent, in Potsdam 44 Prozent den Berufsklassen an, die wir die nichtmateriellen nannten.

Die Schwierigkeit vor allem, zwischen städtischen und ländlichen Wohnplätzen eine das Wesen treffende Grenze zu ziehen, ist heute, wo sich die Unterschiede durch das Eindringen der Industrie in viele Dorfschaften und durch das Herabsinken von kleinen Wohnplätzen mit Stadtrechten zu reinen Dörfern mehr und mehr verwischen, grösser als früher. Die neue Statistik trägt dieser Entwicklung Rechnung, indem sie eine einfache Stufenfolge auf Grund der Gesamtbevölkerung aufstellt und

die Gemeinden unter 2000 Seelen ländliche Wohnplätze,
„ „ von 2000—5000 Landstädte,

---

[31]) Die Deutsche Statistik teilt Einzelangaben nur für die Grossstädte, die kreiseximierten Städte Preussens und die unmittelbaren Städte Bayerns, die vielfach nur Landstädte sind, mit. Es kommt dabei besonders die „Berechnung der prozentualen beruflichen Gliederung“ für 1895 in Bd. 111, 1899, 342—382 in Betracht, die dort für alle ca. 850 kleineren Verwaltungsbezirke mitgeteilt wird. Für die Berufszählung v. 12. Juni 1907 sind die zusammenfassenden Darstellungen der Ergebnisse bis Ende 1912 noch nicht veröffentlicht. Bd. 209, 1910, enthält die absoluten Zahlen für die kleineren Verwaltungsbezirke.

die Gemeinden von 5000—20000 Kleinstädte,
„ „ von 20000—100000 Mittelstädte,
„ „ von mehr als 100000 Grossstädte

benennt. Man muss diese Schwellwerte als Versuche ansehen, die Mannigfaltigkeit der Verhältnisse zu erfassen, ähnlich wie man, um einen ersten Anhaltspunkt zu gewinnen, das Tiefland nach oben bei einer Höhe von 200 Meter endigen lässt (S. 379).

Im allgemeinen zeigt sich, dass trotz der unaufhaltsamen Bewegung, mit der die Landbevölkerung sich in die Städte drängt, die kleinen Wohnplätze (nicht Gemeinden) bis 2000 Einw. in der Mehrzahl der Kulturländer noch immer mehr als die Hälfte der Bewohner umfassen, so z. B. im Deutschen Reiche (1895) noch 55 Prozent [32]), in Italien (1881) 57, in Frankreich 62, in Britisch-Indien (1891) sogar noch 77 Prozent.

In Deutschland machten 1895 nur Sachsen (35 Prozent) und die rheinischen Industriebezirke eine Ausnahme. Dabei herrschen die kleinen Siedelungen in den meisten Ackerbauländern noch durchaus vor. Von den 76400 Gemeinden des Deutschen Reiches enthielten 55600 weniger als 500 Seelen, doch wohnten in diesen (1905) nur 18,4 % der Gesamtbevölkerung. In Italien entfielen 1881 ganz abgesehen von der in Einzelsiedelungen zerstreuten Bevölkerung auf die Wohnplätze unter 500 Einwohnern fast 70 % aller Centri [33]); in Britisch-Indien zählte man 1891 mehr als 566000 Dörfer von weniger als 500 Seelen unter einer Gesamtheit von 714000 [34]). Dort wohnten damals etwa 104 Millionen Menschen oder 36 % in diesen kleinen Wohnplätzen.

Was man statistisch Landstädte nennt, beherbergt immer noch einen beträchtlichen Teil ackerbauender Bevölkerung; durchschnittlich ist $^1/_4$ der Bewohner deutscher Landstädte noch in Land- und Forstwirtschaft tätig. In den Industriebezirken treten Land- und Kleinstädte massenhaft in nächster Nähe zueinander auf. Unter den Mittelstädten wird man gut tun, noch „kleinere" und „grössere" zu unterscheiden, ohne fest abzugrenzen, weil die Hülfsmittel, über die eine an die untere oder obere Grenze reichende Stadt verfügt, derselben doch schon ein sehr verschiedenes Gepräge geben können. Das allgemeine Wachstum der Städte auf der Erde bedingt, dass jede Grössenklasse in ihrer relativen Bedeutung allmählich herabgedrückt wird und heute die Zahl von 100000 Einwohnern für den Begriff der Grossstadt eigentlich bereits zu niedrig ist (§ 365).

§ 357. Das Wachstum der Städte [35]). Im allgemeinen haben in den Kulturländern lange Perioden des Stillstands oder des allmählichen Rückgangs der Städte mit kürzeren des Wachstums gewechselt. Man

---

[32]) Vierteljahrb. z. Statist. d. D. Reichs 1897, II, 165. Die „Gemeinden" von weniger als 2000 Seelen enthielten damals nur 50,1 % der Gesamtbevölkerung. Für 1905 sind die den Wohnplätzen entsprechenden Bevölkerungssummen nicht veröffentlicht. — [33]) Censimento della populazione del Regno d'Italia 1881. Relaz. generale Roma 1885, 85. — [34]) Census of India 1891, General-Report. 1903, 49. — [35]) A. Hansen, Die drei Bevölkerungsstufen; ein Versuch, die Ursachen für das Blühen und Altern der Völker nachzuweisen, München 1889. Die Grundidee ist, dass der Bauernstand allein den führenden Mittelstand der Städte dauernd auf der Höhe halten könne und der städtische Arbeiterstand sich überall bilde, wo das Handwerk zum Grossbetrieb übergehe. K. Hassert, Die Städte geogr. betrachtet, Leipzig 1907, 71.

kann im europäischen Kulturkreis drei Zeiten lebhafterer innerer Wanderung — worunter man den Wechsel des Wohnsitzes der einzelnen Staatsbürger innerhalb der Grenzen des Landes versteht — unterscheiden[36]). Sie spiegeln sich in einem Hindrängen der Landbevölkerung nach den Städten und damit im Wachstum der letzteren wieder. Die Verschiebungen sind Zeichen grosser wirtschaftlicher Umwälzungen, deren letzte sich unter unsern Augen vollzieht. Die eine Periode gehört dem Altertum an, beginnt im Orient zur Zeit der Diadochen und wiederholt sich während der Kaiserzeit in räumlich fast über das ganze Römische Reich ausgebreitetem Masse. Doch wachsen hier im Grunde nur die an sich schon grösseren und bedeutenderen Bevölkerungsmittelpunkte, die Provinzialhauptstädte, die Grossstädte unter ihnen, vor allem Rom selbst[37]). Der Zuzug erfolgt jedoch hauptsächlich nur von seiten der durch das Grosskapital landlos gewordenen römischen Bürger mit dem zahlreichen Sklavengefolge, die mühelos die Vorzüge der Grossstadt geniessen wollen. — Dann folgt das Jahrtausend des allgemeinen Niedergangs in den Zeiten der äusseren Wanderungen der Völker mit allem, was diese Ereignisse zur Folge haben. Erst im 14. und 15. Jahrh. beginnt eine neue Periode des Aufschwungs in Mitteleuropa; in Italien schon früher. Diesmal nehmen die noch durchweg ummauerten Städte zahlreiche Zuwanderer auf, welche das gewerbliche Leben in Blüte bringen; aber nicht in unbegrenzter Zahl, sondern nur solange das enge Weichbild der Stadt Platz bietet und das Gewerbe sich ohne Grossverkehr ernährt.

Die Mehrzahl auch der bedeutenderen Städte des Mittelalters haben wir uns nach unserem heutigen Massstab selbst in der Blütezeit nur wenig volkreich zu denken und ihre Bewohner nach Ständen und Berufsarten in ziemlich gleichartiger Zusammensetzung. Grossstädte kennt das Mittelalter in grösserer Zahl nicht.

So soll Nürnberg i. J. 1449, also zur Zeit hoher Blüte nur 20000 Einw. gehabt haben, Frankfurt a. M. 1387 nicht 10000[38]), Prag im 14. Jahrh. 30000, Köln 50—60000, Lübeck 70—80000 Einw. (?)[39]); als grösste englische Städte galten am Ende des 14. Jahr. (1377) London mit 35000 Einw., York mit 11000 Einw., Bristol mit 9500 Einw.[40]).

Dann tritt ein Rückgang in der weiteren Entwicklung der Städte ein. Er vollzieht sich in den verschiedenen Ländern allerdings nicht gleichmässig und auch nicht gleichzeitig, aber das Ergebnis ist schliesslich dasselbe. Ein neues Wachstum der Städte beginnt zuerst wieder in Westeuropa, namentlich England, und zwar schon im 18. Jahrhundert.

---

[36]) K. Bücher, Die Entstehung d. Volkswirtschaft, Tüb. 1898, IX: Die inneren Wanderungen u. d. Städtewesen in ihrer entwickelungsgeschichtlichen Bedeutung. — [37]) R. Pöhlmann, Die Uebervölkerung der antiken Grossstädte, Leipzig 1884. Bestimmte Schätzungen werden von P. nicht gemacht, s. darüber Beloch (Anm. 39). — [38]) K. Bücher, Die Bevölkerung von Frankfurt a. M. im XIV. u. XV. Jahrh. Tüb. 1886, 35 u. 36; I. Jastrow, Volkszahl deutscher Städte am Ende des Mittelalters, Berlin 1886. — [39]) J. Beloch, Antike u. moderne Grossstädte in Zeitschr. für Sozialwiss. I, 1897, 413 ff., 500. — [40]) G. G. Chisholm, On the distribution of Towns and Villages in England. (The Geogr. Journal X, 1897, 524 ff.)

Es nimmt seit den grossen Erfindungen immer schneller zu, während der freie Bauernstand mehr und mehr verschwindet. Der Grundbesitz geht allmählich in die Hände von wenigen Tausenden über. Im Jahre 1811 betrug die ländliche Bevölkerung Grossbritanniens (ohne Irland) noch 35 Prozent, im Jahre 1901 dagegen nur noch 9 Prozent (S. 877). In Deutschland, wo infolge des 30jährigen Krieges alles darnieder lag, fanden zum Glück die Bauern Kraft und Ausdauer, die verödeten Felder wieder anzubauen, die Lücken in den Ansiedelungen von neuem aufzufüllen. Erst im 19. Jahrhundert greift auch hier die Bewegung um sich. Die Landbevölkerung, bisher rechtlich an die Scholle gebunden, wird beweglicher, die Freizügigkeit wird eingeführt. Die Auswanderung über See kommt in Fluss, aber weit mächtiger ist fast im gesamten Europa die innere Wanderung, vor allem der Zuzug in die Städte. Hierhin lockt die lohnende Arbeit in der sich rasch entwickelnden Industrie; durch die Verkehrsmittel unterstützt, ziehen die Mittelpunkte immer weitere Kreise um sich, aus denen die Zuwanderung erfolgt. So verwandeln sich zahlreiche Kleinstädte in Mittelstädte, Mittelstädte in Grossstädte, Grossstädte in Riesenstädte, die ihre Bewohner nach Millionen zählen.

Im Deutschen Reiche[41]) ist die Gesamtbevölkerung der Landgemeinden von weniger als 2000 Seelen von $26{,}_2$ Mill. Seelen i. J. 1871 auf $25{,}_5$ i. J. 1905 herabgesunken, während die städtische Bevölkerung in der gleichen Zeit von $14{,}_8$ auf $34{,}_8$ Mill. gestiegen ist. (Nicht dass die Einwohner der kleineren Wohnplätze sich nicht auch durch den Ueberschuss der Geburten vermehrt hätten, aber diese haben den Zuwachs an die Städte abgegeben, ausserdem sind gegen 800 Orte aus der Reihe der ländlichen in die der städtischen — im statistischen Sinne — hinaufgerückt, weil ihre Einwohnerzahl die Ziffer von 2000 Seelen inzwischen überschritten hat.) Gegenüber den wenigen Dutzend Grossstädten, die es auf der Erde zu Anfang des 19. Jahrhunderts gab, zählt man heute mehr als 360 (§ 365).

Dies enorm rasche Wachstum, vor allem der grösseren Städte, lässt jedes Ergebnis eines Zählungsjahres rasch hinter sich. Daraus ergibt sich die Ungereimtheit, in Hand- und Lehrbüchern Einwohnerzahlen von Städten bis auf die Einer mitzuteilen, statt nach oben abzurunden und stets das Zählungsjahr beizufügen.

§ 358. Die Physiognomie und das Weichbild der Städte[42]). Das Wachstum bedingt nicht überall die gleiche Aenderung der gesamten Physiognomie der Städte. Es gibt sich zunächst in einer Verdichtung der Bevölkerung im Innern kund. Der Grund und Boden wird je näher dem geschäftlichen Zentrum der Stadt um so teurer. Das zwingt zu grösserer Ausnutzung des Raumes. Man baut mehr in die Höhe als in die Weite. Bald aber drängt man nach räumlicher Ausdehnung der Baufläche, es schieben sich Ausbauten vor die Tore bis über die Gemarkung der Stadt hinaus. Daneben erfordert der gesteigerte Ver-

---

[41]) Vierteljahrshefte z. Statistik d. D. Reiches 1907, IV, 70. — [42]) Ratzel, Anthropogeogr. II, 442 ff.; O. Schlüter, Bemerkungen z. Siedelungsgeographie (Geogr. Zeitschr. V, 1899, 65—84); J. Fritz, Deutsche Stadtanlagen, Programm, Strassburg i. E. 1894; O. Schlüter, Ueber den Grundriss der Städte (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., Berlin XXXIV, 1900, 446—462) K. Hassert, Die Städte 1907, 93—123: das Stadtbild.

kehr Verbreiterung der Strassen, Beseitigung der Verkehrs-Hindernisse zwischen der alten Stadt in ihrem einst ummauerten und umwallten Rahmen und den rasch wachsenden Vorstädten. Immer mehr vollzieht sich dann auch eine Teilung der Stadt in Stadtviertel verschiedener Bauart je nach Erwerbszweigen und Besitzverhältnissen der Insassen. Hier das gedrängte Arbeiterviertel mit den Stätten des gewerblichen Grossbetriebs, mehr nach der Aussenseite der Stadt verlegt, dort der Sitz des Grossverkehrs, wie vor allem bei den Seestädten längs des Hafens. In einem dritten Stadium des Aufblühens drängt die wohlhabendere Bürgerschaft hinaus in die luftiger und weitläufiger bebauten Umgebungen. Villenvorstädte, in denen jedes Haus noch vom Garten umgeben ist, breiten sich meist nach bestimmten Himmelsrichtungen aus, die örtlich wechseln; man strebt dorthin, wo die Gegend lieblicher oder nach den Windverhältnissen die Luft reiner ist.

Das Weichbild. Es ist charakteristisch, dass man anders als bei politischen Räumen die Grösse der Wohnplätze, speziell der Städte, nur nach der Zahl der Einwohner, nicht nach der Bodenfläche, auf der sie sich mit Wohn- und Arbeitsstätten, Strassen und Plätzen ausgebreitet haben, bestimmt. Letzteres ist freilich bei der wachsenden Ausdehnung städtischer Vororte heute schwieriger als in den Zeiten, wo alle Städte fest ummauert und nur von wenigen Abbauten umgeben waren. Paris mit seiner modernen Umwallung, die eine Fläche von 78 ^{qkm} einschliesst[43]), macht nur scheinbar eine Ausnahme, da rings vor den Toren mindestens 16 Aussengemeinden von zusammen $^1/_3$ Mill. Seelen sich anschliessen[44]). Wenn unter dem geographischen Weichbild einer Stadt die Fläche verstanden werden kann, die von einer sich durch alle vorgeschobenen Wohnstätten hindurchschlingenden Linie umgrenzt wird (Weichbildgrenze), so kennen wir die Grösse kaum von irgend einer heutigen Stadt genauer.

Der amtliche Begriff der Stadtgemarkung oder des Stadtkreises geht in vielen Staaten wie z. B. in Preussen meist weit über den jenes Weichbildes hinaus, zumal wenn man die den Vorortsgemeinden zugehörigen Flächen, von denen, je weiter sie nach aussen liegen, nur ein kleiner Teil städtisch angebaut sein wird, einrechnen will[45]). So gehört zu Berlin ein Areal von 63 ^{qkm}, aber mit den zum alten Polizeibezirk gehörigen Vororten ein solches von 152 ^{qkm}[46]), während das geographische Weichbild von Grossberlin in obigem Sinn wohl nicht über 110 ^{qkm} hat. London im inneren Ring mit seinen $4^1/_2$ Mill. Einw. (1911) ist 303 ^{qkm} gross; der Polizeibezirk Grosslondon (Aussen-Ring) umfasst dagegen 1787 ^{qkm}[47]) und enthält weite Flächen voll ländlicher Ansiedelungen. Um sich ein Bild solcher Grössen zu machen, empfiehlt es sich, den Umriss der zu vergleichenden Städte auf eine Karte des heimatlichen Wohnsitzes in gleichem Massstab zu übertragen.

Wohndichte. Vorsicht ist geboten bei numerischen Vergleichen der Dichte städtischen Anbaus aus der Zahl der Bewohner, die auf einem Hektar des Weichbildes wohnen, da die Bauart der Häuser dabei eine grosse Rolle spielt.

---

[43]) Art. Paris, in Joannes Dict. de la France, 1899. — [44]) Bevölkerung der Erde X, 1899, 41. — [45]) Die Summierung der bebauten Grundstücke, Strassen und Häuser (O. Schlüter a. a. O.) gibt kein richtiges Vergleichsobjekt. — [46]) Statist. Jahrbuch d. Stadt Berlin, 22. Jahrg. 1897, 10 u. 143. — [47]) Bevölkerung d. Erde IX, 42.

In letzterem Punkt sprechen geographische Gründe der Ortslage selten mit. Die Sitte bestimmt diese Wohndichte weit mehr. In England und Nordwestdeutschland, wo die einzelne Familie möglichst ein Haus zu bewohnen sucht, ist die Wohndichte gering gegenüber den Städten, in denen manche Gebäude ihre Bewohner nach Hunderten zählen. In London, der Riesenstadt, wohnen, ebenso wie in Bremen nur 8 Menschen in einer Behausung, in Paris 35, in Berlin und Wien 60. Hiernach können wir uns von der Enge der Bebauung der Innenviertel orientalischer Städte eine Vorstellung machen. In der City von Benares[48]) entfielen 1891 nicht weniger als 250 Einw., in Cawnpur 450 auf 1 ha, also mehr als in Berlin (326 = 2071000 : 6340 ha), obwohl dort nur 7—8, hier aber 60 Menschen in einem Hause wohnen[49]).

§ 359. Die Wohnplätze auf der Karte. Die Art und Weise, wie wir durch Ortszeichen und Namen die menschlichen Wohnorte heute allgemein auf den Karten andeuten, hat eine nicht uninteressante Geschichte.

Die Ortszeichen. Im ganzen Mittelalter werden auf den Welt- und Landkarten die Städte und andere Wohnorte durch bunte Vignetten oder Profilskizzen, die einen breiten Raum einnehmen, ausgezeichnet, und zwar in mannigfacher Abstufung. Die bekannte Peutingersche Tafel, die Kopie einer im 4. Jahrh. n. Chr. entstandenen Itinerarkarte, ist das erste (erhaltene) Beispiel dieser Art. Die Namen sind in beliebiger Stellung den Bildern, von denen die meisten einen schematischen Charakter haben, beigefügt. Eine Ortslage ist daraus nicht zu entnehmen. — Einen vollen Gegensatz bilden (seit dem 13. Jahrh.) die Seekarten der Italiener (S. 8), die allein die Küstenstriche mit zahlreichen Ortsnamen ohne jedes Ortszeichen bedeckten, aber diese streng dort, wo der Hafen zu suchen, senkrecht zur Küste ins Land hineinschrieben, sodass man beim Lesen die Karte stets wenden muss. Nur wo diese Karten zur Weltkarte anwachsen, zeigen sie im Innern der Länder ähnliche Bilder, wie oben geschildert. — Für die genauen Positionsbestimmungen eines Ptolemaeus bedurfte es aber deutlicher, die Ortslage fixierender Ortszeichen. Daher sehen wir den uns geläufigen kleinen Kreis als solches zuerst in den Ptolemaeusausgaben des 15. Jahrh. auftreten, wo alle Orte gleiches Symbol tragen. — Die deutschen Kartographen Mercator, Ortelius, Ph. Apian etc. im 16. Jahrh. haben beide überlieferte Weisen vereinigt, scheinbar die Türmchen, Häuser und Städtebilder des Mittelalters in verkleinertem Masse beibehaltend, in Wahrheit, was vielfach übersehen wird, solche dem ptolemaeischen Ortszeichen beifügend, für die kleinsten Wohnplätze jedoch den nackten Kreis benutzend. Diese Form hat sich im allgemeinen bis Ende des 18. Jahrh. auf den Karten erhalten, auch die grosse Cassinische topographische Karte von Frankreich (S. 10) hat sie noch. Doch beginnt allmählich, zuerst für die grösseren Wohnplätze, der schematisierte Stadtgrundriss sich einzubürgern; die perspektivischen Bilder verschwinden. Die topographischen Karten gingen damals zur Durchführung der Grundrisszeichnung über.

Die Namenschrift. Eine Abstufung der Ortszeichen nach dem Charakter der Orte, ob Hauptstadt, Stadt, Marktflecken, Dorf etc., war schon immer auf den Uebersichtskarten üblich. Aber einer Beziehung auf die Einwohnerzahl begegnen

---

[48]) Census of India 1891, XVI, The Northwest Provinces by D. C. Baillie, Allahabad 1894, X, 97. — [49]) Nach der von Ratzel (Anthropogeogr. II, 447) anstandslos übernommenen, aber widersinnigen Angabe Polaks (Mitt. Geogr. Ges., Wien 1877, 224), wonach Teheran vor der neuen Stadterweiterung bei 100000 Einw. ein Weichbild von 83750 Quadratmetern (= $8^1/_3$ ha) gehabt haben sollte, würden dort 12000 Menschen auf 1 ha leben (!). Der von Ratzel selbst wiedergegebene Plan zeigt, dass die Stadt ca. 4 qkm umfasste, also nur 250 Einw. auf 1 ha wohnten.

wir erst in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts, eben weil erst in dieser Zeit Zahlen für die kleineren Orte bekannt wurden. Je zugänglicher das statistische Material ward, um so strenger begannen Hand- und Wandkarten eine Klassifikation der Wohnorte auf der Karte rein mechanisch nach der Volkszahl durchzuführen. Das hat einen Nachteil gehabt. Indem den Kartographen die Orte von gleicher Bevölkerungszahl gleichwertig erschienen, wurde das Kartenbild an vielen Stellen bis zur Unleserlichkeit überfüllt, weil sozusagen jeder Ort von gleicher Einwohnerzahl die nämliche Berechtigung der Aufnahme beanspruchen durfte.

Diese Ueberfüllung ist freilich weniger durch die Symbole der Ortszeichen selbst, auf deren Unterscheidbarkeit man keinen grossen Wert zu legen braucht, da sie zu wenig in die Augen springen, als durch die Ortsnamenschrift bedingt. Die neuere Kartographie verwendet mit Recht auf eine richtige Abstufung der Schriftgattungen die grösste Sorgfalt. Die Schrift und nicht das Ortszeichen soll heute zum Auge sprechen [50]). Aus ihr soll die relative Bedeutung eines Ortes im Verhältnis zu seiner Umgebung möglichst mit einem Blick erkannt werden [51]).

Erst in neuester Zeit beginnt man, wenn auch keineswegs schon allgemein, zu erkennen, dass es verfehlt ist, auf den Karten die Orte ausschliesslich nach der Volkszahl zu klassifizieren. Sie darf als Schwellwert nur die allgemeine Richtschnur geben. Es muss der fragliche Ort vor allem mit seiner engeren oder weiteren Umgebung in Beziehung gesetzt, nach derselben einigermassen abgewogen werden. Ein Ort von dem Range einer Land- oder Kleinstadt im statistischen Sinn gewinnt in einer dichtbevölkerten Gegend mit relativ kleinen Siedelungen eine ungleich grössere Bedeutung als in Gesellschaft zahlreicher, gleich grosser Wohnplätze [52]). In neueren Atlanten findet man daher die Legende, welche die Klassifikation der aufgenommenen Orte nach Bewohnerzahl andeutet, seltener.

Auswahl der Wohnplätze. Jedes gesellig auftretende kartographische Element wie Bäche, Seen, Inseln bedarf bei Verkleinerung des Massstabes der Karten sorgfältiger Auswahl. Die Generalisierung beim Uebergang von einem grösseren zum kleineren Massstab besteht in diesem Fall bis jetzt fast allein in völligem Fortlassen aller Kleinformen. Demgegenüber ist früher hervorgehoben (S. 377), dass es in Gegenden stark geselligen Auftretens solcher Gebilde erwünscht sei, durch Aufnahme möglichst zahlreicher Individuen, besonders bei Inseln und Seen, den Formenreichtum unmittelbar zur Anschauung zu bringen. Das ist bei solchen Objekten angängig, die einer speziellen Benennung jedes einzelnen entbehren können. In ähnlicher Weise könnte man auch auf geographischen Karten zahlreiche kleinere Gattungen von Wohnplätzen lediglich mittelst eines Ortszeichens aufnehmen, wie es ja bei den topographischen Karten geschieht, wo viele Einzelsiedelungen unbenannt bleiben. Indessen ist diese Form der Verbindung einer Siedelungskarte mit einer gewöhnlichen Landkarte noch selten versucht [53]). Mit-

---

[50]) Vergl. H. Wagner, Wandkarte des Deutschen Reiches, 1874, 6. Aufl. 1902. Die Begleitworte, welche der 1. Aufl. beigegeben waren, sind leider später nicht wieder zum Abdruck gekommen. — [51]) Gerh. Mercator hat noch grossenteils dieselbe Schriftgattung für alle Ortsnamen. Eine Abstufung bildete sich sehr langsam im 16. Jahrh. aus. — [52]) Zu welchen Ungereimtheiten das starre Festhalten an der absoluten Volkszahl führt, mag z. B. aus der Karte von Grossbritannien in Andrees Handatlas, 4. Aufl. 1899, Taf. 83/84, 5. Aufl. 1909, Taf. 97/98, 1 : 3 000 000, ersehen werden, wo London von drei riesenhaften Namen Willesden, Tottenham, Croydon umgeben ist; es sind dies Vororte wie andere auch, was aus dem Nebenblatt sofort erkannt wird. — [53]) Schon im 16. Jahrh. hat man dies Verfahren angewandt. Siehe z. B. die Karten von Brabant (Jac. v. Deventer) und Flandern (Mercator) im Theatrum Orbis Terrarum v. Ortelius 1572, etc.

unter behilft man sich durch starke Namenabkürzung, meist durch Anwendung winziger Schriftgattungen.

Wie dem auch sei, die Schwierigkeiten werden in dichter besiedelten Gebieten immer bleiben, und wenn nur eine leer erscheinende Karte wirklich anregend und belehrend wirkt, so gilt dies besonders in betreff der Ortsnamen. Daraus leitet sich die Regel ab, die Hauptpunkte d. h. die grössten Orte innerhalb einer Landschaft, eines Gaues, Kreises mit der grössten Schriftgattung auszuzeichnen, welche die allgemeine Stufenleiter der Ortsnamen auf der betreffenden Karte noch zulässt, und sich hierbei von der Bevölkerungszahl nur im allgemeinen leiten zu lassen.

Jeder Kartenmassstab gestattet die Aufnahme aller Orte bis zu einer gewissen Tiefenstufe der Einwohnerzahl ohne Bedenken. Von diesem Augenblick an hat die Prüfung zu beginnen, ob besondere Gründe vorliegen, den Einzelort trotz seiner Kleinheit noch aufzunehmen. Sie können anthropogeographischer Natur sein; ein solcher Ort kann als Sitz irgend einer Verwaltungsbehörde, einer Spezialschule, als historischer Punkt (Schlachtort), als Kreuzungspunkt von Verkehrslinien oder Badeort u. s. f., aber ebensosehr als Fundstätte wichtiger Mineralstoffe, als meteorologische Station, ja als blosser Orientierungspunkt für das Kartenverständnis u. s. f. eine gewisse Bedeutung haben. Aber diese Bedeutung muss eine mehr allgemeine, darf nicht rein lokale sein. Die Grenze für diese Unterscheidung finden, heisst in betreff dieser Einzelfrage der Ortsauswahl das wissenschaftliche Material ebenso beherrschen wie die Technik des Kartenzeichnens. Vergleicht man unter diesem Gesichtspunkt die Spezialkarten unserer Handatlanten, so sind sie meist weit von solchen Anforderungen entfernt, vielmehr suchen sie sich gegenseitig in der Zahl mechanisch aufgetragener Wohnplätze zu überbieten.

§ 360. Volksdichte und Siedelungsdichte[54]. Von jeher hat die Kartographie, indem sie menschliche Wohnorte unter die Kartenelemente aufnahm, zwar der Erkenntnis von der Verteilung des Menschen über die Erde mittelbar Vorschub geleistet, aber doch immer nur in sehr einseitiger Weise, da die Karten nur die Wohnsitze eines kleinen Bruchteils der Bevölkerung andeuteten, nämlich im allgemeinen nur der städtischen. Nur Karten sehr grossen Massstabes vermögen alle Wohnplätze in ihrer geographischen Verteilung symbolisch wiederzugeben und die heutigen topographischen Karten sind die getreuesten Siedelungskarten, die sich herstellen lassen. Aber sie gestatten bei der Grösse des Massstabes nicht die gleichzeitige Uebersicht über grössere Gebiete und geben auch nur ein Bild der Siedelungsdichte, nicht aber der Volksdichte.

Dieser letztere fundamentale anthropogeographische Begriff gehört zu den spät in die Wissenschaft eingeführten. Erst seit man begonnen hat, über Ausdehnung und Bevölkerungsstand europäischer Staaten An-

[54]) Die hier erwähnten Gegensätze hielt Ratzel (Anthropogeogr. II, 182 — 204) nicht genügend auseinander, ebensowenig wie die Begriffe Diagramm und Kartogramm, Kartogramm und geographische Volksdichtekarte. Statt von einer „geographisch allein zu wünschenden und zu rechtfertigenden Wohnsitzkarte" zu sprechen und sie in Gegensatz zu den üblichen Karten der Volksdichte zu setzen, sollte man beide als einander ergänzend ansehen. Vergl. auch die neueren theoretischen Erörterungen A. Hettners „Ueber die Untersuchung und Darstellung der Bevölkerungsdichte" (Geogr. Zeitschr. VII, 1901, 498—514 u. 573—582).

gaben zu sammeln — was kaum vor dem Ende des 18. Jahrhunderts von der sog. Tabellenstatistik energischer in Angriff genommen ward, — hat man den Uebersichten das Verhältnis der jeweiligen Bevölkerung zu dem von ihr bewohnten Flächenraum beigefügt und den Ausdruck „bewohnt" hierbei im weiteren Sinn des Wortes genommen. Zuerst weitläufig mit Worten umschrieben, dann allgemein treffend als relative Bevölkerung bezeichnet, ist dieser Zahlenausdruck seit den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts mit dem Namen der Volksdichtigkeit[55]) oder kürzer Volksdichte[56]) belegt. Sie gibt die mittlere Zahl von Menschen, die auf die Flächeneinheit rechnerisch entfällt, an (S. 762). Bei einem sehr geringen Grad von Volksdichte pflegt man umgekehrt den Flächenraum zu bestimmen, welcher jedem einzelnen Bewohner zur Verfügung stände, wenn alle gleichmässig über denselben Raum verteilt wären. Es ist deutlicher zu sagen: in Nordasien kommt je 1 Bewohner auf 10 oder 100 qkm, als: die Dichte beträgt $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ Mensch auf 1 qkm.

In der politisch-statistischen Literatur galt der Begriff der Volksdichte als knappster Ausdruck der „verhältnismässigen Kultur der Nationen gegenüber andern Völkern" [57]). In den geographischen Handbüchern blieb er noch lange Jahrzehnte totes Beiwerk, weil man ihn kaum zu Vergleichen benutzte, noch weniger den örtlichen Ursachen der Dichtigkeitsunterschiede nachspürte. Erst als seit den vierziger Jahren die Kartographie sich des Problems bemächtigte, die Volksdichte zur Darstellung zu bringen[58]) — es ist die Zeit, in der man anfing Unterschiede von Intensitätserscheinungen durch hellere und dunklere Farbentöne auf Karten zu projizieren, — ward die Geographie um Anschauungen von der Verteilung der Menschen über die Erdoberfläche bereichert.

Um den Grad der Siedelungsdichte in Worte zu kleiden, bedarf es gleichfalls der Berechnung. Er wird gewonnen, wenn man die Zahl der Wohnplätze (W) innerhalb eines begrenzten Gebietes in die Fläche (F) des letzteren teilt ($F : W = D$). In der Quadratwurzel aus dieser Siedelungsdichte haben wir zugleich einen einfachen Ausdruck für die mittlere nächste Entfernung (e)[59]) der Wohnplätze voneinander. Indem wir in Gedanken das fragliche Gebiet in so viele quadratische Maschen, als Wohnplätze vorhanden sind, teilen und jeder Masche die Grösse der Siedelungsdichte (D ausgedrückt in Quadratkilometer) geben, wobei der Wohnplatz in der Mitte der Masche gelegen gedacht wird, so ist ein jeder derselben von seinen vier nächsten Nachbarn um die Seitenlänge des Quadrates ($\sqrt{D}$) entfernt, wie eine Aufzeichnung mit Leichtigkeit ergibt[60]).

---

[55]) A. Zeune, (Gaea, 1830, 186) führt den „sehr passenden" Ausdruck auf v. Zedlitz zurück (vergl. dessen „Staatskräfte d. Preuss. Monarchie" 1828, I, 295). — [56]) Unzweckmässig erscheint es, diesen Ausdruck „Volksdichte" durch „Wohndichte" zu ersetzen, wie A. Hettner (Geogr. Zeitschr. VIII, 1902, 504) vorschlägt, denn dieser wird logisch dem engeren Begriff vorbehalten bleiben müssen, der auf den Flächenraum der Wohnhäuser mit Zubehör (Strassen u. Plätze) bezogen wird (s. S. 883). — [57]) A. P. W. Crome, Die Grösse u. Bevölk. der europ. Staaten, 1793, 7. — [58]) H. Berghaus, Phys. Atlas, 1. Aufl. 1847, Anthrop., Taf. 1. — [59]) „Proximity", nächste Nachbarschaft, von den Engländern genannt. — [60]) Es wird nichts Wesentliches gewonnen, wenn man regelmässige Sechsecke statt der Quadrate zu grunde legt (Census of Great Britain 1851, I. London 1853, p. LI). Allerdings bezieht sich dann die Proximity (e) auf je 6 Punkte. In diesem Fall ist

$$e = 2 \cdot \sqrt{D} : \sqrt[4]{12} = 1{,}074 \sqrt{D}.$$

Im westlichen Teil Westfalens kommt je ein Wohnplatz auf $8,_4$ qkm, im südlichen (Kreise Hattingen, Hagen, Schwelm, Iserlohn, Altena) bereits auf je $^1/_2$ qkm. Dort sind die Orte im Mittel fast 3 km ($\sqrt{8,_4} = 2,_9$), hier nur $0,_7$ km ($= \sqrt{^1/_2}$) voneinander entfernt. Wie wenig aber der Begriff hoher Siedelungsdichte ständig mit hoher Volksdichte zusammenfällt, erkennt man daraus, dass die südöstliche Ecke Bayerns im Flachland, wo gleichfalls der mittlere Ortsabstand nur $0,_6$ km beträgt, 1905 nur eine Volksdichte von 62 Menschen auf 1 qkm besass. Das in gleicher Dichte mit Siedelungen besetzte südliche Westfalen (s. o.) hatte dagegen damals eine relative Bevölkerung von 340, denn in diesen Gegenden ist der verdichtende Einfluss der Industrie der massgebende Faktor.

In Gegenden, wo die Siedelungen in Längsketten aufgereiht sind wie in den Tälern grösserer Gebirge oder längs der Küsten von Flusslinien, welche die Urwälder durchschneiden, wird man die Siedelungsdichte direkt durch die mittlere Entfernung der Ortschaften voneinander in Kilometern ausdrücken können.

§ 361. Die Methodik der Volksdichtekarten[61]) erfordert zunächst die Unterscheidung zwischen einem Kartogramm und der geographischen Karte der Volksdichte. Das Material zum Entwurf einer solchen wird uns durch die amtliche Statistik geliefert. Dieselbe verwendet mit wachsender Vorliebe das Kartogramm zur Popularisierung oder Veranschaulichung des für den Laien schwer zu übersehenden Tabellenmaterials. Was hier kurz in betreff der Volksverteilung erörtert wird, gilt also für zahllose andere statistische Verhältnisse auch.

1. Unter einem Kartogramm verstehen wir im allgemeinen die geographische Anordnung von Verhältniszahlen, welche innerhalb begrenzter Erdoberflächenstücke Geltung haben oder auf solche bezogen sind, im Gegensatz zum Diagramm, bei dem jene Zahlenwerte des Vergleichs wegen in Linien oder geometrische Figuren übersetzt werden[62]). Im Kartogramm überträgt man also den Inhalt einer Tabelle auf eine Karte, welche — das ist die Voraussetzung — die Grenzen der zu Grunde gelegten Flächenstücke erkennen lässt, seien dieses letztere nun politische Räume wie Staaten, Provinzen, Kreise, Gemeinden etc. (§ 333), oder mathematische Figuren wie Gradfelder, bestimmte Teile solcher, einfache Quadrate u. s. w. Uns interessiert an dieser Stelle nur das bevölkerungsstatistische Kartogramm und besonders das der Volksdichte. Schliesst man die rechnerisch gefundenen Verhältniszahlen behufs Vereinfachung in Gruppen oder Stufen ein und markiert man diese Stufen durch eine Skala von Schattierungen oder Farben, so bedarf es allein der mechanischen Uebertragung dieser Farben auf die Flächenstücke entsprechenden Wertes, um das Kartogramm zu vollenden.

Jedes Kartogramm kann für die Erkenntnis landschaftlicher Unterschiede in der Verteilung von Intensitätserscheinungen, auf welche die Geographie abzielt, wichtige Anhaltspunkte geben, sobald die Kategorie der zu Grunde gelegten Teilräume klein ist im Verhältnis zum dargestellten Gesamtgebiet. Daher gibt uns selbst eine höchst einfach herzustellende Karte der Gesamt-Erde, auf der alle Gross- und Mittelstaaten nur mit je einem Durchschnittswert bezeichnet sind[63]), wichtige Fingerzeige, während eine Karte Europas,

---

[61]) Eine der besten Darstellungen über die Entwicklung dieses jetzt vielgepflegten Zweiges gibt K. Neukirch in seinen Studien über die Darstellbarkeit der Volksdichte, (Diss. Freiburg), Braunschweig 1897. Daselbst auch ziemlich vollständige Literatur. Doch fehlen niederl. u. skandinav. Publikationen. Vergl. auch den Hettnerschen Aufsatz, Anm. 54 und E. Friedrich im Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 357. — [62]) Vergl. auch G. Mayr, Zur Verständigung der geogr. Methode in der Statistik. (Zeitschr. d. k. bayer. Statist. Bureaus, München, III, 179). — [63]) E. Levasseur, im Bulletin de l'Institut internat. de Statistique II, 2, Rome 1887, 1 : 100 000 000.

in gleicher Weise nach Staaten illustriert, nicht mehr als eine Tabelle besagt. Ein europäisches Land von der Grösse Frankreichs, Deutschlands etc. erfordert daher selbst im Kartogramm, wenn es einigermassen die Erscheinungen richtig lokalisieren will, mindestens ein Eingehen auf Räume von der Grösse der Heimatsbezirke (S. 833). Bei provinziellen Uebersichtskarten müsste man die Gemeinden als Grundeinheiten zu grunde legen. In diesem Sinn hat sich dann auch der Fortschritt der Kartogramme vollzogen; man ist zu immer kleineren Bezirken übergegangen [64]).

2. Für die geographische Karte der Volksdichte, auf die wir nun wieder übergehen, ist das nach möglichst kleinen Verwaltungseinheiten abgefasste Kartogramm nur die Vorarbeit. Nun erst sind an Stelle der künstlichen politischen Grenzen möglichst natürliche zu setzen. Jeder politische Raum, er sei gross oder klein, schliesst in Wirklichkeit Flächen verschiedener Volksdichte ein. Das gilt selbst von Gemeinden, die, wie wir sahen, in europäischen Staaten eine Grösse bis zu 40 qkm haben (S. 833), geschweige denn von Heimatsbezirken und Gauen etc. Wälder, Moore, Sümpfe, Seen, Gebirgswände stehen als unbewohnt oder kaum bewohnt den dichter besiedelten Rand- und Talflächen, welche mit jenen zu einem politischen Raum zusammengeschlagen sind, gegenüber. Das Kartogramm muss die verschieden ausgestatteten Flächen mit der gleichen Farbe bedecken. Die Bearbeitung der Volksdichtekarte durch den Geographen hat nun mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln eine Scheidung vorzunehmen [65]). Das kann einerseits an der Hand genauerer, womöglich topographischer Karten geschehen. Denn letztere orientieren nicht nur über Niveauunterschiede, Höhenränder etc., sondern auch über die Kulturflächen und die Lage jeder einzelnen Siedelung. So wird man durch sorgfältige Erwägungen (oder Rechnungen) die Bevölkerung des in Frage kommenden Einzelbezirks gleichsam auf den bewirtschafteten Teil zusammenschieben und damit einer Stufengrenze einen der Wirklichkeit mehr entsprechenden Verlauf geben können. Nicht minder handelt es sich darum, zu untersuchen, inwieweit in dem mosaikartigen Bild des Kartogramms benachbarte Gebiete gleichen wirtschaftlichen Charakters zu grösseren typischen Gebieten gleicher mittlerer Volksdichte zusammengefasst werden können [66]). Die Arbeit zielt dann auf eine Generalisierung der Verteilungsformen der Bevölkerung ab, ganz wie bei der Generalisierung morphologischer Elemente der Karte (S. 242).

Die Anforderung, nur sehr kleine administrative Bezirke, womöglich Gemeinden, für den Entwurf des Kartogramms zu Grunde zu legen, ist heute nur in betreff ganz weniger Staatsgebiete erfüllbar, weil weder die Volkszahl noch das Areal dieser kleinen politischen Räume immer bekannt gegeben wird, noch häufiger weil die entsprechenden Grenzen auf den Karten fehlen (S. 833). Ist wenigstens die Bevölkerung der einzelnen Wohnorte bekannt, so kann man sich einigermassen durch Einteilung des Gradnetzes der topographischen Karte in engere Maschen, deren Grösse leicht zu berechnen ist (oder auch Quadrierung der Karte), helfen [67]). Man hat dann die Gesamtbevölkerung der auf die Masche entfallenden Orte durch Summation aus den Ortslisten zu bestimmen. Lässt sich die relative Bevölkerung jeder Gemeinde rechnerisch bestimmen, wie dies z. B.

---

[64]) L. Turquan, Densité de la popul. de la France, commune par commune, 1 : 1 600 000. Ebenda III, 3, 1888. S. auch die gründlichen Arbeiten L. Neumanns (Freiburg) und seiner Schule. — [65]) H. Sprecher v. Bernegg, Die Verteilung der bodenständ. Bevölk. im rheinisch. Deutschland um 1820. Diss., Gött. 1887, mit Karte 1 : 1 000 000. — [66]) S. Näheres über diesen wichtigen Punkt in L. Neumann, Veränderungen der Volksdichte im südlichen Schwarzwald, 1852 — 1895. Festprogramm, Freiburg 1896, 167 ff. — [67]) Dieses öfters angewandte Hülfsverfahren wird man nicht als eigene Methode der Dichtekarten auffassen können, wie dies Neukirch a. a. O. tut.

für Preussen auf Grund der Gemeindelexika möglich ist, weil diese auch die Fläche jeder Gemarkung mitteilen, so kann man durch Eintragung aller Dichteziffern neben den einzelnen Ortszeichen eine Grundlage gewinnen, um nun durch Kurven nach Art der Zeichnung von Isobathen, die man auf einer Karte mit eingetragenen Meerestiefen zieht (S. 245), die Bezirke gleicher mittlerer Volksdichte zu umfahren.

3. Einige Korrektionen lassen diese „Karten der rohen Volksdichte" der wirklichen Verteilung näher bringen.

Einer grösseren Beschränkung auf die mehr bodenständige Bevölkerung wird durch eine Ausscheidung der grösseren Städte mit ihrer vorwiegend ortsständigen Bevölkerung (S. 875) Vorschub geleistet. Sicher hat die Bewohnerschaft einer Stadt zu ihrer nächsten Umgebung nicht so enge Beziehung wie die des platten Landes, deren grösster Teil sich an der unmittelbaren Bebauung des Bodens beteiligt. Aber da sich die Beziehungen einer Landstadt durch Handel und Verkehr (auch durch Schulen, Gesinde, Militär etc.) über einen ganzen Heimatsbezirk zu erstrecken pflegen, ist es folgerichtig, deren Bevölkerung ideell durch Rechnung mit über letztern auszubreiten, wie es für die einzelne ländliche Gemeinde mit den Bewohnern der in ihr enthaltenen Wohnplätze geschieht. Mit gleichem Recht wird man die Bevölkerung von Kleinstädten zur Mittelrechnung ziehen dürfen auf Karten, deren Massstab zu grösseren Abstufungen der Dichteskala zwingt. So gelangt man schrittweise fortschreitend zu der Ansicht, dass auf Weltkarten es sich kaum noch verlohnt, die Mittelstädte auszumerzen, weil man auf diesen an sich zu starker Generalisierung und zu mächtigen Sprüngen in der Dichteskala gezwungen ist. Der Massstab der Karte wird also für diese Ausscheidung massgebend sein.

In gleicher Weise entscheidet der Massstab über den Grad der Ausscheidung unbewohnter oder kaum bewohnter Gebiete aus Mittelberechnung und Kurvenzeichnung. Ein lehrreiches Beispiel bieten alle Hochgebirge, bei denen sich naturgemäss die Bevölkerung in Tälern oder an Küstenrändern wie z. B. in Norwegen angesiedelt hat, während die einsamen Hochflächen nicht ausgenutzt werden. Aehnliches gilt von den oft ausschliesslich besetzten Flussrändern in tropischen Waldgebieten. Waldflächen innerhalb der Kulturstaaten stehen jedoch damit nicht immer auf gleicher Stufe, weil sie, wenn auch arm an Siedelungen, mehr von den Anwohnern ausgenützt werden[68]). In Seenregionen (§ 176) wie Finland wird man die Seeflächen als Wohngebiet nicht mitberücksichtigen dürfen.

Alle diese Erwägungen, die hier nur flüchtig angedeutet werden können, zeigen, dass die Darstellbarkeit der Volksdichte auf Karten wie die vieler anderer Erscheinungen der Lebewelt (aber auch anderer beweglicher Elemente wie Luft- und Wasserströmungen) eine Grenze besitzt. Diese lässt manche theoretischen Vorschläge ähnlich wie bei der Orometrie (§ 173) erfolglos erscheinen gegenüber dem Auffassungsvermögen mit dem Auge und der starken Generalisierung, welche in der Beschränkung der dargestellten Dichte auf wenige Abstufungen von grosser Spannweite liegt und ohne Bedenken überall zur Anwendung gebracht wird.

4. Die Siedelungskarten[69]), die man als Ersatz der Volksdichtekarten in Vorschlag gebracht hat, beschränken sich auf Eintragung aller Wohnplätze auf eine Karte durch Symbole, die den Grössenklassen (§ 356) entsprechen. Zu ihrer Herstellung bedarf es nichts als der Kenntnis der Bewohnerzahl der Orte und deren Ortslage. Solche Karten können bei zweckmässigem Verhältnis des Karten-

[68]) Hierüber verbreitet sich besonders A. Tronnier, Beiträge zum Problem der Volksdichte, Stuttgart 1908. — [69]) Weniger treffend ist die Bezeichnung „Volksdichtekarten, dargestellt nach der absoluten Methode" (Neukirch s. Anm. 61).

massstabes zur Dichte und Grösse der Ortszeichen ein gutes Hülfsmittel zur Erkenntnis der Unterschiede von Dichte und Verteilung der Wohnplätze, aber auch ihrer Formen (Einzelsiedelungen, Haufen- oder Reihendörfer etc.) geben. Aber da die Bevölkerung zahlreicher Kleinsiedelungen möglicherweise dieselbe mittlere Volksdichte ergeben kann als die weniger geschlossenen Dörfer, gewähren die Siedelungskarten keine unmittelbare Anschauung der Volksdichte [70]).

Als eine Abart der Siedelungskarte sind die neuerdings geforderten „bevölkerungsstatistischen Grundkarten" anzusehen [71]), die sich wesentlich nur in grösserem Masse darstellen lassen. Auf diesen sollen sämtliche Wohnplätze in farbigen schematischen Figuren (Rechtecke, Quadrate), deren Grösse zu der Bevölkerungszahl in einem ganz bestimmten Verhältnis steht, auf die schwarze Situationszeichnung eingetragen werden. Die Ortssignatur soll also zugleich die Einwohnerzahl widerspiegeln, wie dies auf Karten kleineren Massstabes üblich ist. Daneben soll aber jedem Wohnplatz die Zahl der Bewohner in Ziffern beigefügt werden. Wenn die erste Forderung allerdings geeignet ist, dem Auge das Aufsuchen der Stellen einer Anhäufung von kleineren oder grösseren Wohnplätzen zu erleichtern, so trägt die zweite zur Veranschaulichung an sich nichts bei. Zudem bedürfte es einer steten Erneuerung dieser Karten nach jeder Volkszählung. Somit kann dieser bevölkerungsstatistischen Grundkarte ein selbständiger Wert nicht wohl zugesprochen werden; sie reiht sich dem Kartogramm als Vorarbeit für die Karte der Volksdichte an.

5. Vereinigte Methoden. Treffliche Dienste leistet die Siedelungskarte in Verbindung mit derjenigen der Volksdichte. Trägt man die symbolischen Ortszeichen in die letztere, so lässt eine solche Karte in Farben die ideell über die Fläche ausgebreitete Bevölkerung oder den mittleren Zustand der Verbreitung zugleich mit der Lage gewisser Ausgangspunkte dieser Dichte übersehen. Da sich dies nur für Karten grössten Masstabes strenger durchführen lässt, so müssen sich Uebersichtskarten auf eine Auswahl beschränken, also auf die grösseren Wohnplätze, die Städte. In der Tat sagt eine derartige Vereinigung sofort, ob eine starke Verdichtung der Bevölkerung in einer Gegend der Anhäufung städtischer Ansiedelungen zu verdanken ist oder nicht. (Die Karten des Atlas von Mitteleuropa Taf. 14, Italien Taf. 27, Grossbritannien Taf. 30 können die Methode einigermassen erläutern.)

§ 362. Typische Werte der Volksdichte [72]). Je gleichmässiger die Bevölkerung über ein Gebiet verbreitet ist, um so mehr entspricht der berechnete Wert der relativen Bevölkerung der wirklichen Verteilung. Indessen gibt es solche Gebiete immer nur von geringer Ausdehnung. In weiten Regionen zwingt die Natur dauernd zu höchst ungleichmässiger Ansiedelung. In Steppen und Wüsten sind immer nur

[70]) S. d. Karte der Siedelungsdichte vom Kgr. Sachsen, fälschlich als solche der Bevölkerungsdichte bezeichnet, von R. Buschick, 1 : 375000, (Wiss. Veröff. d. Ver. f. Erdk. in Leipzig, II, 1895); ohne Plastik und Anschaulichkeit ist dagegen A. Gloys Karte der Siedelungsdichte von Mittel-Schleswig-Holstein, 1 : 200000, Beitr. z. Siedelungskunde Nordalbingiens, Diss., Kiel 1892). — [71]) A. Hettner, „Ueber bevölkerungsstatistische Grundkarten". Vortrag, Verhandl. d. VII. Internat. Geogr.-Kongresses zu Berlin, II, 1901, 502—510. Wichtig ist die sich anschliessende Diskussion (Verhandl. I, 176—180 u. 264—270). Der Vortrag ist abgedruckt in Geogr. Zeitschr. VI, 1900, 185 ff. S. auch Hettners Aufsatz in Geogr. Zeitschr. VII, 1901 (vergl. Anm. 54) mit Karte. — [72]) Ratzel, Anthropogeogr. II, 1891, Kap. 8, Bezieh. zw. Dichte und Kulturhöhe. Erschwerend ist, dass dort alle Angaben der relativen Bevölkerung auf das absterbende Mass der geogr. Quadratmeile bezogen sind. S. seine vergleichende Tabelle der typischen Werte der Volksdichte auf S. 264 seines Werkes.

wenige Stellen anbaufähig. Durch völlig unbebaute Landstriche muss man wandern, um dann eine dichtbevölkerte Oase oder längs des Saumes eines Hochgebirges, das den Ackerbauern fliessendes Wasser für ihre Felder sendet, Ketten von Ansiedelungen zu erreichen. In den höheren Gebirgen drängt sich die Bevölkerung ausschliesslich in den Tälern zusammen, sodass eine Siedelungskarte der eines Flussnetzes gleicht, nur dass meist nur die Haupttäler Bewohner aufgenommen haben. Geschlossene Waldflächen werden auch vom Naturvolk nach Möglichkeit gemieden, während die Siedelungen sich längs der Flusslinien mehren.

Kulturelle Momente treten hinzu, um die Ungleichmässigkeit zu erhöhen. Die herrschende Unsicherheit drängt bei den Völkern niederer Stufe die Ansiedelungen auf enge Gebiete zusammen; absichtlich werden breite Gürtel ringsum menschenleer gelassen (S. 826). Auch die jung kolonisierten Länder eines Kulturvolks setzen sich zuerst aus einzelnen besiedelten Linien, die sich allmählich ins Innere netzartig vorschieben, und weiten unbewohnten Maschen zwischen jenen zusammen. Allmählich vollzieht sich dann die Verdichtung und führt eine gleichmässigere Verteilung der Ackerbausiedelungen herbei, soweit das Land eben und von annähernd gleicher Güte des Bodens ist. Auch ungünstige Landstriche wie Moor und Heide werden später in Angriff genommen. Aber ein neues Stadium der Kulturentwicklung führt wiederum zur Ungleichmässigkeit. Industrie, Handel und Verkehr drängen die Menschen in die Städte zusammen, das platte Land entvölkert sich. So übertrifft im Deutschen Reiche die Volksdichte des rheinisch-westfälischen Industriebezirks die Moorgegenden Norddeutschlands um das fünfzigfache, dort eine solche von über 1000, hier von 20 (S. 897).

Methodisches. Diese Verhältnisse erschweren das Aufsuchen typischer Mitteldichten. Einige Vorsichtsmassregeln werden die Gefahr falscher Schlussfolgerungen einschränken können. Zunächst wird man möglichst vermeiden müssen, mittlere regionale Verhältnisse d. h. aus weiten Gebieten durch Mittelberechnung gefundene Werte auf eine Linie zu stellen mit lokalen, an eine beschränkte Oertlichkeit gebundenen. Es ist ein Spezialfall des in unserer Literatur noch weit verbreiteten Verstosses, vollkommen ungleichwertige Grössenobjekte direkt miteinander zu vergleichen. Man wird also überhaupt nicht die Volksdichte eines reinen Stadtstaates wie Hamburg mit der des Deutschen Reiches, nicht die Grossbritanniens mit der Dichte der kleinen Kanalinseln [73]) etc. in Vergleich stellen dürfen. Denn in den kleinen Territorien treten solche Gegensätze, wie sie sich in grösseren stets ausgleichen, kaum auf. — Sucht man Mitteldichten, die für eine Wirtschaftsstufe typisch sind, so müssen diese solchen Gebieten entnommen werden, in denen sich bereits ein gewisser stationärer, den Typus nur langsam ändernder Zustand entwickelt hat. Man wird also auf die Verdichtungsmöglichkeit nicht ohne weiteres aus der heute tatsächlich vorgefundenen Dichte schliessen dürfen [74]). Andererseits ist zu beachten, dass nicht etwa nur einzelne dicht bevölkerte Gegenden der Erde an der Grenze noch weiterer Erhöhung der Volksdichte angelangt sind. Auch viele Steppenländer, die seit Jahrhunderten keine nennenswerte Bevölkerungsverdichtung erfahren haben, leiden zeitweise an Uebervölkerung. Sie zwingt bei dem mageren Boden und dem

[73]) Wie es z. B. von Ratzel geschah, a. a. O. II, 237. — [74]) Adolph Wagner, Grundlegung der polit. Oekonomie 1892, I. Uebervölkerungsfrage, 638 ff.

Mangel sonstiger Quellen des Erwerbs zur Auswanderung oder zu gewaltsamem Aufbruch aus der Heimat, wenn nicht ein Uebergang zu einer anderen Wirtschaftsform sich vollzieht. — Endlich sind die historischen Ursachen, die kulturellen Verhältnisse von den natürlichen Faktoren der Verdichtung zu scheiden, wenn man nicht Trugschlüsse machen will. Eben durch jene gelangen zuweilen nahbenachbarte Gegenden von gleichartiger Naturausstattung in ganz andere Stadien der Volksverdichtung. Das ungemein dicht bevölkerte Java, das sich mit seinen 230 Menschen auf 1 qkm (1905) in so auffallendem Masse von den Nachbarinseln abhebt (Taf. 39), verdankt diese Verdichtung erst dem 19. Jahrhundert und der kultivatorischen Tätigkeit der Holländer; am Anfang desselben lebten dort noch nicht 40 Einw. auf 1 qkm.

1. Sehr dünn bevölkerte Gebiete. Schwierig ist es, für die untere Grenze der Volksdichte, die sich vom völligen Unbewohntsein scheidet, einen Massstab zu finden. Wir müssen ihn grossräumigen Gebieten höchst ungleichmässiger Verteilung der Bewohner entnehmen, die daher nicht unmittelbar mit den später zu betrachtenden verglichen werden können. Das Wandergebiet der Eskimos an der Polargrenze der Oekumene, die Regionen der Rentiernomaden Nordasiens kommen also hier in Frage. Die an sich unsichere Berechnung übersteigt nicht die Dichte von $^1/_{100} - ^1/_{1000}$, sodass 100 bezw. 1000 qkm auf jeden Bewohner entfallen würden. Könnte man hier überall schon die wirklich unbewohnten Gebiete ausscheiden, so würde man, wo man überhaupt auf Menschen trifft, auf höhere Zahlen kommen.

Die Dichte steigt, sobald sich Hackbau dem Ertrage der Jagd zugesellt. Aber selten wird man für ausgedehntere Gebiete, die von Jägervölkern bewohnt werden, einer Dichte bis zu $0{,}5$ begegnen, sodass jedem Einwohner ein Jagdgebiet von 2 qkm zur Verfügung steht. In Wüstengebieten wie der Sahara, wo die Bevölkerung auf wenige Oasen beschränkt ist, wird diese Dichte nicht erreicht.

Hirtenvölker in Steppenländern ohne eigentliche Ackerbau-Oasen im Innern findet man bei den Mongolen, deren Zahl und Verteilung annähernd bekannt ist. Die Russen nehmen in ihrem Gebiet allmählich Zählungen vor[75]). Man kann dort die Dichte auf $0{,}2 - 2$ schätzen (Deutsch-Südwestafrika, dem man weniger als 100 000 Einw. gibt, hat nur $0{,}1$) und wird annehmen müssen, dass, wo die obere Grenze erreicht ist, sich schon Ackerbau zugesellt.

2. Der Beginn des Ackerbaues verdichtet allmählich die Bevölkerung. Für das Gebiet der Naturvölker sind alle Schätzungen noch zu vage, um bestimmte Dichtigkeitsgrade als typisch unter ihnen zu unterscheiden[76]). Die Grossräumigkeit europäischer Kolonialländer in Amerika und der Mangel genauer zu lokalisierender Beobachtungen verbieten für diese so ziemlich das Gleiche. Alles hat noch den Charakter des Unfertigen, im Uebergang Begriffenen. Halten wir uns also an heimische Verhältnisse.

---

[75]) S. Bevölk. der Erde VIII, 1891, 109. — [76]) S. jedoch A. Vierkandt, Die Volksdichte im westl. Zentralafrika. (Wiss. Veröff. d. Ver. f. Erdk., II, Leipzig 1895, mit Karte 1 : 15 000 000).

Sucht man in Deutschland die reinen Ackerbaugebiete auf[77]), so beginnt die Reihe in den ungünstigsten Moorgegenden Süd-Oldenburgs oder in der Lüneburger Heide mit 20 — 25 Bewohnern auf 1 qkm; im Osten Deutschlands mit einem nur mässig fruchtbaren Boden ist 60 schon eine hohe Mittelzahl[78]), sie steigt in Niederbayern mit seiner reichen Bauernschaft bis 80, um im Neckar- oder Rheintal mit 100 etwa zu endigen. Es scheint, dass 100 nördlich der Alpen bereits eine an Uebervölkerung reichende Grenze bildet für eine ausschliesslich Ackerbau oder Weinbau treibende Bevölkerung[79]).

Das arme landbauende Irland zeigte sich also 1841 mit fast 100 Einw. auf 1 qkm — damals zählte die Insel $8^1/_5$ Mill. Einwohner — ganz abgesehen von den traurigen sozialen Verhältnissen als stark übervölkert. Die Auswanderung hat die Insel seitdem bis auf $4^1/_2$ Mill. gelichtet. Die Dichte übersteigt heute 50 nur noch wenig.

In Südeuropa möchte jene Grenze vielleicht bei 200 oder 250 liegen (?). Jedenfalls ergeben die Erhebungen im Niltal oder der Gangesebene, dass dort in Distrikten, deren Bewohner zu 95 Prozent und mehr dem Landbau obliegen, eine Dichte von 300 erreicht und überschritten wird, ohne dass bereits aller bebaubarer Boden kultiviert wäre[80]). Setzen wir daher die Grenze der Verdichtung für tropische Landschaften auf 400 an, so ist ein Bodenertrag von mehrfachen Ernten im Jahre und sorgsamste Pflege des Ackers im fruchtbaren Erdreich, das der künstlichen Bewässerung nicht ermangelt, Voraussetzung. Bei solcher Volksdichte muss dann das Ausbleiben des Regens oder ein niedriger Stand der Zuflussgewässer Hungersnot und furchtbare Verheerungen in der Bevölkerung anrichten.

3. In kargen Gegenden gemässigter Breiten wie auf den höheren Stufen der deutschen Mittelgebirge, wo das Klima rauh, setzt der Bodenertrag der Verdichtung der Bevölkerung bald eine Grenze. Die Einzelfamilie bedarf eines weit grösseren Feldes zur Eigenernährung als im Tieflande. Soll sie sich bei weiterer Vermehrung halten, so muss das Gewerbe als Nebenbeschäftigung hülfreich mit eintreten. Wo die industrielle Tätigkeit eine bodenständige (S. 874) oder ihre Hülfsquellen unmittelbar aus dem Boden schöpfende ist wie vor allem in den Regionen der Kohlen- und Eisengewinnung ist der Verdichtung der Bevölkerung zunächst eine Grenze nicht gesetzt. Allerdings wird sie hinsichtlich der Nahrungsversorgung immer völliger von der Zufuhr aus anderen Gegenden abhängig. Die Dichtigkeitsgrade übertreffen dann selbst die in Indien und China zu beobachtenden Menschenanhäufungen noch weit. Wenn so hoch industrielle Länder wie

---

[77]) S. d. berufl. etc. Gliederung d. deutschen Volks. Statist. d. D. Reiches, N. F., Bd. 111, 1899. — [78]) Stark abweichende Annahmen machte Ratzel (a. a. O., 265). Er nahm 36 Einw. auf 1 qkm (2000 auf 1 Q.-M.) als Mittelzahl für reine Ackerbaugebiete Mitteleuropas und 73 (4000 auf 1 Q.-M.) für solche Südeuropas. Das ist entschieden zu niedrig. — [79]) S. die Einzeldarlegungen v. L. Neumann (s. o. Anm. 66); die Volksdichte der pfälzischen Haardt (300) lässt sich nicht allein auf intensiven Acker- und Weinbau zurückführen, wie Ratzel (a. a. O. S. 205) meint. — [80]) Census of India 1891. XVI. Northwest-Provinces Allahabad 1894, I, 91, Density of rural population.

Sachsen und Belgien schon heute eine Mitteldichte von 250—300, in einzelnen Teilen des Landes von 350 und mehr zeigen, so werden sie von dem englischen Industriegebiet von Lancashire und dem rheinisch-westfälischen überboten. Dort breitet sich ein fast ganz von Städten besetztes Gebiet von 4500 qkm Grösse aus mit mehr als 800 Einw. auf 1 qkm, hier ein allerdings kleineres (1300 qkm), wo die Dichte weit über 1000 hinausgeht.

Das grenzt dann schon nahe an die rein städtische Volksdichte, die nach Tausenden, ja Zehntausenden auf der bisher betrachteten Flächeneinheit zählt und ihr äusserstes Extrem in einzelnen dichtgedrängten Stadtvierteln der Weltstädte hat. In den inneren Teilen von Paris wohnen 70000 Einw. auf 1 qkm [81]).

Solange uns noch nicht zahlreichere natürlich abgegrenzte Dichteprovinzen bekannt und wir noch fast ganz auf die im Rahmen der politischen Grenzen von der amtlichen Statistik aufgestellten Zahlen angewiesen sind, empfiehlt es sich, Vergleichsreihen wie die folgende dem Gedächtnis einzuprägen (für 1910):

Sehr dicht bevölkert: Belgien	250
Stark bevölkert: Süddeutschland	100
Mässig bevölkert: Nordöstliche Provinzen Preussens . .	50
Schwach bevölkert: Europäisches Russland	20
Dünn bevölkert: Schweden	10

Andere Objekte zu rohen Vergleichen bietet die Uebersicht S. 812. Nichts ist aber belehrender, als in Tabellenwerken, die meist zu einer alphabetischen Anordnung gezwungen sind, sich die Gebietsteile der Staaten nach dem Grade der Dichte geographisch zu ordnen, um daraus mit leichter Mühe mehr oder weniger natürliche Dichteprovinzen zu gewinnen. Diesen Weg werden wir in der Länderkunde vielfach einschlagen.

§ 363. Regionale Verteilung der Menschen über die Erdoberfläche [82]). Verteilt man die 1650 Mill. Menschen, welche wir für unsere Zeit als lebend mindestens annehmen können, auf das Gebiet der gesamten Oekumene von 450 Mill. qkm (S. 760), so ergibt dies eine rechnerische Grösse von rund 4 als mittlere Dichte. Aber in diesem Wohnraum sind weite Gebiete menschenleer. Zu letzteren darf die Meeresfläche bei dem steigenden Seeverkehr nicht ohne weiteres mehr gerechnet werden, wenn es sich bei dieser auch nur um ein Bewegungsfeld, keine Ansiedelungsfläche handelt. Immerhin müsste es von Interesse sein, die Zahl der Menschen zu kennen, die heute gleichzeitig in Schiffen auf dem Meere sich befinden. Sie drängen sich dabei auf wenige Weltstrassen zusammen.

In der Tat hat man solche Berechnungen schon versucht [83]) und für den Atlantischen Ozean die Dichte der fluktuierenden Bevölkerung zu 2, in der Nord-

[81]) Artikel Paris in Joannes Dict. géogr. de la France. — [82]) Die meisten Erdkarten zur Uebersicht der Volksdichte beruhen noch auf Behm u. Hanemanns Versuch. Bev. d. Erde II, 1874. In aussereurop. Gebieten haben die Kurven grossenteils noch einen ganz provisorischen Charakter. Einige Verbesserungen versuchte R. Lehmann in seinem Schulatlas 1898. Noch liegen wenig Spezialarbeiten über ausgedehntere Gebiete vor. Vergl. ferner E. Behm, Die Verteilung der Menschen über die Erde. Bevölk. d. Erde II, 1874, 91—102. — [83]) L. Boysen, Schiffs-Tonnen- und Personenfrequenz auf dem atlantischen Ozean. Diss., Kiel 1890 mit Karte. Die Berechnungen gelten für 1887, würden sich also für heute als zu klein erweisen. Gegen die Berechnungen sind übrigens Bedenken erhoben.

see zu 16, im Kanal zu 70 Menschen auf je 1000 qkm gefunden. Das sind Zahlen, die mit den sehr dünn bevölkerten Sitzen der Landfläche einen Vergleich aushalten (S. 893).

1. Für die bekannte Landfläche innerhalb der Menschengrenze (S. 759) — 132 Mill. qkm — steigt die mittlere Dichte bereits auf 12, woraus hervorgeht, dass ungeheure Gebiete weit unter diesem Mittel stehen müssen, um die höheren Dichtegrade auszugleichen. Früher beschränkte man sich die fünf Erdteile einander gegenüber zu stellen, wobei dann (wir legen im folgenden stets die mutmassliche Bevölkerung für 1910 zu grunde, S. 763):

Europa	mit einer Dichte von	45
Asien	„ „ „ „	20

als die dicht bevölkerten,

Nord-Amerika	mit einer Dichte von	5
Afrika	„ „ „ „	$4{,}5$
Süd-Amerika	„ „ „ „	3
Australien	„ „ „ „	1

als die schwach bevölkerten sich erweisen.

Aber ein Blick auf die Karte der Volksdichte (Atlas, Taf. 10) sagt uns, dass sich die Dichteregionen anders verteilen. Vor allem sind die Polargebiete menschenarm und der grosse Steppen- und Wüstengürtel zieht sich als eine breite, äusserst schwach bevölkerte Zone mitten durch die alte Welt. Er schliesst die grössten Flächen fast völlig unbewohnter Gebiete ein.

2. Drei Regionen hoher Bevölkerungsdichte, so lesen wir von der Karte ab, werden in der östlichen Erdhälfte durch jenen Wüstengürtel geschieden, zwei derselben liegen im asiatischen Monsungebiet: das ostasiatische (China und Japan) und das vorderindische, als drittes hat auf der atlantischen Seite Mitteleuropa im weiteren Sinne (mit Einschluss von Grossbritannien und Italien) zu gelten. Es wohnen auf diesen drei Gebieten von je 2—3 Mill. qkm zusammen mehr als 950 Mill. Menschen, also mehr als die Hälfte des Menschengeschlechts. Die mittlere Dichte beträgt 90—100. In Asien durch hohe Gunst des Klimas, vor allem ergiebigen Regen zu Zeiten, in denen die Vegetation ihn vornehmlich braucht, durch ungewöhnlich ausgedehnte Gebiete fruchtbarsten Schwemmlandes oder anderer ertragreicher Bodenarten befördert, ist die Verdichtung das Ergebnis langjähriger Kulturarbeit arbeitsamer Völker. In Europa ist sie bei ungleich magererm Boden und bei gemässigterm Klima im wesentlichen erst die Folge des Uebergangs der Massen zur industriellen Tätigkeit im 19. Jahrhundert. Ueberhaupt hat sich das Gesamtbild der Verteilung der Bevölkerung der Erde im Laufe desselben beträchtlich verschoben. Die Unterschiede der Dichte sind gewachsen. Zahlreiche Provinzen grosser Menschenanhäufung tauchen wie Inseln aus dem Mittelniveau der Regionen hervor. Wenn wir nun einen Blick in die Zukunft werfen, so wird sich jenen drei Regionen eine vierte von ähnlicher Grösse zunächst nur in der Osthälfte Nordamerikas zugesellen, dem klimatisch gleichfalls sehr begünstigten subtropischen Sommerregengebiet (S. 707)

der neuen Welt. Zur Zeit trägt es noch den Stempel jungen Kolonialgebiets. Eine zweihundertjährige Geschichte hat trotz mächtigen inneren Zuwachses der Bevölkerung und beispielloser Einwanderung von aussen im Laufe der letzten zwei Generationen doch den Vorsprung der alten Kulturländer nicht einzuholen vermocht. Die Mitteldichte erhebt sich dort nicht über 20—25.

Indessen diese Regionen lösen sich wie angedeutet bei näherer Betrachtung noch in eine grosse Reihe von Einzelgebieten sehr verschiedener Dichte auf. Scharf hebt sich das schwächer bevölkerte, wenig fruchtbare Dekan (Atlas, Taf. 39) von den äusserst dicht besiedelten Küstenstreifen und der Tiefebene von Hindustan ab. Rasch sinkt die Volksdichte Chinas, sobald man aus den Niederungen in die höheren Stufen, namentlich in das Gebirgsland im Westen aufsteigt. Die europäische Dichteregion lässt deutlich neben zahlreichen kleineren vier bezw. fünf zusammenhängende Gebiete von je 50—60 000 qkm unterscheiden, in denen die Dichte sich weit über das Mittel erhebt. Solcher kleinen Dichteprovinzen treten noch zwei selbständige an isolierten Stellen der Erde ausserhalb jener Regionen auf, in Java (90 000 qkm) und im untern Niltal mit Delta (28 000 qkm), der grössten Wüstenoase, die wir kennen. In beiden Gebieten ist es die intensivste Bodenkultur auf fruchtbarstem Erdreich, welche die Existenz einer so hohen Volksdichte ermöglicht. In Verbindung mit den ähnlichen Landschaften Südindiens und anderen mehr lokalen Anhäufungsstellen in den Küstenniederungen hinterindischer Ströme beweisen sie zugleich die Möglichkeit ebenso grosser Verdichtung unter tropischem Himmel wie in den subtropischen und gemässigten Breiten [84]). Nur wechseln die Rassen, und viel hat zur Erweiterung des Anbaues und damit zur Verdichtung der Bevölkerung die Leitung durch Europäer beigetragen. Hierauf ist auch die hohe Volksdichte zurückzuführen, die der Plantagenbau auf einigen Inselchen wie den Maskarenen und einzelnen der kleinen Antillen zuwege gebracht hat.

Gegenüber der gesamten Landfläche tritt die Ausdehnung dicht bevölkerter Gebiete ausserordentlich zurück. Kaum 3 Mill. qkm haben mehr als 100 Einwohner auf 1 qkm, also jene dem heutigen Mitteleuropa zukommende Mitteldichte, nur die Hälfte dieser Territorien besitzt eine solche von mehr als 150.

3. Ausgedehnter sind die mässig bevölkerten Gebiete, die wir für diese Uebersicht zwischen die Stufen 10—50 einschliessen wollen. Einen Uebergang bilden jedoch die Landstriche mit einer zwischen 50—100 schwankenden Dichte, denen insgesamt wohl auch nicht mehr als 3 Mill. qkm auf der Erdoberfläche zukommen. Der

[84]) Der Satz Ratzels (Anthropogeographie II, 1891, 204, 267), dass „nur mässige Wärme und hinreichende Niederschläge dichte Bevölkerungen sich über weite Räume ausdehnen lassen", verkennt wohl den Hauptpunkt, nämlich dass die alte Welt innerhalb der eigentlichen Tropen solche ausgedehnten Schwemmlandstiefebenen wie in Indien und China nicht besitzt und andererseits Südamerika noch ein zu junges Kolonisationsgebiet ist.

grössere Teil der dieser Dichtestufe angehörenden Gegenden steht mit den obigen Anhäufungsregionen in unmittelbarem territorialen Zusammenhang. Südeuropa — nur Italien hebt sich als stärker bevölkert ab — und die übrigen Randgebiete des Mittelmeeres, Russland südlich des 60° Br. (und ohne die Steppen im Südosten) nebst Kaukasien, Südschweden erweitern ringsum nach der kontinentalen Seite die europäische Region grosser Volksdichte. In Asien bilden zunächst die längs der Gebirge entlang ziehenden Berieselungsoasen und Ackerbaudistrikte am Rande der Steppe in grosser Zerstreuung Streifen von mässiger Volksdichte. Die Talflächen Hinterindiens und manche Niederungen der asiatischen Inseln gehören hierher. In Afrika zeigen sich der Sudan, auch Oberguinea und das westliche Zentralafrika im grossen und ganzen mässig bevölkert. In Amerika stehen einmal die Landstriche der atlantischen und oberen Zentralstaaten der Union im Ohio- und Mississippigebiet, also das Hauptziel der europäischen Einwanderung, bereits mit Russland auf gleicher Stufe der Verdichtung (20—40). Schwächer sind die südlichen Staaten bewohnt (15—20). Viel älteren Datums ist die etwas stärkere Besiedelung der Hochflächen von Mexiko, Zentralamerika und Colombia. Endlich mögen Chile und einige Küstenstreifen Brasiliens hierher gerechnet werden. Bei der grossen Unsicherheit, die noch über unserer Kenntnis der afrikanischen Bevölkerung schwebt, ist es zwar gewagt, eine Schätzung zu versuchen. Im ganzen dürfte ein Areal von 13 Mill. qkm für die mässig bevölkerten Landstriche (10—50) nicht zu weit von der Wirklichkeit entfernt sein.

4. Die schwach bevölkerten Gebiete (1—10) mögen die gleiche Fläche einnehmen. Sie herrschen in einem ziemlich ausgedehnten Masse im Negergebiet Afrikas vor, allerdings sich noch vielfach in ganz schwach und in mässig bevölkerte scheidend. Auf dieser Stufe macht ein Unterschied der Mitteldichte weiter Gebiete von 1—2 Menschen auf 1 qkm schon ziemlich viel aus. Dazu treten dann die jung kolonisierten Territorien in Südamerika, Südostafrika, Südostaustralien, soweit sich in Küstenstrichen, wo die erste Festsetzung vor sich ging, nicht schon die Bevölkerung etwas verdichtet hat. Zwischen den Ansiedelungen finden sich immer grosse Lücken, aber sie füllen sich mit der Zeit.

5. Wenn früher für das Steppen- und Oedland der Erde, das an sich nur vereinzelte Stellen für die menschliche Besiedlung abzugeben vermag, gefunden wurde, dass es die etwas grössere Hälfte der Erdoberfläche einnimmt (S. 723), so sehen wir auf der Karte der Volksdichte die sehr dünn bevölkerten Gebiete, in denen sich die Dichte, wenn es hoch kommt, bis auf 1 erhebt, weit über diese Hälfte übergreifen. Denn neben den Steppen- und Wüstenregionen der alten und neuen Welt sind auch die ausgedehnten Länder geschlossenen tropischen Urwaldes und ebenso die des nordischen Waldgürtels im hohen Grade menschenarm. Gegen 100 Mill. qkm oder $^3/_4$ der bekannten Landfläche der Erde sind also zur Zeit

noch äusserst gering bevölkert. Wenn nun manche Flächen in dem Steppengürtel und in den tropischen Waldgebieten in späteren Jahrhunderten ihre Bevölkerung bei fortschreitender Kultur der heimischen Rassen — die Kultivation Afrikas wird die Bevölkerung dort rasch steigen lassen — werden verdichten können, so ist dies jenseits der polaren Getreidegrenze (S. 722, Taf. 8) wohl für immer ausgeschlossen.

So ergibt sich denn am Beginn des 20. Jahrhunderts kurz das Bild, dass auf der Landfläche der Erde in sehr roher Schätzung anzunehmen sind [85]):

Stark bevölkert (über 100) etwa	3	Mill.	qkm
Gut bevölkert (50—100) „	3	„	„
Mässig bevölkert (10—50) „	13	„	„
Schwach bevölkert (1—10) „	13	„	„
Sehr dünn bevölkert (unter 1) und unbewohnt (rund) . .	100	„	„
Summa . .	132	Mill.	qkm

Unterliegt es keinem Zweifel, dass noch weite Gebiete in allen einander gegenübergestellten Ländergruppen einer viel grösseren Verdichtung der Bevölkerung fähig sind, sodass, wer in hundert Jahren oder später die gleiche Abschätzung versucht, eine wesentlich andere Gruppierung finden würde, so ist es doch undenkbar, dass auch bei noch so grossen Fortschritten in der Technik des Ackerbaues allmählich der grössere Teil der mässig, schwach und dünn bevölkerten Gebiete eine gleich dichte Bevölkerung zu tragen vermöchte wie die bereits an einer gewissen Grenze der Verdichtungsmöglichkeit angelangten. Denn es handelt sich dabei in erster Linie um Ausdehnung der Fluren für die Brotfrüchte (S. 729). Würde auch der Boden an sich in weiten Gebieten gestatten, ihn zum Getreidebau zu verwenden, so fehlt es doch meist viel zu sehr an Wasser, um wirklich grosse Erträgnisse, die für die Weltwirtschaft und damit für die Gesamtheit der Menschenwelt in Betracht kommen, zu erzielen. Es kann daher, so unvollkommen unsere Kenntnisse vieler Landschaften auch heute noch sind, doch bereits die Frage aufgeworfen werden, ob die Erde die doppelte Zahl der Menschen, welche sie heute trägt, zu ernähren vermöchte [86]).

---

[85]) Ausser F. Hanemanns Berechnung von 1874, wonach $1{,}_3$ % der Landfläche eine Dichte von 145 und mehr auf 1 qkm (über 8000 auf 1 Q.-M.), $6{,}_2$ % eine solche von 36—145 (2000—8000) und $92{,}_5$ % unter 36 haben sollten (Bev. d. Erde II, Gotha 1872, 95), ist meines Wissens die Karte der Volksdichte planimetrisch noch nicht ausgewertet worden wie die Karte der Höhenstufen, der geologischen Formationen etc. — [86]) Hiermit stehen u. a. die Anschauungen Ratzels und E. G. Ravensteins in starkem Gegensatz. Ersterer (Anthrop. II, 1891, 228) meinte, dass die Erde abgesehen von Europa, Indien, China mindestens 1 Mill. Q.-Meilen (also rund 60 Mill. qkm) Land von solcher Güte umschliesse, dass es einige Milliarden von Menschen zu ernähren vermöchte. Irgend ein näherer Nachweis, wo solche gelegen, zumal nur „im gemässigten Klima starke Verdichtung möglich" sein soll, wird jedoch nicht gegeben. Ravenstein (s. o. S. 723, Anm. 7) schätzt die „mögliche" Bevölkerung der Erde auf 6000 Millionen, indem er den „fruchtbaren Regionen" der Erde, die er zu 73 Mill. qkm berechnet, eine mögliche mittlere Volksdichte bis zu 80, den Steppen eine solche von 4, den Wüsten eine von $0{,}_4$ gibt. Anknüpfend an Ravensteins Darlegungen gelangt der Statistiker

§ 364. Höhenstufen der Menschenverbreitung[87]). Dass weitaus die grösste Zahl von Menschen ihre Wohnsitze im Tieflande hat, kann man mit einem Blick übersehen. Die dichtest bevölkerten Ackerbaugebiete Chinas, Japans, Indiens, Europas gehören der Tiefebene an, aber auch fast alle europäischen Industrielandschaften liegen in der Ebene oder im niedrigen Hügelland. In den Vereinigten Staaten lebten 1901 76 Prozent der Gesamtbevölkerung unterhalb der Stufe von 300 m[88]). Die Küstenränder der Erde zwischen den Wendekreisen finden wir fast überall weit dichter mit Siedelungen besetzt als die höheren Stufen und Bergländer. Hier spielt im allgemeinen die Gunst des Klimas im Tiefland, die Bodenbedeckung, die Verbreitung des Schwemmlandes in den Niederungen die Hauptrolle. Die Bevölkerung kann ihre Verdichtung gleichmässiger über grosse Flächen ausdehnen. Im Gegensatz dazu sind die menschenarmen Trockengebiete der Erde abgesehen von den polaren, die wegen des Klimas hier selbstverständlich ausfallen, Hochländer bis auf die aralokaspische Senke und die Wüste Tharr in Indien.

Nur in Amerika zeigt sich eine bemerkenswerte Ausnahme von dieser allgemeinen Abnahme der Menschendichte mit der Höhe. Dort sind die tropischen Küstenstriche weit schwächer als die Hochflächen besiedelt. Stellt man in den Andesstaaten die im Hochland gelegenen Landschaften den Terrassen und Küstenstrichen gegenüber, so ergibt sich als Mitteldichte:

	Hochland	Untere Terrassen
in Mexiko	30	11
in Colombia	20	6—7
in Peru	5	2

Frhr. v. Fircks (Bevölkerungs-Lehre u. -Politik, Leipzig 1898, 295) auf eine Zahl von 9000 Mill. Dabei sollen die fruchtbaren Regionen leicht auf eine Dichte von 100 zu bringen sein, die Steppenländer auf eine durchschnittliche Dichte von 20 (!), die Wüsten auf 5 (!). Wie leichtfertig die Beweisführung ist, ergibt sich u. a. daraus, dass v. Fircks die von Ravenstein angenommene Grösse der Landfläche zwischen den Getreidegrenzen (46,$_{35}$ Mill. engl. Q.-M. = 120 Mill. qkm) infolge eines viel zu grossen Reduktionsfaktors zu 137 Mill. qkm berechnet, ohne zu erkennen, dass diese Fläche grösser als die gesamte bekannte Landfläche (135 Mill. qkm) wäre. So wird die „Fertile Region" Ravensteins von 73,$_2$ Mill. qkm mit einem Federstrich in 84,$_1$ Mill. verwandelt etc. Vorsichtiger sind die Berechnungen von K. Ballods (Wieviel Menschen kann die Erde ernähren? Schmollers Jahrh. d. Gesetzgebung etc, 66. Jahrg., Heft 2, München 1912, 81—102). Er nimmt die anbaufähige Fläche der Erde zu rund 56 Mill. qkm an, wovon 28 Mill. (= 2800 Mill. ha) als Ackerland gelten könne. Der „Standard of life" sei sehr verschieden. Im heutigen Amerika bedürfe der Kopf an mit Getreide bestellter Fläche, einschliesslich der für Futterstoffe (Nutz- und Zugvieh) und für Faserstoffe (Bekleidung) benötigten, 1,$_2$ ha, in Deutschland 0,$_5$ ha, in Japan nur 0,$_{125}$ ha. Je nachdem man hiervon ausgehe, könne also die Erde 2333 Mill. (2800 Mill. ha : 1,$_2$ ha), oder 5600, oder 22400 Mill. Menschen ernähren; vorläufig könne man bei 5600 Mill. stehen bleiben. Das hiesse jedoch die intensiv durch Ackerbau auszunutzende, also die stark und gut bevölkerte Fläche (s. o.) stark überschätzen, denn 28 Mill. qkm werden auf der Erdoberfläche keinesfalls ausreichend bewässert, um die erforderlichen Erträgnisse zu liefern. — [87]) Literatur s. E. Friedrich in Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 449. — [88]) Bevölk. d. Erde XII, 1904, 16.

Da in anderen Staaten die tropischen Küstenstriche und Terrassen nicht ebenso menschenarm sind, wird man das Klima für diese Erscheinung nicht verantwortlich machen können. Die kolonisatorische Tätigkeit der Spanier fand diese Verhältnisse schon vor und baute nur auf denselben weiter [89]).

Im kleinen beobachtet man die Wiederzunahme der Volksdichte mit der Höhe bei einzelnen deutschen Mittelgebirgen, die sich in den Höhen zu breiten Plateaus abflachen und daher mehr Raum zu Ansiedelungen als an den Gehängen bieten (Schwarzwald). Andererseits hat sich oft die Hausindustrie in an sich unfruchtbaren und daher nur schwach bevölkerten Gebieten, die ursprünglich durch den jetzt ertraglosen Bergbau ihre Ansiedler erhielten, festgesetzt und ernährt nun eine Volksmenge von aussergewöhnlicher Dichte. So findet man im Erzgebirge zwischen 6 · 700 m noch eine solche von 130, zwischen 900—1100 m von mehr als 50 [90]).

Im allgemeinen nehmen die Ansiedelungsflächen in den höheren Faltengebirgen rasch nach oben ab, sobald sich nicht breitere Hochtäler zwischenlagern (Engadin), die, wenn auch über der Getreidegrenze liegend, sich doch zur Viehwirtschaft noch eignen. Mehr und mehr sind es zerstreute Flecken von Grasland, die der Mensch von Sommerwohnungen aus ausnützt; diese reichen oft bis an die Schneegrenze hinan. Darüber hinaus sind es nur ganz vereinzelte Punkte, die noch Wohnstätten tragen. Der Fund edler Metalle hatte bisher allein die Menschen in gänzlich unwirtliche Orte hinaufzulocken vermocht; in der Neuzeit hat der Sport des Bergsteigens in Hochgebirgen (Alpen) eine Zone von Schutzhütten oberhalb der Schneegrenze entstehen lassen und die Wissenschaft hat in den Wetterwarten manche Bergspitzen mit ständigen Aufenthaltsorten der Menschen besetzt.

Auf den Anden von Bolivia liegen die Bergwerksstädte Potosi (4070 m) und Portugalete (4300 m) noch über 4000 m. In Europa gilt die meteorologische Station unter dem Gipfel des Montblanc (4362 m) als höchstes Wohnhaus [91]). Höher noch steigt das Zelt- und Höhlendorf bei den Goldfeldern von Tok Dschalung im Quellgebiete des Indus (Atlas, Taf. 38) empor (5000 m).

§ 365. Die Grossstädte [92]). Unsere Zeit ist, wie hervorgehoben, gegenüber den früheren Perioden des Städtewachstums (§ 357) durch das rapide Anschwellen der Grossstädte gekennzeichnet. Niemals hat

---

[89]) Ratzel, Anthrop. II, 1891, 221. — [90]) J. Burgkhardt, Das Erzgebirge, Orometr.-anthropogeogr. Studie (Forsch. z. D. L.- u. V.-Kunde, Bd. 3, 1888, 135). — [91]) Die meteorologischen Observatorien der Amerikaner in Peru, deren höchstes auf dem Vulkan Misti in 5850 m liegt, sind nur Schutzhütten für selbst registrierende Instrumente, nicht für dauernde Bewohnung. Vergl. Geogr. Jahrb. XXI, 1898, 266. — [92]) K. Hassert, Die Städte, 1907, S. 77 ff.; „Die Grossstadt" in Jahrb. d. Gehestiftung in Dresden IX, 1903; Supan, Bev. d. Erde IX, 1893, 125 ff. Daselbst sind 270 Grossstädte aufgezählt, deren Zahl heute schon beträchtlich vermehrt werden müsste; H. Hassinger, Die geograph. Verteilung der Grossstädte auf der Erde, D. Rundschau f. Geogr. XXXIII. Wien 1911, 385—390, mit Karte in 1 : 85000000 im Aequ.).

ein ähnlicher Grad innerer Wanderung innerhalb der Kulturstaaten stattgefunden. Eine solche Menschenanhäufung an ein und demselben Wohnplatz ist aber überhaupt erst durch die neuen Verkehrsmittel ermöglicht, welche die tägliche Berührung von Bewohnern aus den entlegensten Stadtteilen gestatten.

Sicher gibt es heute schon mehr als 360 Grossstädte auf der Erde, wenn wir die untere Grenze wie üblich auf 100 000 Bewohner setzen, und jährlich rücken immer neue in diese Gruppe. Vor 40 Jahren zählte man nicht halb so viele. Als Hauptstädte von Gross- und Mittelstaaten verdanken manche ihre Bedeutung der zentralisierenden Anziehungskraft, welche der Sitz der Regierung mit sich bringt. Handel und Verkehr ist die wichtigste Lebensader der meisten; nicht weniger als etwa 100 unter ihnen sind Seeplätze. Aber das enorme Anschwellen ihrer Bevölkerung in jüngster Zeit verdanken sie doch meist dem Umstande, dass sie gleichzeitig Mittelpunkte lebhafter Grossindustrie geworden sind. Manche der grösseren Grossstädte sind reine Fabrikorte.

Die Millionenstädte, deren das Altertum nur ein oder zwei gekannt hat, (Babylon, mehr ein ummauerter Platz von zahlreichen Ansiedelungen, und Rom) finden sich noch heute fast ausschliesslich im Gebiete der Grossstaaten (S. 809). Diejenigen des europäischen Kulturkreises spiegeln im Wachstum ihrer Bevölkerung und der wirtschaftlichen Bedeutung die rasch aufsteigende Bewegung des gesamten Staatswesens, dem sie angehören, wieder. Aber bald werden auch einige Mittelstaaten mit solchen Riesenstädten versehen sein; nicht zum Vorteil derselben, weil sich dann das gesamte wirtschaftliche und Geistesleben des Staates in solchen alles beherrschenden Mittelpunkten abspielt.

Die meisten Grossstädte im topographischen Sinne zählt heute (1912) Grossbritannien[93]) (ca. 44); fast ebenso viele das Deutsche Reich[93]), sowie die Vereinigten Staaten; in den industriellen Nachbarstaaten Deutschlands (Belgien, Niederlanden, Schweiz) finden sich zusammen 11. Diese grosse Zahl von Grossstädten ist, wie gesagt, eine durchaus neue Erscheinung in Europa; seit alten Zeiten war dagegen China besetzt mit äusserst volkreichen Städten, deren Einwohnerzahl jedoch nur sehr unsicher bekannt ist.

Bei dem rapiden, aber doch unregelmässigen Wachstum der Grossstädte innerhalb ganz kurzer Perioden ist es nicht angängig — wie dies bei ganzen Staaten erlaubt scheint (S. 762) —, eine Schätzung der Einwohnerzahl für einen künftigen Termin, auch wenn er nahe bevorsteht, vorzunehmen. Man muss sich begnügen, die neuesten Zählungs- oder Schätzungsergebnisse zusammenzustellen. Allerdings hinkt dann der Vergleich mannigfach, da sich die Angaben nicht auf das gleiche Jahr beziehen.

[93]) Die Zahl der Einzelgemeinden mit mehr als 100000 Einwohnern ist grösser (Grossbritannien 1910 : 50, Deutsches Reich 48). Indessen sind hier die topographisch mit grössern Gemeinden verschmolzenen wie Salford (s. u. Manchester-Salford), oder Altona oder die zahlreichen Vororte von London oder von Berlin (Charlottenburg, Neukölln früher Rixdorf, Schöneberg, D.-Wilmersdorf) hier nicht als selbständige Grossstädte im topographischen Sinne gerechnet.

Gross-London (1911)	7 250 000	Buenos Aires (1911)	1 330 000
Gross-Neu-York (1910)	4 767 000	Osaka (1908)	1 227 000
Gross-Paris (1911)	3 800 000	Hamburg-Altona (1910)[94]	1 150 000
Gross-Berlin (1910)	3 700 000	Kalkutta (1911)	1 027 000
Tokio (1908)	2 186 000	Kanton[95]	1 000 000 (?)
Chicago (1910)	2 185 000	Hankou-Wutschang	1 000 000 (?)
Wien (1910)	2 030 000	Peking	1 000 000 (?)
St. Petersburg (1909)	1 908 000	Livingstone	1 000 000 (?)
Philadelphia (1910)	1 549 000	Singham	1 000 000 (?)
Moskau (1909)	1 281 000		

Demnächst werden sich diesen Millionenstädten anschliessen:

Manchester-Salford (1911)	946 000	Trentzin	800 000 (?)
Budapest (1910)	882 000	Bromberg (1911)	776 000
Rio de Janeiro (1908)	858 000	Liverpool (1911)	747 000
Warschau (1909)	856 000	Brüssel (1910)	717 000
Glasgow (1911)	785 000		

[94]) Mit Wandsbeck (1910: 35 200) und Schiffbeck (ca. 10 000 Einw.). — [95]) Alle Angaben über die chinesischen Grossstädte sind ganz unsicher. Für Kanton schwanken sie zwischen 1 und 2 Mill. Einw.

VII. Verkehrswege und Verkehrsmittel.

Literarischer Wegweiser zu Abschnitt VII. Die Geographie des menschlichen Verkehrs aus dem Rahmen eines angewandten Zweiges der Erdkunde zu lösen und enger mit der rein wissenschaftlichen zu verknüpfen, hat man erst in jüngster Zeit ernstlicher begonnen. Ueber die massgebenden methodischen Gesichtspunkte orientiert gut mit meist treffender Charakterisierung der vorhandenen Literatur ein Aufsatz von A. Hettner: Der gegenwärtige Stand der Verkehrsgeographie (Geogr. Zeitschr. III, 1897, 624—634, 694—704). Die geographischen Handbücher beschränken das Kapitel auf statistische Uebersichten der modernen Verkehrsmittel innerhalb der politischen Räume. Rein deduktiv erläuterte J. G. Kohl, Der Verkehr und die Ansiedelungen der Menschen, 1841, die verschiedenen Verkehrsmöglichkeiten nach Lage und Bodenverhältnissen, ohne auf die Ausnutzung durch die Verkehrsmittel einzugehen. In Ratzels anthropogeogr. Schriften werden diese Fragen nur kurz gestreift, s. u. a. „Die Wege" in Anthropogeogr. II. Polit. Geogr., 2. Aufl. 1903, Der Verkehr als Raumbewältiger, 447—534. Eingehender behandeln F. v. Richthofens Vorlesungen über Allg. Siedlungs- und Verkehrsgeographie (Berlin 1908, 201—335) die Fragen: Analytische Betrachtung über den Verkehr; Verhältnis von Siedlung und Verkehr; Triebkräfte des Verkehrs. Zum Zweck, eine eigene geographische Entfernungswissenschaft zu begründen, behandelte W. Götz die „Verkehrswege im Dienste des Welthandels", Stuttg. 1888, geschichtlich. Die Kapitel über Wege und Transportmittel in den einzelnen Ländern und den sechs Perioden der Entwicklung des Verkehrswesens unterscheiden dies fleissige Werk von denjenigen über die Geschichte des Welthandels vorteilhaft, soweit der geographische Gesichtspunkt in Betracht kommt. Leider sind die beiden wichtigsten Perioden seit 1500 ganz kurz behandelt. Die volkswirtschaftliche Literatur über das Verkehrswesen sucht übrigens auch mehr und mehr Anschluss an die geographische Seite des Problems, S. u. a. W. Roscher, System der Volkswirtschaft III, 2. Aufl. 1881, I, 10—12, Transportmittel; G. Cohn, System der Volkswirtschaft III, Stuttg. 1898, 4. Buch. Das Verkehrswesen; Fr. C. Huber, Die geschichtl. Entwickelung des modernen Verkehrs, Tübingen 1893. Manches ist für den Geographen auch aus der technischen Literatur zu entnehmen. Von allgemeineren Werken mag besonders auf die Kapitel Kanäle, Strassen- und Brückenbau in Curt Merckels Werk: Die Ingenieurkunst im Altertum, Berlin 1899, hingewiesen werden. Vergl. im übrigen E. Friedrich im Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 424—35.

§ 366. Die Wege und der Verkehr. Jeder menschliche Verkehr zielt auf Raumüberwindung ab. Er will die örtlich getrennt lebenden Menschen, ihre Ansiedelungen, Wirtschaften in Verbindung setzen. Die Gegenstände, welche zur Uebertragung von Ort zu Ort gelangen und die Formen des Verkehrs bedingen, sind kurz gesagt Nachrichten, Personen und Lasten. Die Linien, längs welcher sich dieser Verkehr vollzieht, sind die Verkehrswege. In diesen haben wir die Grundelemente einer Geographie des menschlichen Verkehrs, dieses so weit umfassenden Kulturbegriffs, zu erblicken.

Jedes materielle Ding legt bei einer Ortsveränderung einen „Weg" zurück. Er wird durch die Lage aller durchlaufenen Punkte bestimmt. Dies ist der subjektive Begriff des Weges. Eine gewisse Klasse solcher Wege hat für die Geographie hervorragendes Interesse. Das sind die Reisewege (Routen, Itinerare) des einzelnen Forschers und Entdeckers (Entdeckungsfahrten), die wir gern in die Karte eintragen, um zu erfahren, an welchen Punkten der Erdoberfläche die Betreffenden Beobachtungen durch Augenschein zu sammeln Gelegenheit hatten (S. 92). Hier handelt es sich dagegen um den objektiven Begriff des Weges.

Nur durch gewohnheitsmässigen Verfolg der nämlichen Richtungslinien längs der physischen Erdoberfläche von seiten des Menschen wird das erzeugt, was wir die menschlichen Verkehrswege nennen. Auch die Tiere, namentlich die gesellig lebenden, besitzen ihre eigenartigen Verkehrswege.

Die Häufigkeit des Begehens kommt dabei zunächst nicht in Betracht. Die Wege dienen zwar im allgemeinen zur Verbindung der einzelnen menschlichen Wohnstätten und Wohnplätze. Aber jeder Fusspfad im Hochgebirge, der zu einem unbewohnten, aber öfters besuchten Gipfel führt, gehört auch zu den Verkehrswegen im geographischen Sinne. Eine Beschränkung auf einen besonders häufigen Austausch von Verkehrsobjekten liegt in dem Begriffe Verkehr zunächst nicht (s. u. Verkehrslinien).

Die allgemeine Richtung eines Weges ist durch Anfangs- und Endpunkt wohl bestimmt. Aber der Einzelverlauf hängt von den verschiedensten Bedingungen ab. Wir berühren nur die geographischen. Theoretisch strebt der Verkehr die Verbindung je zweier Punkte (Wohnplätze) auf kürzestem Wege an, also in gerader Linie oder bei weiterer Entfernung im grössten Kreise der Erdkugel. Das setzt aber eine nach allen Seiten freie und ebene Fläche (bezw. eine glatte Kugelfläche) voraus. Nur das offene Meer oder ein Seespiegel erfüllen — von den bewegenden Kräften der Winde und Strömungen sehen wir dabei ab — diese Bedingung. Dafür hinterlässt der Seeverkehr keine sichtbaren Spuren auf dem Wasser und nötigt den Schiffer, den an sich vorhandenen und vielleicht oft von ihm selbst befahrenen Weg doch immer von neuem mit den Mitteln der Nautik zu suchen.

Anders auf dem Lande, wo sich selbst der Fussverkehr durch Niedertreten der Vegetation und Feststampfen des Bodens allmählich in diesen eingräbt. Mehr noch gibt jeder Ansatz zu einer Wegeverbesserung durch die Menschen dem Wege einen festen und sichtbaren Verlauf. Auf diese Weise reihen sich die Verkehrswege auf dem Festland jenen linearen Kleinformen an, welche die feinere Ausgestaltung der trockenen Erdoberfläche bedingen (S. 373); freilich als solche von zartestem Körper im Verhältnis zu den Einkerbungen, die das fliessende Wasser in sie gräbt, oder zu den erhöhenden Anschwemmungen, die dieses in den Senken anhäuft. Mit den Rinnsalen der Flussbetten lassen sich die Wege als Verkehrsbetten im übrigen vielfach in Parallele stellen.

Verkehrslinien. Das was man in der Handelsgeographie und Handelsgeschichte unter Verkehrswegen versteht, wird man nach obigen Erläuterungen als höhere Einheiten besser mit dem Worte

„Verkehrslinien" bezeichnen. Solche setzen sich, ähnlich wie eine Flusslinie die verschiedenartigsten Talstrecken zu einer Einheit verbindet, aus einer Kette von Wegestrecken verschiedener Gattung zusammen. Sie nötigen meist zum Wechsel des Transportmittels, besonders wenn Land- und Seewege zu ein und derselben Verkehrslinie verbunden sind, wie dies im Weltverkehr fast die Regel ist.

Eine ähnliche Aneinanderkettung von verschiedenartigen Bestandteilen bekundet sich auch in den oben beschriebenen Reisewegen des Einzelnen. Ein solcher wird sich ja im allgemeinen in fremden Ländern auf den an Ort und Stelle bereits bekannten Verkehrswegen fortbewegen. Oft sind die Reisenden und Entdecker die Pioniere zur Eröffnung von Verkehrswegen, indem sie schon an sich bestehenden Linien neue Verkehrsstrecken einfügen oder alte Verkehrslinien in neue Richtungen lenken („Entdeckung des Seeweges nach Ostindien").

§ 367. Wegsamkeit und natürliche Verkehrshindernisse. Unter Naturwegen verstehen wir solche Verkehrsbahnen, bei denen die Menschen auf lange Strecken kaum einzugreifen brauchen, um die Verbindung zwischen den in Betracht kommenden Endpunkten dauernd offen zu halten. Wasserwege gehören in erster Linie dazu, nur setzen diese bereits ein künstliches Fahrzeug voraus. Auf dem trocknen Lande sind möglichst ebener Boden, leidlich festes Erdreich, Freisein von gar zu üppiger Vegetation Hauptbedingungen solcher Naturwege. Wegsam heisst in der ursprünglichen Bedeutung des Worts ein Gebiet, das durch seine Bodengestalt und Bodenbedeckung der Anlage von Wegen mannigfach Vorschub leistet.

Von diesem Standpunkt aus müssen die meisten Grassteppen gemässigter Breiten als besonders wegsam gelten, da der Boden eben und trocken und die Vegetationsdecke schwach ist. Das Gegenstück ist der tropische Urwald, der, obwohl meist über ebene Flächen ausgebreitet, der Durchschneidung mit Wegen die grössten Schwierigkeiten bietet und einen eben durchhauenen Pfad in kürzester Frist wieder bis zur Unkenntlichkeit verwachsen lässt. Wegsam nennen wir ein Gebirge, wenn breite Zugangstäler langsamen Aufstieges zum Hauptkamm führen und mannigfache Einkerbungen und Pässe in der Kammlinie die Anlage von Uebergangswegen erleichtern (S. 430).

Seitdem jedoch der moderne Wegbau — im weitesten Sinn des Wortes — so vielfach in die natürlichen Verhältnisse eingegriffen hat, dass einst unwirtliche Gebiete nach allen Seiten von bequemen und sichern Wegen durchzogen sind, wird man von natürlicher und von künstlich hervorgerufener Wegsamkeit sprechen müssen. In letzterm Sinn sind z. B. heute die deutschen Mittelgebirge mit ihrem Netz von prachtvollen Fahrstrassen in hohem Grade wegsam geworden.

Auf dem Lande stellen sich der Herstellung von Verkehrswegen mannigfaltige natürliche Hindernisse in den Weg, zumal wenn es sich um die Erreichung eines Zieles in möglichst gerader, also kürzester Linie handelt. Ein Fluss, der nicht mehr durchwatet oder durchschwommen werden kann, ein sumpfiger Morast, undurchdringliches Vegetationsdickicht, eine schwer zu erklimmende Bergwand zwingen, so lange nicht durch die Kunst des Menschen die Schranken

überbrückt oder durchbrochen sind, oft zu Umwegen, deren Länge in keinem Verhältnis steht zu der in der Luftlinie gemessenen Entfernung der Zielpunkte. Sind manche der eben genannten Widerstände nur auf ganz bestimmte Landstriche der Erde beschränkt, so stellen sich wasserführende Flussbetten als die weitaus häufigsten Unterbrechungen im Wegeverlauf ein. Daher die Bedeutung aller seichten Stellen oder Furten für das ursprüngliche Wegenetz eines Landes, daher auch im Flusstal der erste Ansatz zur Herstellung eines künstlichen Weges mittels des Brückenbaus. Von der Zusammenbiegung schwankender Aeste über einem Gewässer des tropischen Urwaldes, der wir schon bei manchem niedrig stehenden Stamme begegnen, bis zur kunstvollen Hängebrücke, die sich heute über die breitesten Flüsse, ja über Schluchten und Täler spannt, bezeichnen diese Stellen in jedem Wegelauf die wichtigsten Fixpunkte. Verfallene Strassen, über deren Körper der Pflug wieder zieht wie die römischen im südlichen Deutschland, lassen sich in ihrem Verlauf oft allein an den lange erhaltenen Resten des ehemaligen Brückenbaus wiedererkennen.

An der Vernichtung bereits bestehender Wege arbeiten die Naturkräfte unausgesetzt. Unbeaufsichtigte Wege verwildern rasch. Die schlimmsten Feinde des künstlich aufgeschütteten Wegekörpers sind die Regengüsse, ganz zu schweigen von dem Unterspülen und Niederreissen der Brücken durch die Hochfluten im Bette von Bächen und Flüssen. Von dem steten Kampf, in welchem sich jeder Wegebau im Gebiet tropischen Pflanzenwuchses mit seiner überwuchernden Kraft befindet, ist soeben gesprochen. Aber auch das andere Extrem des Klimas, die Trockenheit der Luft, wird ihnen gefährlich, sobald der Wind den abgewetzten Sand in Bewegung setzt. Die Sandstürme der Wüste verwischen leicht jede Spur des begangenen Weges. Dort wird sich der Wegebau auf die Errichtung einzelner Marken beschränken müssen, die weithin zum Wegweiser dienen, ähnlich wie dies in den Landschaften erforderlich ist, die sich im Winter in eine tiefe Schneedecke hüllen.

Da Wege ausschliesslich Erzeugnisse des menschlichen Verkehrs sind — natürlich besitzen, wie schon angedeutet, gesellig lebende Tiere in gleicher Weise ihre Wegenetze, und die Pfade mancher grossen Tiergattungen wie z. B. diejenigen der Elefanten arbeiten den Menschen beim Wegebau vor — so gibt es auch inmitten der Oekumene wegelose Gebiete, wie wir in ihr auch unbewohnte Landstriche finden. Aber erstere sind immer kleiner als letztere. Denn da der Verkehr die siedelungsleeren Flächen nicht durchweg meidet, weil sie oft die kürzeste Verbindung der am Rande gelegenen Siedelungen ermöglichen — man denke besonders an Küstenstriche und Hochgebirgsrücken — so zerlegt das Wegenetz durch Querlinien die unbewohnten Gebiete immer in eine Reihe kleinerer, vom Verkehr umgangener Maschen.

§ 368. Die Wege in ihrem Verhältnis zu den Transportmitteln und Verkehrsarten. Je nach der Natur der Beförderungsmittel, mit denen der Verkehr bewältigt werden soll, stellt dieser verschiedene Ansprüche an den Wegeverlauf und die Beschaffenheit der Wege. Tragfähigkeit der Unterlage, Breite des Weges und Gefällsverhältnisse, Güte der

Bahn oder mindestens Freiheit von Unebenheiten auf ihr kommen dabei in erster Linie in Betracht. Von diesem Standpunkte aus kann man von schreitenden, gleitenden und rollenden Transportmitteln sprechen.

Nicht minder spielen bei der Frage der Wegenatur die Arten des Verkehrs eine Rolle. Mit fortschreitender Kultur werden nicht nur immer mannigfaltigere Güter erzeugt, sondern es nimmt auch eine immer grössere Zahl von Menschen innerhalb der einzelnen Kulturkreise an diesen Kulturerzeugnissen teil (S. 795). Das übt auf den Verkehr einen gewaltigen Einfluss aus. Gegenüber der Fortschaffung der geringen Habe der Naturvölker oder der Herbeischaffung von einigen Luxusgütern für den beschränkten Kreis der Reichen und Mächtigen im Altertum und Mittelalter gilt es in der Neuzeit immer grössere Gewichtsmassen zu befördern. Kleinverkehr und Massenverkehr machen verschiedene Ansprüche an die Transportmittel und damit an die Wege.

Das zeigt sich auf allen Gebieten, im Personenverkehr, im Frachtverkehr, im Nachrichtenverkehr. Wenn in früheren Zeitaltern grösserer Sesshaftigkeit der Massentransport von Menschen mehr gelegentlich bei Festen, Heereszügen, Wallfahrten (Kreuzzügen) in die Erscheinung trat, so ergiesst er sich in unserm Jahrhundert in täglich sich wiederholenden Strömen in die grossen Verkehrsmittelpunkte oder geht aus diesen heraus. — Mit schwer ins Gewicht fallendem Frachtgut galt es im Altertum wohl ein und das andere Zentrum der Menschenanhäufung aus der Ferne zu versorgen — wir erinnern an die Getreideflotten, die Athen oder Rom die Brotfrucht zuführten, — was will das aber besagen gegenüber dem Massentransport von Nahrungsfrüchten, Rohstoffen für die Industrie und ihren Erzeugnissen, die heute auf der ganzen Erde zur Verladung kommen? — Und was hat der Nachrichtenverkehr, einst ein Vorrecht der Staatslenker oder einzelner Grosskaufleute, im Mittelalter daneben wohl auch von Klöstern, Universitäten und Handelsplätzen in Anspruch genommen [1]), heute an Lasten zu bewältigen, wo zu dem Briefverkehr das Zeitungswesen hinzugetreten?

Aber mit der Kultur steigt für die Menschen der Wert der Zeit. Wie wenig diese vom Naturvolk, ja auch von zahlreichen Völkern der Halbkultur geschätzt wird, beweisen die Geduldsproben, die den rührigen Europäern in den zeitraubenden Verhandlungen mit Gliedern solcher Völkerschaften auferlegt werden. Nur eine Form des Schnellverkehrs zeigt sich in Spuren auch schon auf niedrigster Stufe der Gesittung: für Verbreitung von Nachrichten wird er am frühesten organisiert. So lange diese noch durch Boten erfolgt, kann mit dem Dienst wohl die rasche Herbeischaffung einzelner Luxusgüter aus der Ferne für die Höfe oder die Stätten verfeinerten Genusses verbunden werden. Die Massengüter sind erst im Zeitalter des Dampfes in den Schnellverkehr gelangt. Dagegen zieht sich das Bestreben, die Personenbeförderung zu beschleunigen, durch die gesamte Entwicklung des Verkehrswesens, und dieses hat auf den Wegebau in den verschiedensten Zeitaltern fördernd eingewirkt.

[1]) Fr. C. Huber, Geschichtl. Entwickelung d. modernen Verkehrs 1893 51 ff.: Die Botenanstalten der mittelalterl. Korporationen.

Wenden wir diese Betrachtungen auf die Arten der Transportmittel und die Wegegattungen an.

Die schreitenden Beförderungsmittel, uns in den Gehwerkzeugen für die Eigenbewegung angeboren, gliedern sich je nach der Ausnutzung der menschlichen oder tierischen Muskelkraft in verschiedene Formen. Ursprünglich war aller Verkehr Fussverkehr. Er erfordert nur schmale Fusspfade, solange nicht mit der Auflösung grösserer Transporte in lange Reihen hintereinander herschreitender Menschen Gefahren verbunden sind. Fussgänger, Träger und Läufer vertreten die drei oben unterschiedenen Arten des Verkehrs bei Beschränkung auf den Fussverkehr. Selbstverständlich können diese bis zu einem gewissen Grade ineinander übergehen. Träger übernehmen zuweilen auch die Personenbeförderung (das Reisen in Sänften in Indien). Umgekehrt stellten die in Reihen marschierenden Sklavenkarawanen Afrikas eine Ware, eine Last dar, „die sich selbst befördert".— Diese Verkehrsform hat in der Erziehung von Haustieren zu Reit- und Lasttieren die wichtigste Ergänzung erfahren. Sämtlich, bis auf den Elefanten, der Gruppe der Huftiere entnommen, stellen sie an den Pfad, den sie entlangziehen, verhältnismässig geringfügige, wenn auch nicht durchweg gleiche Ansprüche. Man fasst den Verkehr mit diesen Tieren als Saumverkehr zusammen. Ihm dienen die Saumwege. Der Lastentransport geht auf denselben nur langsam vor sich. In kleine Lasten je nach der Tragkraft des Einzeltieres verteilt, findet der Warenverkehr mittelst dieser schreitenden Beförderungsmittel leicht eine obere Grenze der Ausdehnung. Durch einige schnellfüssige Reittiere wie das Pferd und Kamel wird dem Schnellverkehr bereits beträchtlicher Vorschub geleistet.

Die gleitenden Transportmittel sind wohl in den beiden Formen des schwimmenden Fahrzeuges (Schiffs) und des Schlittens (oder der Schleife) weit ältere Erzeugnisse des menschlichen Erfindungsgeistes als jedes rollende Fuhrwerk. Das ergibt sich schon daraus, dass sie aus eigenartiger Ausnutzung von Naturwegen entsprungen sind. Uns interessieren jetzt nicht die verschiedenen Formen und Entwicklungsstufen des Schiffsbaus. Wie gross aber auch immer der Abstand zwischen dem einfachen Floss oder dem ausgehöhlten Baumstamm und dem modernen Riesendampfer sein mag, immer handelt es sich bei diesen Fahrzeugen wie beim Schlitten um eine möglichst glatte Fahrbahn. Eine solche bildet im eminenten Sinn nur die Wasserfläche. Und was die Hauptsache ist, ihre Tragkraft ist zugleich eine hohe, eigentlich nur von der Wassertiefe im Verhältnis zum Tiefgang des Fahrzeuges abhängige; es bedarf auch nur geringen Kraftaufwandes, um grosse Lasten auf dem Wasser fortzubewegen. Auf dem Wasser hat der Mensch früh gelernt, sich die Naturkraft des Windes zur Beförderung seines Fahrzeuges dienstbar zu machen. Wasserwege sind also die echten Naturwege zur Lastenbeförderung. In Flüssen und längs des Meeresstrandes nach Richtung und Ausnutzbarkeit — die Tiefe des Fahrwassers spielt hierbei immer die Hauptrolle (§ 181) — noch eng an die Oberflächen-

gestaltung der festen Erdrinde gebunden, entwickeln sie sich im offenen Meer zu den breitesten Fahrbahnen. — Das nur wenig einsinkende Fahrzeug des Schlittens findet in horizontal gelagerten Eis- und Schneeflächen, wohl auch in dem elastischen Gras- und Moosteppich den Boden, auf dem es leicht über die Unebenheiten hinweggleitet. Schnellfüssige Zugtiere sind im allgemeinen die Voraussetzung seiner Anwendung. Im Rentier, Hund und Pferd hat sie sich der Mensch erzogen. Schlittenverkehr ist zumeist Schnellverkehr.

Das rollende Transportmittel stellt an die Fahrbahn die höchsten Anforderungen, wenigstens wenn es einigermassen belastet werden soll. Ein Verkehr mit Handkarren lässt sich auch mit Saumwegen vereinigen (China). In einzelnen Steppenländern hat sich der Wagenverkehr noch vor dem Bau künstlicher Strassen auf Naturwegen eingebürgert. Ungünstig für diesen ist besonders nasser, weicher und tiefgründiger Boden, in den die Räder einsinken. An grossen Steigungen macht er im allgemeinen Halt. Hier muss also der Wegebau zu Hülfe kommen, die Wege ausebnend und den Strassenkörper festigend, Flussbetten und Schluchten überbrückend, die Steigungswinkel im Bergland durch Verlängerung des Weges herabmindernd. Nur in mächtigen Schlangenwindungen kann ein Fahrweg eine Bergwand erklimmen. Rind, Pferd und Maultier bilden in der Hauptsache das Zugtier für den Wagen. Mit den beiden letztern ist die Möglichkeit des Schnellverkehrs verbunden, er verlangt aber eine gute Strasse (Kunststrasse). Nur unter dieser letzten Voraussetzung konnte sich das neueste Transportmittel im Schnellverkehr, das Fahrrad, so rasch im Gebiet der strassendurchzogenen Kulturländer und in den Umgebungen der Städte einbürgern. Diesen schliesst sich der Kraftwagen im neuen Jahrhundert an. — Wenn auch im Altertum nicht unbekannt (S. 914), ist doch erst am Ende des 18. Jahrhunderts und im 19. der Spur- oder Schienenweg wieder zur Geltung gekommen. Als Eisenbahn hat er nach Ersatz der Zugkraft des Pferdes durch die Dampfkraft jene grosse Umwälzung hervorgebracht, welche die gewaltigsten Lasten raumbewältigend auch in den festländischen Schnellverkehr gezogen hat. In noch höherem Grade als die Kunststrasse ist die Eisenbahn mit ihrem festgefügten Bahnkörper vom Relief des Bodens und seiner Festigkeit abhängig. Sie verträgt nicht die scharfe Biegung und nicht die gleiche Steigung wie jene. Durch die Tunnelbauten hat man andererseits die wichtigste Naturschranke für den Landverkehr teilweise zu beseitigen und damit den Grossverkehr mitten durch Gebirgsländer zu führen gelernt, an deren Fuss er früher Halt machen oder die er in weiten Umwegen umgehen musste.

§ 369. Die regionale Verbreitung von Wegegattungen und Transportmitteln[2]. Es gibt keinen sprechendern, aus dem Landschaftsbild

[2]) A. Hettner, Die geogr. Verbreitung der Transportmittel des Landverkehrs, (Zeitschr. f. Erdk., Berlin 1894, Bd. 29, 271 — 289, mit sauberem Kärtchen 1 : 250 000 000; dasselbe in Debes' Handatlas Nr. 10); Ed. Hahn, Die Transporttiere in ihrer Verbreitung und in ihrer Abhängigkeit v. d. geographischen Bedingungen (Verh. d. XII. D. Geogr.-Tages, Jena 1897, 181 — 96).

heraustretenden Kulturmesser als den Zustand des Wegenetzes. Im künstlichen Strassenbau, wozu wir bei dieser Zusammenfassung auch Kanäle und Eisenbahnen rechnen, ist eine ungeheure Summe von kultureller Arbeit verkörpert. Nicht weniger als die Erbauung ist die Erhaltung der einmal geschaffenen Wegsamkeit ein Zeichen hohen Standes der Kultur in einem Lande. Was von seiten der europäischen Völker und ihrer Tochterstaaten im Laufe der letzten 100—150 Jahre geschaffen, lässt alles in Schatten treten, was je in früheren Perioden der Weltgeschichte geleistet ist, so sehr die straffe Energie der Chinesen und Römer, der Peruaner unter den Inkas und anderer amerikanischer Kulturvölker bei Herstellung eines Wegenetzes in ihren Gebieten unsere Bewunderung verdient.

Aber räumlich ist doch gemäss der Verteilung der Völker europäischer Kultur über die Erde bis heute nur der kleinere Teil ihrer Oberfläche mit diesen neuen Errungenschaften überdeckt, und auch in den Regionen, wo uns bereits dichte Eisenbahnnetze begegnen wie in Nord-Amerika und Europa, treten bei näherer Betrachtung in der Uebereinanderschichtung der verschiedenen Wegegattungen merkliche Unterschiede hervor. Hier in den alten Kulturländern ist ein grosser Teil der ehemaligen Saum- und Landwege erst in Kunststrassen verwandelt worden, ehe der Eisenbahnbau begann. Dort — und so geht es in andern jungbesiedelten Gebieten überall — löst die moderne Form der Verkehrswege, die Eisenbahn, zum Teil die älteste Form, den Fusspfad, unmittelbar ab.

Jedenfalls sieht trotz aller Fortschritte der Beginn des 20. Jahrh. noch weite Regionen der Erde mit den ihnen eigentümlichen Formen des menschlichen Verkehrs, wie er sich in Wegen und Transportmitteln ausspricht, ausgestattet. Es verlohnt sich, sie an der Hand der entsprechenden geographischen Momente an uns vorüberzuführen. Das verkehrsgeographische Bild der Erde wird in einzelnen dieser Regionen nach einem Jahrhundert wesentlich anders aussehen. Andern Gebieten wird die seit alten Zeiten anhaftende Form des Verkehrswesens dauernd verbleiben, weil sie in der Landesnatur begründet ist. Nur die Haupttypen können uns im folgenden beschäftigen.

§ 370. Fusspfade und Trägerverkehr. Diese Verkehrsform, die bei uns jetzt fast ganz in die höchsten Gebirgsregionen zurückgedrängt ist, herrscht bis heute noch im weiten Gebiet des tropischen Afrikas durchaus vor. Vor dem Eindringen der Europäer gab es dort, soweit nicht etwa die Flüsse die Möglichkeit eines Wasserverkehrs boten, lediglich Fusspfade, und alle Lasten mussten oder müssen durch Träger befördert werden (Trägerverkehr).

Wie sehr dieser Mangel an anderweitigen Transportmitteln eine raschere wirtschaftliche Erschliessung des Kontinentes hemmen muss, mag man aus dem ungeheuren Aufwand von Menschen entnehmen, der zur Fortschaffung selbst geringer Lasten erforderlich ist. Mehr wie 25—35 kg übernimmt ein Träger kaum, da er daneben noch seine Lebensmittel — oft für mehrere Tage — und die sonstigen Utensilien für die tägliche Rast zu tragen hat. Aufseher, Soldaten,

Weiber, Kinder vermehren den Tross einer solchen Trägerkarawane [3]). Neben dem Proviant müssen die Tauschwaren, welche die Stelle des Geldes vertreten, mitgeschleppt werden. Alles hängt von dem guten Willen der Leute ab, da man wenig Machtmittel hat, sie zu vertragsmässigen Verpflichtungen anzuhalten. Die einzig bequeme Reisezeit ist die der Dürre. Nicht nur die Ueberschwemmungen, auch das Hochgras der Steppen, in dem man den nächsten Vordermann nicht mehr erkennen kann, erschweren in der nassen Jahreszeit den Verfolg des ausgetretenen Fusspfades. Ein jeder Ersatz dieser schwerfälligen und ungemein kostspieligen Verkehrsart muss daher dem Europäer in diesen Gebieten willkommen erscheinen.

Auch im Gebiet mancher austral-asiatischen Inseln (Borneo, Celebes) herrscht, soweit nicht die Kultur schon eingegriffen hat, der Trägerverkehr noch vor.

§ 371. Die Saumwege und der Saumverkehr. 1. Mit dem früher (S. 745) besprochenen klimatisch scharf begrenzten Verbreitungsgebiet des Kamels in seiner doppelten Abart betreten wir den weiten Gürtel trockner Landstriche, die sich von Nordafrika bis nach Hochasien hinziehen und zum grossen Teil ohne dieses ausgezeichnete Lasttier wegelos sein würden. Zwar fehlen Esel, Pferd und Maultier nicht überall, ja in einzelnen Grenzgebieten wie z. B. dem nördlichen Persien [4]) beherrschen sie den Karawanenverkehr. Aber gerade die wasserlosesten Strecken der Flugsandwüste oder die Salzsteppen werden wesentlich nur mit der Hülfe des Kamels durchzogen.

In der Sahara, wohin dasselbe ja erst spät gedrungen, hat es wohl auch früher nicht ganz an Verkehr gefehlt, doch haben sicher erst seit Verbreitung des Kamels einzelne Oasen ihre Bevölkerung erhalten und sich Wege gebildet. Die unendliche Genügsamkeit des Kamels ermöglicht den Durchzug durch sonst wegelose Gebiete; es erfordert im allgemeinen nicht, wie es das Pferd beansprucht, dass man Futter und Wasser für das Lasttier mitführt. Die Unsicherheit der meisten in Betracht kommenden Gegenden hat den Karawanenverkehr grossgezogen. Wir verstehen darunter das Reisen in grossen, meist von Bewaffneten begleiteten Trupps (Karwân, persisch = Handelsschutz). Es ist, obgleich ja meist in der Ebene der Raum vorhanden, die Auflösung derselben in lange Reihen das Uebliche und der Weg gleicht nebeneinander herziehenden Saumpfaden. Doch sind es oft spurlose, sandverwehte Wege, deren Merkzeichen die Gerippe gefallener Tiere bilden. Möglichst geradlinig von Brunnen zu Brunnen ziehend, kehrt der Verkehr in die gleichen Linien immer wieder zurück, wenn die Unsicherheit der sich befehdenden Stämme einmal den Weg verlegt. — Ein Lastkamel trägt durchschnittlich 150—200 kg (S. 745), also das 5—6fache eines afrikanischen Trägers, doch hat man auch einzelne kräftigere Rassen [5]). In der Stunde etwa 4 km zurücklegend, vermag eine Karawane sich täglich etwa 30—35 km fortzubewegen, braucht also etwa 3 Tage für einen Erdgrad (S. 53). Mit Reitkamelen kommt ein Einzelner schneller vorwärts.

2. Von mehr lokaler Bedeutung, aber ganz dem dürftigen Boden und dem Höhenklima ihrer Verbreitung angepasst sind die beiden

[3]) P. Reichard, Vorschläge zu einer praktischen Reiseausrüstung für Ost- und Centralafrika; C. Die Karawane (Zeitschr. d Ges. f. Erdk., Berlin 1889, XXIV, 57—71). — [4]) P. Frhr. Rausch v. Traubenberg, Hauptverkehrswege Persiens, Halle 1890, 50 ff. — [5]) F. Stolze u. F. C. Andreas (Handelsverhältnisse Persiens, Erg.-Heft 77 zu Pet. Geogr. Mitt. 1885, 6) geben 350 kg als die einem Kamel der Chorassan-Rasse zuzumutende Last an.

Hochlands-Lasttiere der alten und der neuen Welt, die früher erwähnt sind: Yak oder Grunzochse in Tibet (S. 744) und das Lama (S. 745) auf den Hochflächen der amerikanischen Anden.

3. Im übrigen sind die wichtigsten Saumtiere Pferd, Esel und Maultier (S. 746). Unter diesen beherrscht das letztere teils als Reit- teils als Lasttier im romanischen Amerika den Verkehr, soweit er nicht in einzelnen Teilen auf die Eisenbahnen übergegangen ist, fast ganz, besonders im gebirgigen Westen. Nur wo sich dort die Gebirgszüge zu breiteren Hochebenen erweitern, treten Pferd- und Wagenverkehr (mit Ochsengespann) einigermassen in Wettbewerb [6]). Das südliche China kennt neben dem stark ausgebildeten Wasserverkehr nur noch den durch das Maultier betriebenen Saumverkehr. Trotz der Anspruchslosigkeit dieses Tieres gegenüber dem Pfade, den es zu verfolgen hat, haben wir uns die Saumwege in den gebirgigen Gegenden seines Verbreitungsgebietes nicht ohne alle menschliche Nachhülfe zu denken, da sie häufig an steilen Talwänden entlangführen.

§ 372. Schlitten- und Wagenverkehr und der Strassenbau. Als beherrschendes Gefährt kann der Schlitten nur dort gelten, wo er im Sommer so gut wie im Winter zur Verwendung kommt. Das ist nur in den Tundrenregionen der Polargebiete mit ihrem weichen Moospolster der Fall. In Nordamerika zieht ihn allein der Hund, im nördlichen Asien auch das Rentier. Es sind jedoch fast nur die nordischen Stämme, die sich dieser Gespanne bedienen. Eine grosse Rolle spielt natürlich der mit Pferden bespannte Schlitten bei den Russen diesseits und jenseits des Urals im Winter, weil die Schneedecke dann überhaupt erst das Land wegsam macht. Im Frühling und Herbst hört dort jeder Landverkehr auf. Die Wege sind so schlecht, dass die Frachten im Sommer auf das Doppelte derjenigen des Winters zu steigen pflegen [7]).

Die Benutzung des Wagens für die Fortschaffung schwerer Lasten hat zwar ein starkes Zugtier zur Voraussetzung, aber nicht notwendig eine eigentliche Kunststrasse. In der Tat hat sich das Ochsengespann als wichtigstes Verkehrsmittel in einigen Teilen der Erde eingebürgert, wo allein von Naturwegen die Rede sein kann. Das gilt besonders von Südafrika, wohin es durch die Holländer kam. Es ist erstaunlich, welche Steilwände von den mit zwanzig und mehr Ochsen bespannten schweren Wagen Südafrikas erklettert werden, in welche Schluchten sie sich herablassen. Auch in Argentinien hat dieser Ochsenwagen Eingang gefunden. Der zweirädrige Ochsen- oder Büffelkarren bildet in Südindien das übliche Fahrzeug, ist auch in Südeuropa viel verbreitet.

Der Strassenbau [8]) knüpft vielfach an den Schnellverkehr an; es handelt sich zunächst um möglichst rasche Beförderung von Botschaften in ferne Teile des Staatsgebiets. Das Bedürfnis tritt in

[6]) Hettner (Anm. 2), 274. — [7]) N. Jadrinzew, Sibirien, deutsch v. E. Petri, Jena 1886, 510. — [8]) Curt Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum, 1899, 205—233.

grossräumigen, zusammeneroberten, nur durch straffe Zentralisation zusammengehaltenen Kulturstaaten zuerst zutage. Es kann schon unter Wegräumung einzelner Hindernisse im Wegeverlauf, durch Errichtung einer Kette von Stationen befriedigt werden, auf denen Läufer als Träger der Briefschaften sich ablösen oder reitende Boten die Pferde wechseln (Staffettendienst). Mit solchen Linien gingen besonders die Perser vor. Die berühmten Königsstrassen, deren längste von Susa über Kleinasien bis Sardes führte (S. 932), war nichts anderes als ein durch feste Stationen bezeichneter Weg [9]).

Ganz andern Ursprungs, aber in eigentümlicher Weise der Landesnatur angepasst, war der Strassenbau der Griechen [10]). Hervorgegangen aus Tempelstrassen für die Beförderung der heiligen Götterwagen, beschränkten sie sich auf eine in den felsigen Untergrund gehauene doppelte Spurlinie. Auch in Illyrien, in Indien, China und Aegypten bestanden früh ähnliche Einrichtungen.

Weit grösseren Aufwand erfordert die künstliche Fahrbahn, die Herstellung eines festgebauten Strassenkörpers auf weite Strecken. Zu grossartigen Systemen sind solche im Altertum in China und im Römischen Reiche ausgebaut, wesentlich zu militärischen Zwecken. Die alten Inka-Strassen, welche die Spanier in Peru und ähnlich in manchen anderen Hochländern der Anden vorfanden, stellen sich ihnen an Grossartigkeit [11]) an die Seite. Freilich sind diese nicht zu den Fahrbahnen zu rechnen, denn ein Zugtier besass Amerika vor Ankunft der Europäer ja nicht.

Schon zur Zeit der Republik [12]) mit Errichtung einzelner von Rom in das Land ziehenden Strassen beginnend, wird der Ausbau seit den Tagen des Augustus lebendig. Doch erst in den folgenden Jahrhunderten überzieht sich das weite Reichsgebiet mit den langen Strassenlinien, die bis zu den Grenzen führen. Ihr Einzelverlauf interessiert uns hier nicht, wohl aber die Eigenheit, möglichst geradlinig dem Ziel zuzustreben, dabei die trocknern Höhen gegenüber den feuchten Talsohlen bevorzugend und gewaltige Steigungen nicht scheuend. In Gegenden mit lebhaftem Verkehr wie in Italien selbst ziemlich breit und mit Platten belegt, verschmälern sie sich im Gebirge beträchtlich, um in gepflasterten Saumpfaden die Pässe zu übersteigen; in den Grenzländern wie Deutschland stellen sie oft nur fest aufgeworfene Dämme dar.

Die Zeit der Völkerwanderung lässt diese Strassen verfallen. Und wenn das Mittelalter auch periodenweise und mehr örtlich nicht ganz ohne Sorge für die Wege ist [13]), so hat doch im allgemeinen der Landverkehr in Europa bis ins vorige Jahrhundert überall der schlechten Wege wegen mit den grössten Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt. Franzosen und Engländer gehen dann mit einzelnen von der

---

[9]) Ueber diese vielerörterte Wegelinie s. W. Götz, Verkehrswege (S. 755), 165 f.; die Behandlung ihrer Trace ist dort jedoch zu wenig nach geographischer Methode durchgeführt. — [10]) E. Curtius, Zur Gesch. d. Wegebaues bei den Griechen (Abh. d. Berl. Akad. d. Wiss., Hist.-phil. Kl. 1854, Auszug bei Merckel 217 ff.). — [11]) W. Prescott, Gesch. d. Eroberung v. Peru. A. d. Engl. Leipzig 1848, I, 48—52. — [12]) E. Berger, Ueber Römerstrassen des römischen Reiches, Progr., Berlin 1882; Fr. C. Huber, Entw. d. modernen Verkehrs (Tüb. 1893), 32 ff.; s. auch C. Merckel (Anm. 2), 222 ff. — [13]) S. u. a. E. Gasner, Z. deutschen Strassenwesen v. d. ält. Zeiten bis zur Mitte des 17. Jahrh., Leipzig 1889.

Hauptstadt ausstrahlenden Poststrassen voran. Doch erst die napoleonische Zeit bringt die Notwendigkeit der Erbauung von Heeresstrassen von neuem zum Bewusstsein. Der Strassenbau macht ernstliche Fortschritte, vor allem durch die Beschotterung über einer Grundlage von aufrecht gestellten Steinen — die Römer legten sie platt — und Milderung der Steigungen. Fünf Prozent (oder ca. 3°, (Atlas, Taf. V) Neigung gilt heute für das äusserst zulässige Mass eines guten Fahrwegs. Es vollzieht sich die Abstufung von Kunststrassen (Chausseen) und Landwegen verschiedener Art mehr nach Güte und Bauart des Weges, während in wegerechtlicher Beziehung zwischen Haupt- und Vizinalwegen etc. längst unterschieden ward. Das ganze 19. Jahrhundert hat in Europa emsig an diesen Landstrassen für den Wagenverkehr gearbeitet, und auch durch den Eisenbahnbau sind keine Unterbrechungen eingetreten. Ja, dieser hat die Zufuhrwege von allen Seiten erst recht ins Leben gerufen. Der gewaltigste Unterschied gegen frühere Zeiten zeigt sich im Innern vieler europäischer Gebirge, die heute von einem Netz prächtiger Fahrstrassen durchzogen sind.

§ 373. Die Binnenschiffahrt. Die natürlichen Wasserstrassen des Festlandes werden durch Flüsse und Binnenseen dargestellt. Die Ausdehnung der letzteren weist ihnen mehr einen Platz im Lokalverkehr zu. Die Flüsse haben gegenüber den Seewegen den Nachteil, dass sie den Verkehr immer in scharf vorgezeichnete Richtungen einengen. Sie binden ihn in eine einmal von der Natur gegebene Linie, die zwar durch schiffbare Seitenflüsse einige Abweichungen erhält, ohne dass sich diese zu einem wirklichen Maschennetz von kürzesten Verbindungen zusammenschliessen. Dazu kommt, dass die abwärts führende Strömung in den Flüssen die Vorwärtsbewegung des Fahrzeuges nur nach der Richtung der Talfahrt fördert, der Bergfahrt aber doppelten Widerstand entgegenstellt. Dies beschränkt die Benutzung der Wasserwege auf dem Festlande, so lange als Triebkraft des Bootes keine andere zur Anwendung kommt als die menschliche Muskelkraft oder die Zugkraft eines Tieres. Das letztere setzt freilich im allgemeinen schon die Herstellung eines Saumpfades längs des Ufers und damit vielfach die Befestigung des letztern voraus.

Zur Ausbildung kann der Wasserverkehr selbstverständlich nur im Flachland kommen, wo das Gefälle der Flüsse ein geringes ist; in diesem vermag er meist hoch ins Quellgebiet aufzusteigen, sobald genügende Wassertiefe vorhanden, und keine Stromschnellen oder Fälle die Schiffbarkeit unterbrechen. Doch auch diese und flache Wasserscheiden lassen sich auf künstlichem Wege überschreiten. So lange das Fahrzeug noch klein und leicht, bilden die Tragplätze, über die man es aus einem Fluss in den andern hinüberträgt, solche wichtigen Verbindungsstellen zwischen verschiedenen Stromsystemen. Sonst muss man sie durch Kanäle durchschneiden. In der Tat haben die Kunstbauten in Ländern mit ausgebildetem Wasserverkehr meist früh zu diesem Mittel gegriffen.

Vier grosse Regionen mit vorherrschendem Wasserverkehr[14]) lässt uns ein Blick auf die Weltkarte unschwer herausfinden. Im Amazonasbecken, dann dem Kongogebiet oberhalb der Hauptfälle und drittens im nördlichen Amerika mit seinen reich verzweigten Wasserflächen tritt er umsomehr in Wirkung, als es in diesen Regionen sehr an allen anderen natürlichen Wegen mangelt. Bis vor kurzem noch fast unberührt von der europäischen Kolonisation sahen die dortigen Wasserflächen nur die schwachen Fahrzeuge der umwohnenden Naturvölker, die leicht um Stromschnellen oder über Tragplätze hinübergeschafft werden können. Besonders in den tropischen Urwaldgebieten haben die Wasserwege Bedeutung. Auf Borneo findet ein Verkehr im Innern fast allein mittelst der Flüsse statt.

Man kann nicht zweifeln, dass, wo es sich um so mächtige Stromsysteme mit allezeit wasserreichen Flüssen handelt wie in obengenannten Gebieten, auch in Zukunft der Wasserverkehr, mit dem modernen Fahrzeuge des Dampfschiffs betrieben, der herrschende sein wird. Auf dem oberen Kongo und seinen Zuflüssen schwimmen, seit die Eisenbahn die kurze Strecke des durch die Fälle unterbrochenen Unterlaufes überbrückt hat, schon mehr als 100 Dampfer.

Eine vierte Region mit ausgesprochenem Wasserverkehr ist die südliche Hälfte Chinas mit ihren zahllosen Wasserstrassen, die daneben nur den Saumverkehr aufkommen lassen[15]).

In allen höher kultivierten Ländern haben die schiffbaren Flüsse früher um so grössere Wichtigkeit für den Lastenverkehr gehabt, je mehr der Strassenbau darniederlag. Eine Verbesserung der Wasserwege ist in manchen Staaten daher dem Ausbau des Strassenwesens vorhergegangen. Zunächst sich beschränkend auf Schiffbarmachung natürlicher Flüsse durch Eindämmung der Ufer (Kanalisierung), durch Entfernung von Riffen, Ausbaggerung, Aufstauung des Wassers mittelst Wehren und Schleusen, hat man dann energischer mit dem Bau gegrabener Kanäle begonnen. Die Einführung von Eisenbahnen hat diesen freilich in den Hintergrund gedrängt. Jedoch das Anschwellen des Massenverkehrs in den Industriezentren, den die letztern heute kaum mehr bewältigen können, hat neuerdings die Aufmerksamkeit wieder der Wasserstrasse zugelenkt.

§ 374. Die Binnenkanäle. Unter den künstlichen Wasserwegen, durch welche die Menschen gelernt haben, natürliche Schranken des Schiffahrtsverkehrs zu beseitigen, wird man die intermarinen Kanäle (§ 378) von den Binnenkanälen unterscheiden können. Die erstern dienen zur Abkürzung der Seewege.

Der Uebergang von grösseren Bewässerungsanlagen zu Kanälen der Binnenschiffahrt ohne Schleusensysteme, (die also einseitig aus einem höher gelegenen Fluss gespeist werden), ist kein so grosser, als dass es verwundern könnte, bei allen alten Kulturvölkern, die in

---

[14]) A. Hettner, Die geogr. Verbreitung der Transportmittel, s. Anm. 2. — [15]) F. v. Richthofen, Vorlesungen über Allg. Siedlungskunde u. Verkehrsgeogr. 1908, 241 ff.

flussreichen Niederungen lebten, schon sehr früh den Kanalbau zu finden [16]).

Derjenige der Aegypter oder der Babylonier, welche letztere Euphrat und Tigris in ihrem Unterlauf mehrfach verbanden, wird übertroffen durch die Bauten der Chinesen. Freilich dauern diese hier durch lange Jahrhunderte fort, während welcher Mesopotamiens prächtige Wasserstrassen längst verfallen waren. Der 1100 km lange Kaiserkanal verbindet alle grossen Ströme Chinas und war wesentlich bestimmt, die nördliche Hauptstadt unter Vermeidung der nicht leichten Küstenfahrt mit Getreide zu versorgen. In Europa waren seit alten Zeiten die Holländer Meister des Wasserbaues. Ihr Land ist von Schiffahrtskanälen durchzogen. Sie haben deren soviel (3200 km) als Eisenbahnen (1911: 3200 km). Im Binnenlande ist die einfache Durchschneidung einer Wasserscheide im Niveau des höher gelegenen Flusses, den man mit einem andern verbinden will, nicht immer möglich. Mittelst der nach beiden Seiten zu öffnenden Kammerschleusen, die stufenweise das Schiff emporheben und wieder sich senken lassen, kann man jedoch nicht unbeträchtliche Höhen überschreiten. Die Hauptsache ist, dass eine ausreichende Speisung von Wasser am höchsten Punkt gesichert ist, die den ständig erfolgenden Verlust durch Oeffnung der tieferen Schleusen nach beiden Seiten ersetzt. Am Fehlen regelmässiger Zufuhrgewässer auf der Scheitelstrecke scheitert manches Kanalprojekt.

In Europa [17]) ist, von kleinen Anfängen im 14. Jahrh. abgesehen, Frankreich [18]) wie im Strassen- so auch im Kanalbau mit grossen Unternehmungen vorangegangen. Freilich hat der 1681 vollendete Canal du Midi, bestimmt das Mittelmeer mit dem Ozean zu verbinden, indem er die Wasserscheide in 131 m Höhe mittelst zahlreicher Schleusen übersteigt, als ältester grösserer Scheitelkanal fast nur noch historischen Wert. Der Kanalbau dauerte mit Unterbrechungen bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts, in welcher die Rhone mit dem Rhein (350 m) und der Rhein von Strassburg aus mittelst doppelter Scheitelstrecke mit der Marne (1839—53) verbunden ward (Atlas, Taf. 22). England [19]) ward in allen flachen Landesteilen rasch hintereinander mit Kanälen versehen, nachdem seit Mitte des 18. Jahrhunderts der gewaltige Aufschwung der Industrie in Lancashire mit Notwendigkeit zu einem billigen Transport der Massengüter gedrängt hatte. Fast alle wichtigen Binnenkanäle sind von 1750—1820 gebaut. Die neuen Schienenwege haben dann, noch ehe der Dampfbetrieb eingeführt wurde, dem Eifer ein Ende bereitet. — In Nordamerika geht der Bau des den Hudson mit dem Erie-See und damit mit dem gesamten Seengebiet verbindenden Kanalsystems, das in einer Länge von fast 600 km das Alleghanygebirge überschreitet, mit andern dem Eisenbahnzeitalter voraus (1825). Ebenso ist von seiten Kanadas der Niagarafall durch einen Schleusenkanal schon um 1830 umgangen, der später freilich eine bedeutendere Tiefe und Verbreiterung erhalten hat.

Als eine eigene Gruppe von Kanälen müssen die Seeschiffahrtskanäle (Seekanäle) gelten, die einzelnen Binnenplätzen die Möglichkeit gewähren, dass sie von Seeschiffen unmittelbar erreicht werden. Die Tiefe der meisten Binnenkanäle pflegt 1—$1\frac{1}{2}$ m zu betragen, selten übersteigt sie 2 m. Das kanadische Kanalsystem gestattet bei $4\frac{1}{4}$ m Tiefe Seeschiffen von 1500 Tons Tragfähigkeit den Zugang bis Chicago.

---

[16]) Curt Merckel, Die Ingenieurkunst im Altertum, 1899. Kap. II, Bewässerungsanlagen, Kanäle, Strassenbauten, gibt eine zusammenhängende Uebersicht. — [17]) Eger, Die Binnenschiffahrt in Europa und Nordamerika. Nach amtl. Berichten mit histor. Notizen u. Literaturangaben. Berlin 1899. — [18]) R. v. Kaufmann, Die Eisenbahnpolitik Frankreichs, 1896. — [19]) M. A. v. Weber, Die Wasserstrassen Nordeuropas, Leipzig 1881, mit Karte.

Der neue Manchester-Kanal, der diese Stadt mit dem Mersey verbindet, und der Nordsee-Kanal, der Amsterdams Seeverkehr von neuem in Aufschwung gebracht hat (Taf. 18), haben dagegen 8—9 m Tiefe.

Die gesamten Wasserstrassen auf dem europäischen Kontinent mögen 90 000 km betragen, wovon etwa 20 000 km auf künstliche Wege entfallen. Arm an solchen ist begreiflicher Weise das gebirgige und wasserarme Südeuropa, von der Poebene abgesehen. Auf die Vereinigten Staaten nebst Kanada (im engern Sinn) rechnet man ca. 35 000 km, wovon 6000 auf Kanäle (und kanalisierte Flüsse) entfallen, also etwa die gleiche Länge wie im europäischen Russland (37 000 km bezw. 6000 km). Dieser scheinbare Reichtum an billigen Transportwegen wird allerdings dadurch beeinträchtigt, dass das Klima in Osteuropa und im nordöstlichen Nordamerika den Wasserverkehr im Winter auf eine Reihe von Monaten unterbricht, weil die Kanäle zufrieren.

§ 375. Die Eisenbahnen [20]). Erst die Einführung der Dampfkraft als Triebkraft hat die Möglichkeit gewährt, Massentransport mit dem Schnellverkehr zu verbinden. Darauf beruht der moderne Weltverkehr, wenn wir die räumliche Seite in den Vordergrund stellen. Auf dem Lande erheischt der Dampfbetrieb eine glattere künstliche Fahrbahn, als sie die beste Kunststrasse zu bieten vermag, die Spurbahn. Ihre Anwendung geht freilich der Erfindung der Lokomotive voraus. Pferdeeisenbahnen haben im Anfang des 19. Jahrhunderts den englischen Kanälen ernstlich Konkurrenz gemacht. Die ersten Dampfbahnen datieren aus den dreissiger Jahren desselben Jahrhunderts.

Sie entstehen zwischen industriellen Mittelpunkten oder gehen von Residenzen aus. 1830 wird die Bahn von Liverpool nach Manchester, 1835 die von Brüssel nach Mecheln und die Nürnberg-Fürther eröffnet. Bis 1850 gibt es auf dem Kontinent noch wenige grössere Linien. Erst 1851 ward z. B. Berlin mit München verbunden. England wandte sich äusserst schnell dem neuen Verkehrsmittel zu. Die grossen festen Brücken, wie sie eine Eisenbahn erfordert, scheute man lange. Erst 1857 ward die Weichsel (bei Dirschau), 1859 der Rhein (bei Köln) überschritten.

Den Fortgang der Bauten während der ersten Jahrzehnte an der Hand älteren Kartenmaterials zu verfolgen, ist für den Geographen von hohem Interesse. Die Zielpunkte sind selbstverständlich die grossen Handelsmittelpunkte, aber die Wege sind nicht als kürzeste Linien gebaut und folgen zuerst immer den bequemsten Tiefenlinien und Senken zwischen den Landerhebungen. Am Gebirge machen sie lange Zeit Halt. Aber die Technik lernt alsbald auch die Gebirgssteigung überwinden. Die Tunnelbauten schneiden die quergestellten Rücken ab. Wo die Täler zu eng werden, wird in Kehrtunnels, in denen sich inmitten des Berges die Bahn schneckenförmig in die Höhe windet, die grösste Steigung überwunden.

---

[20]) Für die ältere Zeit s. Stürmers Geschichte der Eisenbahnen, 2 Bde., Bromberg 1872—1876, weitere Literaturangaben gibt E. Friedrich im Geogr. Jahrb. XXXI, 1908, 430; ferner G. Cohn, Geschichte u. Bedeutung der Eisenbahnen (Handwörterbuch d. Staatswissenschaften. 3. Aufl. III. Jena 1909, 805—19).

Die Gebirgsbahnen haben in Europa schüchtern 1854 mit der Semmeringbahn (höchster Punkt 898 m) begonnen. Quer sind die Alpen zuerst 1867 von der Brennerbahn (1367 m) überschritten. Mittelst mächtiger Scheiteltunnels, die 800—1000 m und mehr unter den Passeinsenkungen die Gebirgsrücken durchschneiden, wurden 1871 die Westalpen (Mont Cenis), später die Mittelalpen (St. Gotthard 1882 und Simplon 1906) in Durchgangsländer des Grossverkehrs verwandelt. Amerikanische Bahnen führen in weit grösserer absoluter Höhe über Kordilleren und Anden. Einige der wichtigern Uebergangspunkte von Gebirgsbahnen mögen hier folgen:

Alpen	Höhe	Anden u. Kordilleren	Höhe
Simplon (Tunnel)	705 m	Zentral Pazifik Bahn . . .	1521 m
St. Gotthard	1154 m	Transandin. Bahn (Tunnel) .	3140 m
Mont Cenis (Tunnel) . . .	1254 m	Arequipa-Puno Bahn . . .	4580 m
Arlbergbahn (Tunnel) . . .	1310 m	Oroya Bahn in Peru (Tunnel)	4769 m
Brennerbahn	1367 m		

Die mittlere Steigung zu verfolgen hat wenig Interesse. Die grösste Einzelsteigung ist bei diesen Bauten ungefähr 1:30 oder ca. 2°. Diese Gebirgsbahnen, noch für den grossen Massenverkehr bestimmt, sind also nicht etwa mit den Bergbahnen auf eine Linie zu stellen, die mit grösserer Steigung durch Seil- oder Zahnradbahn immer zahlreichere Aussichtspunkte erklimmen. Bei der Bahn auf den Pilatus erreicht diese Steigung an einzelnen Stellen 48 % oder 25° (!).

Während sich in Europa das Eisenbahnnetz zuerst langsam entwickelt hat, warf sich der Unternehmungsgeist der Nordamerikaner mit Feuereifer auf das neue Verkehrsmittel. Für ihr grossräumiges und dünnbevölkertes Gebiet war es bei dem Mangel sonstiger guter Strassen der Haupthebel der Besiedelung und landwirtschaftlichen Entwicklung. Wie einst die Römer in die eroberten Aussengebiete ihre Kunststrassen gleich Fühlhörnern ausstreckten, so ist in Nordamerika der Eisenbahnbau nach dem Westen der Besiedelung vorausgeeilt. Die unternehmenden Gesellschaften erhielten längs der Linien breite Gürtel Landes zugewiesen in der Grösse kleiner europäischer Königreiche und lockten so die Ansiedler in die Ferne. Dies vermag uns auch die frühe Inangriffnahme der grossen, den Kontinent durchquerenden Linien, der Transkontinentalbahnen, zu erklären. 1869 wurde die erste Pazifikbahn nach San Franzisko eröffnet. Heute zählt man deren sechs.

Jede derselben hat eine mittlere Länge von etwa 5000 km. Die längste ununterbrochene Fahrbahn Nordamerikas wie die von Halifax in Neu-Schottland bis an die Grenze Guatemalas mag 7100 km betragen. Erst in neuester Zeit werden die transkontinentalen Linien Amerikas in ihrer Ausdehnung in der alten Welt übertroffen, seitdem nämlich Russland die grosse sibirische Eisenbahn gebaut hat. Lissabon ist auf dem Wege über Paris, Berlin, Moskau, Irkutsk durch eine Bahnlinie von 13 600 km mit der Küste des Gelben Meeres (Dalny) verbunden, und bald wird zwischen Lissabon und Peking ein zusammenhängender Schienenweg von etwa der gleichen Länge bestehen. Die geplante panamerikanische Eisenbahn wird von Halifax bis Buenos-Aires fast 18 000 km betragen; es fehlen jetzt (1912) aber noch mindestens 5000 km zwischen Mexiko und Bolivia.

Wenn wirklich das Netz römischer Strassen einst 100 000 km und mehr umfasst haben sollte[20]), so tritt die Kulturleistung der

[20]) C. Miller, Die Weltkarte des Castorius (Tabula Peutingeriana), Text Ravensburg 1888, 82, Huber (Anm. 12), 37; Miller schätzt die auf der Peutingerschen Karte verzeichneten Wege auf 120 000 km, doch ist es sicher, dass nicht alle dort eingezeichneten Verbindungen mit künstlichem Strassenbau versehen waren.

zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf dem Gebiete des Wegebaues erst in das richtige Licht. Mit fast 800000 km Schienenwegen ist das heutige Geschlecht ins neue Jahrhundert getreten; das ist etwa das Zwanzigfache des Erdäquators und bis 1910 ist sogar die Million Kilometer erreicht. Die Römer bauten — freilich mit ungleich geringeren technischen Hülfsmitteln — an ihrem Verkehrsnetz fast ebenso viele Jahrhunderte wie die Völker europäischer Kultur Jahrzehnte an ihrem Eisenbahnnetz. Seit 1870 hat sich dasselbe verfünffacht.

Eisenbahnnetze. Da es sich hierbei um ein Erzeugnis der Betriebsamkeit ausschliesslich der weissen Rasse handelt, ist es nicht angebracht, die Eisenbahnnetze nach den Erdteilen zu gruppieren. Auch von der Karte der Volksdichte können wir nach dem soeben über Nordamerika Gesagten nicht ausgehen. Anschaulicher wird die räumliche Verteilung dieses wichtigsten Kulturhebels, wenn wir — die zerstreuten Ansatzpunkte in eine Summe zusammenfassend —, von den sechs Erdstellen ausgehen, von denen aus sich die grösseren Netze verbreitet haben, ohne bereits Zusammenschluss zu finden. Danach kann man zwei grosse, dicht mit Eisenbahnen besetzte Regionen unterscheiden, die europäische und die nordamerikanische. Jene findet zur Zeit in Gibraltar, Kleinasien, und am Kaukasus ihr Ende und sendet drei mächtige Ausläufer in den Asiatischen Kontinent hinein, nämlich nach Sibirien, Zentralasien und nach Transkaspien. Die nordamerikanische Region bricht zur Zeit an der Südgrenze von Mexiko ab. Daneben bestehen noch immer, durch weite Räume getrennt, vier kleinere Netze, in der Südhälfte Amerikas (Brasilien-Uruguay-Argentina-Chile-Bolivia), in Britisch-Indien, in Südafrika und in Ostaustralien, zum Teil in sich noch mühsam den Zusammenschluss suchend (in Kilometern)[21]).

Eisenbahnnetze	1840	1870	Ende 1900	Ende 1910
Europäisches	2900	105000	283000	334000
Nordamerikanisches	4600	90000	358000	454000
Britisch-Indisches	—	8000	38200	51600
Südamerikanisches	—	2000	40200	59600
Ostaustralisches (m. Tasmanien)	—	2000	18200	22600
Südafrikanisches	—	100	6400	15500
Einzelgebiete	200	2900	46000	92700
Summa . .	7700	210000	790000	1030000

Wo es sich bereits um ein Netz von Verkehrslinien handelt, das sich über die Gesamtfläche eines Gebiets, wenn auch mit Lücken, ausspannt, kann man von dessen Dichte sprechen. Man kann zu diesem Zweck die Kilometerzahl L durch die Flächenzahl F teilen. (Das würde dagegen für Sibirien mit seiner einzigen Linie so wenig Sinn haben wie der Vergleich eines Staatsgebiets mit seiner Grenzlinie

[21]) S. für die ältere Zeit die statistischen Zusammenstellungen von Neumann-Spallart und v. Jurascheck in „Uebersichten der Weltwirtschaft“ (vergl. S. 755). Neueste Angaben im Statistischen Jahrbuch des Deutschen Reichs, Internationale Uebersichten, 1912, 35* ff. Die Eisenbahnen der Erde 1830—1900 (Archiv f. Eisenbahnwesen, Berlin 1912; 545—69).

(S. 820). Um aus obigen Angaben vergleichbare Gebiete zu erhalten, wird man etwa den Teil Nordamerikas, der nördlich der Getreidegrenze liegt und deshalb voraussichtlich nicht in das Verkehrsnetz gezogen werden wird, ausschliessen. In das Europäische Netz (s. o.) sind aus diesem Grunde die asiatischen Bahnen Russlands nicht miteinbezogen. Dann hatte 1910 etwa

das europäische Netz . . . . $3{,}_3$ Kilometer auf 100 qkm,
das nordamerikanische Netz . . $3{,}_7$ „ „ 100 „

oder beide Gebiete haben annähernd gleiche Dichte der Schienenwege. Innerhalb dieser mächtigen Regionen von je 10—12 Mill. qkm heben sich naturgemäss die dichter bevölkerten von den grossräumigen Flächen mit schwacher Besiedelung noch deutlich ab, ganz abgesehen davon, dass wirtschaftliche Unterschiede der Einzelländer bedeutend ins Gewicht fallen.

So hat ein Staat wie Russland mit 37000 km Wasserwegen nicht das gleiche Bedürfnis zum Eisenbahnbau wie andere Länder ohne solche natürliche Begünstigungen des Verkehrs. Umgekehrt hat es in Nordamerika der Spekulationsgeist dahin gebracht, dass die Eisenbahnen den Verkehr auf der natürlichen Wasserstrasse des Mississippi schwer beeinträchtigt und ihn aus der Meridianrichtung des Flusslaufes in die Querrichtung auf die atlantische Küste zu abgelenkt haben.

Innerhalb Europas ergeben sich, wenn man die Staaten zu grösseren Gruppen zusammenfasst, die folgenden Gegensätze: (Ende 1910)

	auf 100 qkm		auf 100 qkm
Grossbritannien	$12{,}_0$ km	Schweden-Norwegen . . .	$2{,}_2$ km
Mitteleuropa [22])	$9{,}_5$ „	Südosteuropa	$1{,}_8$ „
Südwesteuropa [23])	$4{,}_0$ „	Russland	$1{,}_1$ „
Summa: Westeuropa . .	$8{,}_1$ km	Summa: Osteuropa . . .	$1{,}_3$ km
Ost-Nordamerika [24]) .	$7{,}_9$ „	West-Nordamerika [24]) .	$2{,}_0$ „

Die Dichte von Wegenetzen kann man auch durch ihre mittlere Maschenweite veranschaulichen [25]).

Zu diesem Zwecke denkt man sich, ähnlich wie bei Berechnung der mittleren Siedelungsdichte (S. 887), die Fläche F des betreffenden Landes in quadratischer Form und zugleich in $n \times n$ kleine quadratische Felder eingeteilt. Zieht man durch die Mittelpunkte dieser letzteren zwei Systeme von Längs- und Querlinien bis an den Rand der Hauptfigur, so entstehen im Innern wiederum quadratische Maschen von gleicher Grösse, welche rings von oblongen Halbquadraten umgeben sind. Die Seite z dieser Maschen ist dann die gesuchte mittlere Maschenweite. Wählt man nämlich n derart, dass die Summe der Längs- und Querlinien, deren jede $= n \,.\, z$ ist, gleich der Gesamtlänge L der Wege-(Eisenbahn-)linien, dass also $n \,.\, (n \,.\, z) + n \,.\, (n \,.\, z) = L$ ist, so berechnet sich, weil gleichzeitig die Gesamtfläche $F = (n \,.\, z) \times (n \,.\, z)$, die Maschenweite z leicht aus beiden Gleichungen zu

$$z = F : {}^1\!/_2 \, L = 2 F : L.$$

Bei Vergleichen sollte man wiederum nur Flächen von annähernd gleicher Grössenordnung gegenüberstellen, also etwa europäische Grossstaaten und Mittelstaaten. Dann war beispielsweise die Dichte der Eisenbahnnetze am Ende 1910 in

---

[22]) Deutschland, Oesterreich-Ungarn, Dänemark, Niederlande, Luxemburg, Belgien, Schweiz, Frankreich. — [23]) Portugal, Spanien, Italien. — [24]) Ohne Kanada. — [25]) J. E. Böttcher, Mass für die Dichte der Eisenbahnnetze, (Geogr. Zeitschr. VI, 1900, 635 ff.)

Grossstaaten:	Fläche F	Bahnlänge L	Mittl. Maschenweite 2 F : L
Grossbritannien	314 000 qkm	37 600 km	17.$_0$ km
Deutsches Reich	541 000 „	61 100 „	17,$_7$ „
Frankreich	536 000 „	49 400 „	21,$_7$ „
Oesterreich-Ungarn (m. Bosnien) [26])	676 000 „	44 400 „	30,$_4$ „
Italien	287 000 „	17 000 „	33,$_8$ „
Europ. Russland (mit Finland)	5 400 000 „	59 600 „	181 „
Mittelstaaten:			
Belgien	29 500 „	8 500 „	6,$_9$ „
Sachsen	15 000 „	3 150 „	9,$_5$ „
Schweiz	41 300 „	4 710 „	17,$_5$ „
Bayern	75 900 „	8 140 „	18,$_6$ „
Niederlande	34 000 „	3 200 „	21,$_3$ „
Dänemark (ohne Färöer)	39 000 „	3 530 „	22,$_1$ „
Portugal (ohne Azoren)	89 000 „	2 900 „	61,$_4$ „

§ 376. **Die Seewege.** Die Flussschiffahrt leitet nicht unmittelbar zur Seefahrt hinüber. Wir kennen kein seefahrendes Volk, das aus den Anwohnern grosser Ströme hervorgegangen wäre. Weder Chinesen noch Ganges-Inder, Babylonier oder Aegypter [27]) haben als Seefahrer irgend Beträchtliches geleistet. Vielmehr sind es nur Küstenvölker, die den Wagemut der Seefahrt gelernt haben. Phoenizier und Griechen, Etrusker, Sarden, Ligurer im Mittelmeer, Normannen, Dänen, Eskimos im Norden, und die Polynesier sind sämtlich hart an die Küsten gebundene Völkerschaften. Fischereibetrieb und gewinnbringender Seeraub sind die Staffeln für die erste Ausbildung der Seefahrer. Seefahrt ist zuerst durchweg Küstenschiffahrt. In ihr kämpft der Mensch in ganz anderer Weise mit Wellen und Wind als im Fluss. Brandung, Untiefen, Stosswinde an den Landvorsprüngen richtig zu besiegen, erfordert Geschick und Kühnheit, wie sie von der Flussschiffahrt nicht beansprucht werden.

Es ist bekannt, wie lange die Seeschiffahrt im Altertum [28]) bei der Küstenfahrt stehen blieb, sei es, dass sie von Kap zu Kap weiter tastete, sei es, dass sie zum sichtbaren Ziel naher Inseln hinüber steuerte. An solchen ist das Mittelmeer besonders reich. Da sie sämtlich hohe Felseninseln sind, vermag man ihre Gipfel weithin zu erspähen. Es lässt sich leicht nach früher besprochenen Formeln (S. 98) berechnen, wie weit überhaupt der Kreis der Sichtbarkeit eines solchen Höhepunktes reicht.

Unsere Küstenkarten pflegen einen derartigen Sehkreis nur um die Leuchttürme und Feuerschiffe zu zeichnen. Ein 50 m hoher Turm leuchtet 27 km weit (S. 98). Der Gipfel von Cypern, fast 2000 m hoch, ist theoretisch 170 km weit sichtbar, konnte daher die Phoenizier leicht anlocken. Hier setzten sie sich zuerst

---

[26]) In Aufl. 1903, S. 837 dieses Lehrbuchs war die Maschenweite des Eisenbahnnetzes von Oesterreich-Ungarn irrtümlich zu 70$_2$ statt 35,$_1$ berechnet. — [27]) Die vereinzelte Kunde der Fahrt einiger ägyptischen Schiffe im Roten Meer nach Punt in Arabien im 17. Jahrh. (?) v. Chr. (Joh. Dümichen, Die Flotte einer ägypt. Königin etc. 1868; s. auch M. Rühlmann, Beiträge z. Geschichte etc. der Schiffahrt, Leipzig 1891, 20ff.) kann die Aegypter nicht zu einem seefahrenden Volk stempeln. — [28]) A. Breusing, Nautik der Alten, Bremen 1896.

fest. Die Südspitze Sardiniens (989 m, Atlas, Tafel 27) ist dagegen weder hart an der afrikanischen Küste (190 km), noch von der kleinen Insel Galita (150 km) aus zu sehen, wohl aber von Punkten 20 — 30 km nördlich von dieser. Es empfiehlt sich für historische Studien über die Seefahrt der Alten solche theoretischen Sichtbarkeitskreise um Küstenpunkte auf Karten aufzutragen [29]).

Viel geringer sind die Gefahren der Schiffahrt auf hoher See. Nur bedarf es anderer Mittel, sich auf derselben zu orientieren, sobald die Landmarken verschwinden. Nur Sonne und Gestirne bilden für die Zeiten den Wegweiser, in denen man den Kompass noch nicht kannte. Bei trübem Wetter versagen sie. Im Altertum hörte mit aus diesem Grunde die Schiffahrt während des Winters überhaupt auf. Freilich ist dies zugleich die stürmische Zeit im Mittelmeer, gegenüber dem Vorherrschen der Etesien, der steifen Nordwinde im Sommer. Jedenfalls betraten die seefahrenden Völker eine neue Gattung von Seewegen mit dem Versuch, fernere Küsten quer durch das Meer segelnd zu erreichen, die Hochseewege. Sie dürften im Mittelmeer von Kreta aus durch die Phoenizier eröffnet sein, als sie nach Malta fuhren.

Auch die Linien von Sizilien und Nordafrika nach Sardinien können als solche zuerst betretenen Hochseewege angesehen werden. Im allgemeinen zogen die Griechen noch durch Jahrhunderte die Küstenfahrten vor. Ihre Periplen und Stadiasmen, die wir als Vorläufer unserer Segelanweisungen ansehen, geben höchst selten Entfernungsangaben für Querwege über See an. Anders die Portulane der Italiener im Mittelalter. Mit Einführung des Kompasses war es nicht schwer, die Mittelmeerbecken zu durchkreuzen. Ohne dieses wichtige Hülfsmittel haben aber die Normannen die weit längeren Hochseewege nach Island und Grönland, gefunden, also schon Fahrten von 800 km — 1000 km gewagt. Die Azoren, deren östliche Insel (Atlas, Taf. 34) 1500 km von Portugals Küste entfernt ist, wurden schon 1432, also vor der Entdeckung von Amerika besiedelt und in dauernde Verbindung mit dem Festland gebracht.

Doch erst die Fahrt des Kolumbus 1492 hat die ozeanischen Seewege ins Leben gerufen. Sein Weg führte ihn von den Kanarien in der Region der Nordostpassate in 34 Tagen (8. Sept. — 12. Okt.) zu den Baháma-Inseln. Er hatte 6900 km (3700 Seemeilen) durchsegelt. Fortan beginnt das Problem, auf den scheinbar nach allen Seiten zugänglichen Weltmeeren die geeigneten Seewege zu finden. An diesem hat die Nautik seit vier Jahrhunderten gearbeitet. Auf den ersten Blick scheint der orthodromische Kurs oder das Segeln im grössten Kreise (§ 41) das vernünftigste, denn es ist der kürzeste Weg, der die Endpunkte einer Querroute verbindet [30]). Diesen aber festzuhalten erheischt eine grosse Kunst; der Kurs d. h. der Winkel, welchen die

[29]) L. Henkel, Die Grenze der Sichtbarkeit des Landes auf dem Meere (Pet. Mitt. 1901, 284 mit Karte des Mittelmeers 1 : 15 000 000). — [30]) Zur Erleichterung der Auffindung des orthodromischen Kurses mittelst der Verbindung von Ausgangs- und Endpunkt durch eine gerade Linie (wie es die Mercatorkarte für den loxodromischen Kurs ermöglicht, S. 216) hat das Hydrographic Office zu Washington Great circle Sailing Charts der 5 grossen Ozeane in gnomonischer Projektion (S. 231) herausgegeben. Näheres von E. Weyer in Annalen d. Hydr. 1890, 161; 1892, 185. Nützliche Dienste leistet ferner die Arbeit F. Hegemanns, Mittlere Entfernungen auf Dampferwegen in Seemeilen, Hamburg 1897 (auch in Ann. d. Hydr. 1897, Beiheft I).

Richtung des Weges mit dem Meridian macht, muss ständig gewechselt werden. Der Seemann zieht daher den loxodromischen Kurs (§ 41) vor, der ihm gestattet, einen festen Kurswinkel einzuhalten. So könnte man sich theoretisch die Hochseewege aus langen Strecken loxodromischer Kurse zusammengesetzt denken, indem man z. B. vom Kanal, um zum Kap der guten Hoffnung zu segeln, bis zum Wendekreis des Krebses loxodromisch nach Südwest, von da nach Südost führe. Indessen gilt es mit Winden und Strömungen kämpfen. Diese bestimmen in Wahrheit die Lage und den Verlauf der Hochseewege, zumal für die Segelschiffahrt.

Alle Versuche der Spanier im 16. Jahrh., von den Philippinen ostwärts die Küsten von Neuspanien wieder zu erreichen, misslangen (Atlas, Taf. 7), solange sie nicht nordwärts den Wendekreis und die Zone der Passate noch auf der asiatischen Seite überschritten und dann in viel höheren Breiten sich von den vorherrschenden Westwinden treiben liessen [31]). Schon Vasco da Gama gab den Rat, vor Erreichung des Aequators den Kurs möglichst weit westlich zu nehmen, um die Südspitze Afrikas zu umsegeln. Das führte bekanntlich (1500) zur frühen Entdeckung Brasiliens durch Cabral [32]).

Den rohen Erfahrungssätzen gegenüber, welche in früheren Jahrhunderten die Segelkurse bestimmten, sind diese durch die sorgfältigen Segelanweisungen der Neuzeit (Maury, S. 498) in viel engere Betten gebannt. Die maritime Meteorologie hat in den letzten fünfzig Jahren grosse Fortschritte gemacht, vor allem durch Feststellung von Richtung und Stärke der Winde und Strömungen, welche in den verschiedenen Jahreszeiten (Monaten) in einzelnen Gradfeldern auf See vorherrschen. Wie danach die Wege für die Ausreisen europäischer Schiffe, etwa aus dem Kanal, beträchtlich von den Heimreisen dorthin abweichen, so auch häufig die Aus- oder Heimreisen nach denselben Küsten je im Sommer oder Winter.

§ 377. Die Segelschiffahrt und ihre Wege [33]). Die Wege der Segelschiffahrt sind bei der viel grösseren Abhängigkeit von Wind und Wetter in ihrem eigentlichen Verlauf für den Geographen weit interessanter als die der Dampfschiffahrt. Die einst alles beherrschenden Segelschiffe sind freilich heute auf wenige Strassen eingeschränkt. Personen und teuere Stückgüter können sie nur selten noch verfrachten.

Nur schwerwiegende Massenprodukte, bei deren Ablieferung es nicht auf einen engbegrenzten Zeitraum ankommt und welche die teuere Fracht in Dampfern nicht ertragen können, sind ihnen geblieben. Doch ist auch dies noch ständigem Wechsel unterworfen. Das früher ausschliesslich in Fässern von Nordamerika mittelst Segelschiffen kommende Petroleum gelangt, seit es direkt in den eisernen Schiffsbauch gepumpt und wieder herausgesogen wird, nur noch in Dampfern nach Europa. Zur Zeit haben die grossen eisernen Segler, die man seit den letzten

---

[31]) Peschel, Gesch. d. Erdkunde, 2. Aufl. von S. Ruge, 1877, 355. — [32]) Peschel a. a. O., S. 257. — [33]) A. Schück, Die Wege des Ozeans für Segelschiffe, mit Karte; 2. Jahresber. d. Geogr. Ges. in Hamburg 1874—1875; vergl. besonders die treffliche Uebersicht über „Die Verkehrswege der transozeanischen Segelschiffahrt in der Gegenwart“ v. G. Schott (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., Bd. 30, 1895, 235—300, mit 3 Karten). Eingehender werden die Wege in den grossen Segelhandbüchern (s. o. S. 499) behandelt.

zwanzig Jahren baut, besonders im Import von Reis aus Hinterindien und von Salpeter aus dem nördlichen Chile Verwendung. Zur Ausreise dorthin müssen sie sich nach Möglichkeit mit solchen Waren befrachten, die an Plätzen unweit jener Reis- oder Salpeterhäfen Absatz finden können. Die meisten nehmen daher englische Kohlen, gehen dann nach Löschung dieser Fracht an einem auf dem Wege gelegenen Hafen in Ballast an die Punkte, an denen sie sich für die Rückfahrt befrachten können. Es findet also keineswegs immer ein unmittelbarer Austausch der Frachten zwischen dem Anfangs- und Endpunkt der Reisen statt.

Die wichtigsten Seewege der Segelschiffahrt. Den eigentümlichen Verlauf und die scheinbar gewaltigen Umwege, welche den Segelkursen eigen sind, verfolgt man am besten auf Windkarten.

1. Zu den schwierigsten Seewegen gehört für die Segelschiffahrt der direkte Weg vom Kanal nach den nordamerikanischen Häfen, da hier die Weststürme das Schiff aufhalten oder zur Seite werfen; dazu kommt die stets wachsende Zahl der hier verkehrenden Dampfer, welche die Gefahr des Zusammenstosses bedingen. Nebel erschweren im Gebiet des Golfstroms vielfach das rechtzeitige Ausweichen. Daher zieht das Segelschiff besonders im Winter einen zwischen den Azoren und Madeira hindurchgehenden Kurs vor, der in grossem Bogen den Golfstrom von Südost durchschneidet. Nach der Mississippimündung geht die Ausreise vom Kanal südsüdwestlich, um baldigst den Südostpassat zu erfassen und dann an Guadeloupe vorbei ins Karibische Meer und durch die Yucatan Strasse immer mit günstigem Wind und gleichem Strom zu fahren; die Heimreise dagegen benutzt die Florida Strasse und das Bett des Golfstroms bis in die Mitte des Ozeans. —

2. Alle Segler, welche von Kap Lizard an der Südwestspitze von England ausfahrend die Linie passieren wollen, vermeiden die portugiesische und afrikanische Küste und gehen jetzt meist westlich der Kapverden südwärts, um möglichst rasch den Gürtel der aequatorialen Windstillen zu durchschneiden. Gleichviel ob sie „rund Kap Hoorn“ oder „rund Kap der guten Hoffnung“ fahren wollen, führt ihr Weg noch unweit der südamerikanischen Küste südsüdostwärts bis ca. 20° S. Br. Dann erst trennen sich die Kurse. In gewaltigem Bogen wird Südafrika umfahren, etwa in 40° S., um den mächtigen Agulhasstrom zu vermeiden (Atlas, Taf. 8). Erst weit im Osten, etwa im Meridian der Kerguelen, wendet sich dann der Seeweg nach den Sundainseln oder Singapore. Der Rückweg von den Reishäfen Hinterindiens (besonders Rangun) muss natürlich noch im Winter unter Begünstigung des Nordostmonsuns (S. 614) angetreten werden. Um die Südspitze Madagaskars geht es nun auf dem Rücken des Agulhasstromes hart an der Küste des Kaplandes entlang, um den bösen Weststürmen, die das Kap umtosen, zu entgehen. Im Atlantischen Ozean streng nach NW segelnd, wird die Linie erreicht und im Nordatlantik umzieht der Weg in weitem Bogen westlich die Azoren, ehe er in die Richtung auf den Kanal zu umbiegt. — Die Südspitze Südamerikas, die 20° südlicher als diejenige Afrikas und daher schon ganz in der Region der vorherrschenden Westwinde liegt, verlangt, dass das Segelschiff ziemlich hart am Land in die Lemaire Strasse dringt, um dann möglichst weit

im Süden, wo schon wieder Ostwinde auftreten, Kap Hoorn zu umfahren. Auf der Heimreise dagegen kann es, hart an letzterm entlang und im Osten der Falklandinseln segelnd, die aequatorialen Breiten aufsuchen. Es ist in hohem Grade bemerkenswert, dass unter richtiger Ausnutzung aller neuen Vorschriften die Segelschiffe die Reisedauer zwischen Hamburg um Kap Hoorn nach Valparaiso im letzten Drittel des 19. Jahrh. von 100 Tagen auf 80 Tage haben herabmindern können [34]).

3. Die Durchstechung der Landenge von Sues hat für die Segelschiffahrt keine Aenderung des Seeweges zur Folge gehabt. Das Rote Meer mit seinen Windstillen ist für diese ungünstig und die Fracht kann die hohen Kanalgebühren nicht tragen. Erfolgreich ist das Segelschiff trotzdem noch heute für den Handel mit Australien. Das verdankt es, auf den Weg um das Kap gebannt, wesentlich den „braven Westwinden", welche es etwa in 40° S. Br. mit ungemeiner Schnelligkeit vorwärts treiben. Ein guter Segler braucht auf dem 10200 km (5500 Seemeilen) langen Wege vom „Kap" bis Melbourne etwa einen Monat, also nicht länger als die Reise von den Kapverden bis zum Kap erfordert, obwohl dieser Weg nur 6300 km (3400 Sm.) lang ist. Seit man die Zone steifer Westwinde im Süden der grossen Ozeane erkannt hat, ist für die Segelschiffahrt auch die Heimreise von Australien nach Europa mit Erfolg ostwärts rund Kap Hoorn verlegt, trotzdem dieser Weg länger ist als ums Kap der guten Hoffnung. Dort aber fährt man auf grosse Entfernungen mit dem Winde, hier gegen denselben. Diese Verlegung der ozeanischen Schiffahrtswege bedingt es, dass das Kap Hoorn weitmehr ostwärts von Schiffen umfahren wird, die sich auf der Heimreise befinden, als in umgekehrter Richtung.

§ 378. Die Dampfschiffahrt. Obwohl die Dampfschiffahrt um zehn Jahre früher in die Handelsflotten eingeführt ist als die Dampfbahnen in den Landverkehr, hat es doch längerer Zeit bedurft, bis sie ein so bedeutendes Uebergewicht über die Segelschiffahrt gewonnen hat, wie es seit dreissig Jahren besteht.

Die Handelsflotten der Welt nach ihrer Schiffszahl und dem Raumgehalt abzuschätzen, ist wegen der Verschiedenartigkeit der Zurechnung von Fahrzeugen zur Kauffahrteiflotte und des Schiffsmessungsverfahrens schwierig [35]). Je nachdem die kleinen Küsten- und Hafenschiffe zu- oder abgerechnet werden, variiert die Zahl der Schiffe um viele Tausende. Es mag genügen, darauf hin-

---

[34]) G. Schott a. a. O., 287; A. Paulus, Die Reisen deutscher Segelschiffe in den Jahren 1903 u. 1904 und ihre mittlere Dauer. (Archiv d. Deutschen Seewarte, Hamburg XXX, 1907). — [35]) Man findet diese Schwierigkeiten übersichtlich dargestellt in der Schrift Walter Vogels: Die Grundlagen der Schiffahrtsstatistik, ein krit. Beitrag z. Wertung der Handelsflotte u. d. Seeverkehrs des Deutschen Reiches (Veröff. d. Instituts f. Meereskunde in Berlin, Heft 16, Berlin 1912). Es stehen sich die offiziellen Statistiken der einzelnen Länder und die der Seeversicherungs- oder Schiffsklassifikationsgesellschaften Bureau Veritas (Paris), Lloyds Register (London u. Germanischer Lloyd (Berlin) in ihren Angaben noch mannigfach gegenüber. Die „Statistique Internat. de la navigation maritime" des Schweden A. N. Kiaer, Christiania I—V, 1876—1907 geht nur bis 1905.

zuweisen, dass diese Schiffszahl — nur die seefahrenden Nationen kommen hierbei in Betracht — seit Anfang des vorigen Jahrhunderts ständig steigend, am Ende der sechziger Jahre mit rund 100 000 Fahrzeugen ihren Höhepunkt erreichte, um seitdem mehr und mehr zu sinken. Dies hängt einerseits mit dem allmählichen Ersatz der Segelschiffe durch die Dampfer, andererseits mit der allgemeinen Vergrösserung der Schiffe zusammen. Der Raumgehalt der Handelsflotten [36]) hat mit dem Wachsen des Weltverkehrs in ausserordentlichem Masse zugenommen. Sieht man von den kleinen Schiffen von weniger als 20 Tonnen Gehalt ab, so ist die Tragfähigkeit des Einzelschiffes im Durchschnitt von rund 100 auf 300 Tonnen gestiegen! Da aber ein Dampfschiff durchschnittlich in der gleichen Zeit die dreifache Zahl von Reisen, welche ein Segelschiff vollführen könnte, zu machen im stande ist, erhält man über die Leistungsfähigkeit der Handelsflotten ein richtigeres Bild, wenn man die dreifache Zahl des Nettogehaltes der Dampfer mit dem der Segelschiffe zu einer Summe vereinigt (effektive Tragfähigkeit). Dabei ist zu beachten, dass das neuere Schiffsmessungsverfahren streng zwischen dem Bruttoraumgehalt eines Schiffes und dem Nettoladeraum unterscheidet. Die gewaltigen Maschinen etc. nehmen in den Dampfern einen Raum bis zu $^1/_3$ des gesamten Schiffsinhaltes ein [37]). Für die Entwicklung der Handelsmarine der seefahrenden Völker der Erde mit Ausschluss Chinas lässt sich also nur ein annähernd richtiges Bild, etwa wie folgt, geben:

	In Millionen Netto-Reg.-Tonnen			In Prozenten (effektiv)	
	Segler	Dampfer	Total (effekt.)	Segler	Dampfer
1830 . . .	3,0	0,03	3,1	97 %	3 %
1870 . . .	12,3	1,7	17,4	71 „	29 „
1895 . . .	9,5	12,5	47,0	20 „	80 „
1901 . . .	9,1	15,0	54,1	17 „	83 „
1910 . . .	7,9	22,3	74,8	11 „	89 „

Das ausserordentliche Uebergewicht Grossbritanniens im Seeverkehr zeigt sich vor allem auch durch die eigene Reederei. Deutschland hat seit Jahren Frankreich, Italien und auch Norwegen durch den Ausbau einer grossen Dampferflotte überflügelt.

Wenn die Flagge der Vereinigten Staaten noch eine grössere Tragfähigkeit als die deutsche zeigt, so rührt dies von der stark entwickelten Küstenschiffahrt her [38]), an der ozeanischen Fahrt ist Deutschland in allen Meeren ungleich mehr beteiligt (in Millionen Netto-Reg.-Tons [39]): Ende 1910

Flagge	Segler	Dampfer	Zusammen	Total (effekt.)
Britische (ohne Kolonien) .	1,11	10,44	11,56	32,4
Deutsche	0,51	2,40	2,91	7,7
Norwegische	0,70	0,87	1,57	3,3
Französische	0,64	0,82	1,45	3,1
Italienische	0,44	0,63	1,07	2,3

[36]) Der Raumgehalt wird nur selten in Kubikmetern, vielmehr meist in internationalen Registertons angegeben, welche ein Raummass, kein Gewichtsmass sind. 100 englische Tons sind = 112 Reg.-Tons, und 1 Reg.-Ton = 2,832 kbm. — [37]) Das Verhältnis des Brutto- zum Nettoraum ist in den einzelnen Ländern je nach dem Messungsverfahren auch verschieden. Während in Grossbritannien und Deutschland der Nettoraum der Dampferflotten etwa 60—62 % des Bruttoraumes beträgt, berechnet er sich in Schweden zu rund 70 %, in Frankreich zu 55—58 %. Vergl. W. Vogel a. a. O., 86. — [38]) Wegen der Einbeziehung von Schiffen auf den grossen Seen, von Flussschiffen, Kanalbooten, Barken in die Liste der Merchant Marine lassen sich für die Verein. Staaten vergleichbare Zahlen schwer aufstellen. — [39]) Nach den Zusammenstellungen des Statist. Jahrbuchs des Deutschen Reiches, 1912. Internationale Uebersichten, 42*.

Wenn für den Welthandel diese Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Massenübertragung von Gütern in erster Linie in Frage kommt, so für unsere Betrachtung der Seewege mehr die Zahl der Schiffe auf den einzelnen Routen. Denn dieser steigende Verkehr ist es, der einzelne Strassen des Weltverkehrs allmählich zu gefährlichen macht, je schneller die Schiffe auch in Nacht und Nebel dahineilen. Da Westeuropa der Hauptsitz des Welthandels ist, so kann es nicht verwundern, dass im Aermelkanal heute weit mehr als 300 Schiffe ständig kursieren [40]), und zwar nicht nur in einer Längslinie, sondern ebenso die letztere im Verkehr zwischen England und dem Kontinent kreuzend.

Die Dampfschiffswege erheischen für unsere Betrachtung keiner eingehenden Erörterung. Vermöge der Dampfkraft sind die Fahrzeuge von Wind und Strömungen weit unabhängiger als die Segelschiffe und können die möglichst kürzeste Route zwischen den Endpunkten der Reise auswählen. Doch nützt auch ihnen die Kenntnis jeglicher günstiger Fahrbahnen und gelegentlich werden auch sie zur Verlegung der Wege je nach den Jahreszeiten gedrängt. Es sind z. B. im Nordatlantischen Ozean insbesondere die wandernden Eisberge, die zur Festsetzung eines etwas nördlicher ziehenden Sommerweges und eines südlichern Winterweges für die vom Kanal nach Neu-York und umgekehrt fahrenden Dampfer geführt haben (Atlas, Taf. 34).

Das einzige Hindernis, die grössten Strecken zur See mittelst des Dampfschiffs ohne Anhalt zurückzulegen, ist der gewaltige Kohlenverbrauch, namentlich für die Schnellschiffahrt. Das gilt ganz besonders auch von den grossen Kriegsschiffen. Daher gliedert sich in den Weltverkehr die Gruppe der sog. Kohlenstationen ein. Jährlich sind ganze Flottillen von Kohlenschiffen unterwegs, die keinen andern Zweck haben, als diese fernen Stationen mit Kohlen zu versehen.

§ 379. **Intermarine Kanäle** sind auf Landengen beschränkt und gehören als künstliche Meeresstrassen (§ 195) eigentlich mehr den Seewegen an. Es handelt sich bei diesen um Abkürzung der letztern oder Umgehung gefährlicher Landvorsprünge. Die Zahl der Stellen, wo solche in Frage kommen können, ist naturgemäss beschränkt wie die der Landengen überhaupt. Zum Teil schon im Altertum versucht, sind solche Durchstechungen von Landengen grösstenteils erst im jüngsten Zeitalter des Weltverkehrs zur Durchführung gelangt. Bei der steten Zunahme der Schiffsgrösse können sie ihren Zweck nur mittelst grosser Tiefe und Breite und möglichst horizontalen Verlaufs erfüllen.

In kleinerem Massstab gehört der Caledonian-Kanal, der Schottland in einer natürlichen mit Seen besetzten Senke durchquert, hierher (Atlas, Taf. 30). Er ist jedoch nicht ohne Schleusen. — Rasch hebt sich der Verkehr in dem 1887 bis 1895 erbauten Kaiser Wilhelm-Kanal, der in $98{,}_7$ km Länge von der Elbmündung zur Kieler Bucht verläuft und somit Nord- und Ostsee verbindet und mit bisher $8{,}_5$ m Tiefe auch grossen Ozeandampfern und Kriegsschiffen Durchlass

[40]) Boysen (s. o. S. 895, Anm. 83); die dortigen Berechnungen gelten freilich für 1887 und sind daher heute stark überholt.

gewährt, aber bereits den Verkehr nicht mehr bewältigen kann, sodass an seiner Verbreiterung auf eine Sohlenbreite von 44 m und eine Vertiefung auf 11 m gearbeitet wird. — Im Mittelmeer ist 1893 auch die längst geplante Durchstechung der Landenge von Korinth (6 km) erfolgt, durch die der Weg von Triest nach Athen um 185 km abgekürzt ist. Die Herstellung eines Kanals durch den Isthmus von Krah auf dem Hals der Halbinsel Malakka (Atlas, Taf. 39) mag eine Frage der Zeit sein.

Unendlich grössere Bedeutung aber haben interozeanische Kanäle. Hierbei können überhaupt nur die zwei schmalsten Landbrücken in Frage kommen, durch welche die Landmassen der alten und der neuen Welt verknüpft sind. Bisher war es nur gelungen, die Landenge von Suez zu durchstechen: 1869 ward der grosse Suez-Schiffahrtskanal in 160 km Länge eröffnet, doch steht die Eröffnung des Panamakanals in naher Aussicht.

Der Sueskanal hat jetzt eine Tiefe von 9—9½ m und eine Sohlenbreite von über 70 m. In meridionaler Richtung die Landenge durchschneidend (Atlas, Taf. 37), gliedert er die Bitterseen seinem Wassersystem ein. Jährlich wird er von mehr als 4000 Schiffen von 15 bis 16 Mill. Tonnen Nettogehalt durchfahren, was mit der Zunahme des Verkehrs zwischen Westeuropa und Ostasien im Zusammenhang steht.

Die zweite Stelle für einen interozeanischen Kanal ist das abgeschnürte Verbindungsglied zwischen Nord- und Südamerika. Am schmalsten ist es in der Landenge von Panama, die nur eine Breite von 70 km, freilich eine Anschwellung bis 80 m hat. Durch eine gewissenlose Geschäftsführung ist der erste, hoffnungsvolle Versuch eines Kanalbaues im Meeresniveau daselbst (1877 bis 1882) vereitelt. Lange Zeit trat an seiner Stelle das Projekt hervor, eine schiffbare Verbindung zwischen den Ozeanen durch die Landenge von Nikaragua herzustellen. Doch sind die Nordamerikaner zu dem ersten in neuester Zeit (1903) zurückgekehrt. Sie haben mit gewaltiger Energieden Bau dieses überall mindestens 10 m tiefen Schleusenkanals, dessen Kulminationspunkt 26 m über dem Meere liegt, in die Hand genommen[41]). Wir kommen auf diese Versuche der Durchstechung mittelamerikanischer Landengen in der Länderkunde zurück.

§ 380. Die Wege auf der Karte. Die wissenschaftliche Kartographie hat weder im Altertum noch im Mittelalter die festländischen Verkehrswege unter die kartographischen Elemente aufgenommen. Auch im 16. und 17. Jahrhundert zeigen sich nur ganz schwache Ansätze dazu. Dagegen hat das praktische Bedürfnis in Zeiten lebhaften Verkehrs alsbald eigene Wegekarten hervorgerufen, auf denen das Strassennetz mehr oder weniger auf Kosten aller anderen geographischen Elemente der Karte dargestellt ward.

Unter völligem Verzicht auf jedes richtige Lagen- und Entfernungsverhältnis hat die unter dem Namen der Tabula Peutingeriana[42]) uns erhaltene

[41]) Ueber den neuesten Stand (1911) orientiert: Max D. Fiegel, Der Panamakanal, Berlin 1911, vergl. auch F. Regel, Zur Panama-Kanalfrage (Pet. Mitt. 1908, 171—77, mit 2 Karten 1 : 450000). — [42]) Eine handliche Ausgabe in ⅔ der Originalgrösse gab Konrad Miller heraus, „Die Weltkarte des Castorius, genannt die Peutingersche Tafel", Ravensburg 1887. Der Text dazu enthält neben manchen unhaltbaren Annahmen (wozu auch die Zurückführung der Karte auf den Kosmographen Castorius im 4. Jahrhundert nach Chr. gehört; vergl. darüber G. Hirschfeld im Geogr. Jahrbuch XII, 1888, 257 ff.) eine Reihe treffender Bemerkungen über den eigentlich kartographischen Teil der Karte. Ueber die Zeit der Entstehung — die uns erhaltene Karte ist, wie es scheint,

Itinerarkarte des Römischen Reiches in höchst origineller Weise das Problem gelöst, ein zusammenhängendes Wegenetz von mehr als 100 000 km[43]) derartig zur übersichtlichen Darstellung zu bringen, dass man die Hauptverbindungen von Hunderten von Orten mit allen Zwischenstationen von ihr ablesen kann. Es geschieht dies, indem das an sich schmale und langgestreckte Gebiet von Britannien und Hispanien im Westen — der Anfangssegment der Karte fehlt — bis zum Ganges im Osten zu einem gleichmässig breiten Rand ausgezogen und mächtig überlängt wird. Die Karte ist im Original ca. $7^1/_2$ m lang und $^1/_3$ m hoch.

Man muss mehr als das Jahrtausend, welches die Errungenschaften des römischen Wegebaues verfallen lässt, überspringen, ehe man zu Beginn des 16. Jahrhunderts, zuerst in Deutschland wieder, speziellen Reisekarten — anfangs nur mit Pilger-, später mit Kaufmannsstrassen — begegnet[44]). In England und Frankreich beginnt man im 18. Jahrh. mit Einzeichnung von Wegen in die Landkarten. Es sind die neuen Postverbindungen, die dann die neue Klasse der Post- und Reise-Karten hervorriefen; seit Mitte des 19. Jahrhunderts traten sie in immer grösserer Zahl auf. Die topographische Karte verzeichnet sorgfältig alle Arten von Wegen. Durch feinere und stärkere oder doppelte Linien werden die Arten der Kunststrassen in unserem Jahrhundert auch auf den Generalkarten der Atlanten markiert. Immer dichter wird das Netz. Da treten die Eisenbahnen hinzu. Nach einigen Jahrzehnten erdrücken diese das Wegenetz wie das Kartenbild überhaupt. Von neuem bildet sich die Gattung der reinen Eisenbahnkarte aus, die ganz auf das anderweitige Strassennetz verzichtet. Sie verbindet meist die von Schienenwegen berührten Orte auch nur schematisch, statt eine genaue Trace d. h. den richtigen Einzelverlauf wiederzugeben. Je dichter das Netz sich ausspinnt, um so schwieriger wird die Aufgabe des Kartographen, in der „geographischen Karte" dem neuen Verkehrsmittel Rechnung zu tragen. So beginnt die schwierige Frage einer Auswahl der Hauptlinien, wobei es gilt, ihrer im Fluss befindlichen Verschiebung stetig zu folgen. In diesem Stadium der Entwicklung befindet sich heute die Kartographie unserer Atlanten, und es erfordert grosses Geschick, ein klares Netz von Verkehrswegen verschiedener Gattung mit einem plastischen Bild des Geländes zu verbinden. — Erst in letzter Zeit hat durch das neueste Mittel des Schnellverkehrs für die Einzelperson, nämlich das Fahrrad, das Strassennetz ausserhalb der Eisenbahnen wieder erhöhte Bedeutung gewonnen. Das Fahrrad setzt wie der Kraftwagen eine gut gebaute glatte Fahrbahn voraus (S. 910); beide würden ohne das heutige Netz von Kunststrassen und festen Landwegen unbrauchbar sein. So tritt zum dritten Male eine neue Art von Wegekarten auf. Der Radfahrer wünscht ausser Richtung und Entfernung das Steigungsverhältnis der Strassen von der Karte abzulesen. Jede mit sorgfältiger Terrain-

eine Kopie aus dem 13. Jahrhundert — ist man sich noch nicht einig. Doch spricht vieles für Mitte oder Ende des 4. Jahrhunderts. A. Elter sucht sie in der uns zuletzt überlieferten Form neuerdings als eine der ältesten Formen christlicher Pilgerkarten (nach Rom und Jerusalem) nachzuweisen. (Itinerarstudien I, II; Programm d. Univ. Bonn 1908, bes. S. 11). — [43]) Miller, a. a. O., 82. — [44]) Vergl. A. Wolkenhauer, Hist. Ueberblick über die Itinerarliteratur. Hansische Geschichtsblätter, Bd. 35, 1908, 152 ff.

zeichnung versehene Karte ermöglicht dies demjenigen, der solche Karten zu lesen versteht. Der Massstab darf selbstverständlich nicht zu klein sein; 1:500000 ist wohl die äusserste hier in Frage kommende Grenze. Die sogenannten Profilkarten für Radfahrer, welche neben die Wegestrecke ein schematisches Profil ihrer Steigung oder ihres Gefälls zeichnen, lösen die Schwierigkeit der Veranschaulichung nur scheinbar. Denn sie geben nur den mittleren Neigungswinkel der betreffenden Strecken, während für den Radfahrer allein die jeweilig wechselnden Einzelsteigungen in Betracht kommen.

Die topographische Karte hat die Aufgabe, alle Arten von Wegen auf das genaueste in ihrem Verlauf wiederzugeben, demnach im allgemeinen auch die Fusswege. Da nun ein Fussgänger im Gegensatz zu allen denen, die sich der Mittel des Schnellverkehrs bedienen, Musse hat, Landschaft und Kartenbild ständig mit einander zu vergleichen, und da man zur richtigen Orientierung notwendig seinen augenblicklichen Standpunkt möglichst genau kennen muss, so sollte der Jünger der Geographie sich nicht mit bloss skizzenhaft gezeichneten Wegekarten der durchwanderten Gebiete begnügen, sondern stets bei Wanderungen nach den besten topographischen Karten greifen.

Die Seewege sind weder von den Italienern im Mittelalter auf ihren so sauber ausgeführten Seekarten (Küstenkarten) eingezeichnet, noch von den seefahrenden Völkern auf der atlantischen Seite Europas. Das ist begreiflich, solange diese Karten mit einem reichen und kunstvoll ausgeführten Netz von Strichrosenlinien überzogen waren. Diese Systeme von Hülfslinien haben sich aber auf den Seekarten bis ins vorige (19.) Jahrhundert erhalten[45]), um allmählich erst dem einfacheren des rechtwinkeligen Gradnetzes zu weichen. Linien bestimmter Seewege würden innerhalb jenes älteren Netzes nur verwirrend gewirkt haben.

Tatsächlich haben erst seit Eröffnung regelmässiger Dampfschiffahrtslinien die Seewege Eingang auf unseren Karten gefunden. Die Engländer, die 1840 die erste Verbindung mit Nordamerika und die Postdampferlinie nach Indien durch das Mittelmeer eröffneten, gingen damit vor. Die weit verbreitete „Chart of the World" von Hermann Berghaus (1863, s. o. S. 499) ward für den Kontinent in Darstellung der Schiffahrtswege vorbildlich. Freilich stellte sich bald die Schwierigkeit ein, dass man neben der allgemeinen Richtung des Weges gleichzeitig die Intensität des Verkehrs, nämlich alle einzelnen die Haupthäfen verbindenden Schiffahrtsunternehmungen zur Anschauung bringen wollte. Allmählich geht man zur Einzeichnung der mittleren Fahrtrichtung der Schiffe durch eine einzige Linie über.

§ 381. Die Raumbewältigung und die Isochronenkarte. Wenn aller menschliche Verkehr naturgemäss auf eine Uebertragung von Nachrichten, Personen oder Gütern von einem Punkt der Erdoberfläche zum anderen hinausläuft, so geht doch auch durch die gesamten Kulturbewegungen der Menschheit das Bestreben, diese Uebertragung zu

[45]) Vergl. H. Wagner, Leitfaden durch die Entwickelung der Seekarten, Verhandlungen d. XI. D. Geographentages in Bremen 1895, Anhang. 20—50.

beschleunigen. Ansätze zu einem Schnellverkehr finden sich bei den meisten Völkern sehr früh, und zwar im Gebiete des Nachrichtendienstes bedingt durch die Sorge vor Annäherung von Feinden. In geordnete Bahnen wird dieser, wie wir sahen, durch den Stafettendienst gelenkt (S. 914). Durch regelmässigen Wechsel des Trägers der Botschaften nach kurzen Wegestrecken wird er zur äussersten Anspannung seiner Kräfte d. h. zur möglichsten Beschleunigung veranlasst. Läufer oder reitende Boten sind also die Pioniere der Raumbewältigung. Den schnellfüssigen Reittieren, dem Pferde und Kamel, gesellt sich neuerdings das Fahrrad hinzu. Manche Heeresverwaltungen richten bereits einen ausserordentlich schnellen Stafettendienst mittelst Radfahrer und Kraftwagen ein.

Diese Verhältnisse können uns hier nur beschäftigen, so weit es sich um Bewältigung beträchtlicher Räume handelt. Früher haben wir die Dauer der Zeit, welche erfordert wird, um einen bestimmten Weg zu durchschreiten, benutzt zu dem Zweck, eine Kenntnis von der Grösse der Entfernungen zu gewinnen (S. 52). Jetzt soll umgekehrt die Frage behandelt werden, in welchem Masse uns die Räume der Erde, sei es durch Abkürzung der Wege, sei es durch die Entwicklung der Verkehrsmittel, näher gerückt sind, wie sich also die Zeiten verkürzt haben, um bestimmte Gegenden der Erdoberfläche zu erreichen. Unter Geschwindigkeit verstehen wir, wie oft hervorgehoben, das Verhältnis eines durchschrittenen Weges zu der Zeitdauer, welche zum Durchlaufen erforderlich ist. Die Beschleunigung der Vorwärtsbewegung durch technische Mittel hat an der allmählichen Raumbewältigung einen weit grösseren Anteil als die Abkürzung der Verkehrslinien.

Die Reisedauer, mit der man im Reise- oder Frachtverkehr ein bestimmtes Ziel erreicht hat, ist uns aus früheren Zeiten vielfach überliefert oder lässt sich mittelbar aus den historischen Quellen nachweisen. Die Endpunkte der fraglichen Wegestrecken sind uns im allgemeinen auch bekannt. Aber der Einzelverlauf des Weges, nach dem allein die Länge bemessen und die natürlichen Hindernisse einer schnellen Fortbewegung beurteilt werden können, bleibt für frühere Zeiten erst der historisch-geographischen Einzelforschung vorbehalten. Die Nachmessung der Wegstrecken auf Karten wird, weil meist auf solchen zu kleinen Massstabes und nur in der Luftlinie der Zwischenstationen ausgeführt, durchschnittlich zu klein ausfallen. Dem modernen Wegebau geht die Angabe der Streckengrösse nebenher (Eisenbahnkursbücher), sodass die Landreisen oft ohne Neumessung leicht in ihrer Länge berechnet werden können. Schwieriger ist die Abschätzung der Entfernungen zur See. Wenn Dampfschiffe zwischen denselben Häfen annähernd die gleiche Zahl von Seemeilen durchlaufen werden, so können widrige Winde und Strömungen die Bahn des Segelschiffes um die beträchtlichsten Grössen verlängern.

Als Beispiel der Raumbewältigung durch den Schnellverkehr im Altertum kann die Tatsache gelten, dass auf der persischen Königsstrasse Botschaften von Susa nach Sardes in 8 Tagen gelangten, während ein Heerestross dazu 3 Monate gebrauchte[46]). Die römischen Strassen gestatteten mit Benutzung eines Wagens

---

[46]) Herodot V, 52 und VIII, 98; vergl. auch H. Stephan, Das Verkehrsleben im Altertum (Raumers hist. Taschenbuch, IV. Folge, 9. Jahrg. Leipzig 1868. 1—127).

im Einzelfall eine Fortbewegung von 150 km in einem Tage, auf längeren Reisen wohl nicht mehr als 100 km; Cäsar legte die Reise von Rom nach Obulko in Südspanien, östlich von Cordova, ca. 2630 km in 27 Tagen zurück[47]). Indessen das sind Ausnahmen. Der Durchschnittsverkehr dürfte für den Tag wohl kaum mehr als 40 km — 50 km betragen haben. Im Mittelalter sollte man bei der Schlechtigkeit der Wege einen wesentlichen Rückgang erwarten. Doch scheinen nähere Untersuchungen zu einer ziemlich gleichen Reisegeschwindigkeit zu führen[48]). Erst als im Beginn des 19. Jahrhunderts mit der Verbesserung der Strassen auch die Schnellposten mit häufigem Pferdewechsel zur Ausbildung kamen, steigerte sich die Leistung rasch von 4 auf etwa 10 Kilometer in der Stunde, und die Nacht ward durchweg mit zur Beförderung genommen; man bedurfte schliesslich nur 2 Tage zur Reise von Paris nach Strassburg gegen 5—6 am Anfang des Jahrhunderts[49]). So kam man mit der Schnellpost schliesslich 250 km in 24 h weiter.

Die Eisenbahnen fuhren bekanntlich anfangs ziemlich langsam, haben ihre Geschwindigkeit aber ständig gesteigert, sodass in kurzen Einzelstrecken zwar 90 km, auf einigen längeren Hauptwegen auch 80 km in der Stunde zurückgelegt werden. Aber für die grossen kontinentalen Strecken in Westeuropa und Nordamerika darf man mit dem unvermeidlichen Aufenthalt heute noch nicht mehr als 50 km — 55 km in der Stunde, also 1200 km — 1300 km am Tage, rechnen (S. 52). In Russland fährt man langsamer, doch hat die Beförderung in den letzten Jahren auf den Hauptstrecken auch erheblich zugenommen. Zur Zeit (1912) braucht man[50]) im allgemeinen nur

	Distanz	Dauer		Tagesleistung
Von Lissabon nach Berlin . . .	3000 km	$2^1/_3$ Tage	oder	1300 km
„ Berlin nach Moskau	2000 km	$1^2/_3$ „	„	1200 km
„ Moskau nach Irkutsk . . .	5400 km	$5^1/_2$ „	„	980 km
„ Irkutsk nach Wladiwostock .	3200 km	$3^1/_2$ „	„	900 km
Summa .	13600 km	13 Tage	oder	1050 km

Das Resultat dieser Betrachtung ist, dass die äusserste Schnelligkeit des Personentransportes zu Lande (Westeuropa) sich gegenüber den besten Zeiten des römischen Altertums fast verneunfacht hat (1300 km gegen 150 km in 24 h). Die uns mit diesen neuen Hülfsmitteln des Verkehrs erreichbaren Länder sind uns also gewissermassen neunfach nähergerückt. Die mittlere Reisegeschwindigkeit hat freilich weit weniger zugenommen.

Die Einführung der Dampfschiffahrt hat eine ähnliche Umwälzung hervorgebracht, aber in viel engeren geographischen Grenzen, nämlich nur dort, wo das Segelschiff mit besonders schwierigen Witterungsverhältnissen zu kämpfen hat oder wo ein stark abkürzender Weg, der für den Segler nicht wohl gangbar ist, sich eröffnete.

Was den ersten Punkt betrifft, so brauchten die Auswanderer, die in den vierziger Jahren des 19. Jahrh. nach nordamerikanischen Häfen fuhren, den Westwinden entgegen, mehr als vier Wochen; die ersten Dampferlinien bewältigten die Strecken in 14 Tagen. Seitdem ist jedoch die Leistungsfähigkeit der grossen Schnelldampfer bei enormem Kohlenverbrauch derart gestiegen, dass auf eine

---

[47]) Stephan, a. a. O., S. 92 ff.; W. Götz, Verkehrswege, 334; Götz (a. a. O., 338) schätzt die Entfernung nur zu 2440 km. — [48]) Fr. Ludwig, Untersuchungen über die Reise- und Marschgeschwindigkeit im 12. und 13. Jahrh., Berlin 1897. — [49]) Götz, a. a. O., 744. — [50]) Mit den schnellsten Zügen erreichte man (1912) von Berlin aus Lissabon in 55, Moskau in 37 Stunden.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit. Wrocł.

mittlere Geschwindigkeit von 24 Knoten (also ca. 570 Seemeilen oder 1050 km in 24 h) zu rechnen ist (S. 52). Die 3000 Seemeilen (5500 km) von Kap Lizard bis Neu-York werden demnach in 5—6 Tagen abgefahren. Den Weg vom Kanal durch die Magalhães-Strasse bis Valparaiso legen die weit langsamer fahrenden Dampfer jetzt in 40 Tagen zurück. Tasmanien wird von ihnen um das Kap der guten Hoffnung herum in 42 Tagen erreicht. Auf diesen Routen übertreffen sie die Segelschiffahrt (ca. 90 Tage) um nicht viel mehr als das Doppelte. Wo aber der Sueskanal in Frage kommt, — nach Indien geht heute kein Dampfschiff mehr um das Kap — da wird der Vorsprung grösser. Kalkutta erreicht man heute mittelst der Dampfer, die 14—15 Knoten fahren, von London aus in 32 Tagen, während ein Segler dorthin bei direkter Fahrt um das Kap die vierfache Zeit gebrauchen würde. Jener hat dabei nur 8000 Seemeilen (15 000 km), dieser 11 600 (20 500 km) zu durchfahren.

Isochronen. Berechnet man nun — jedes ungewöhnliche Hindernis ausser Acht lassend — für einen bestimmten Ausgangspunkt die mittlere Zeitdauer, welche auf dem kürzesten Wege und mittelst des schnellsten Verkehrsmittels gebraucht wird, um zu beliebigen ringsum gelegenen Städten, Häfen, Küsten zu gelangen, so wird es möglich sein, diejenigen Punkte der Erdoberfläche durch Linien zu verbinden, welche in der gleichen Zahl von Tagen (Stunden) erreicht werden. Man hat diese Linien gleicher mittlerer Reisedauer nicht gerade glücklich Isochronen oder Isohemeren (Linien gleicher Tage)[51] genannt. Die Versuche zeigen, dass man am Beginn des 20. Jahrhunderts vom Zentrum des Weltverkehrs aus, das wir bei allen diesen Betrachtungen in die Gegend des Pols der Landhalbkugel (S. 276) oder den „Kanal“ verlegen, nach allen Häfen der Welt in wenig mehr als 40 Tagen gelangen kann. Dabei ist für die südliche Halbkugel im wesentlichen der Seeweg angenommen, jedoch mit Benutzung der Kontinentalwege durch Mitteleuropa, um rascher zum Sueskanal zu gelangen; in Amerika ist die Ueberschreitung der Landenge von Panama vorausgesetzt. Auf der Nordhalbkugel müssen die Eisenbahnlinien durch Amerika und Sibirien in Anspruch genommen werden, um in weniger als 20 Tagen zu den Hawaii-Inseln einerseits oder nach Ostasien andererseits zu gelangen. Seit der heutigen Beschleunigung der Fahrt auf der sibirischen Bahn kann man Peking von London aus schon in 12—13 Tagen erreichen. Grösseren Widerstand setzt diesem Schnellverkehr jedoch noch das Innere der Kontinente von Südamerika, Afrika, von Zentralasien und

---

[51]) Den Entwurf derartiger Karten hat schon C. Ritter 1833 ins Auge gefasst (s. Gesam. Abhandl. 1852, 179 ff.). Unter dem logisch treffenderen Namen „Isochronic Passage-Charts“ hat Francis Galton die ersten hierher gehörigen Karten veröffentlicht (Proc. R. Geogr. Soc. 1881, 657, mit Erdkärtchen und Isochronen für je 10 Tage von London aus). W. Götz hat seinen „Verkehrswegen“ (s. S. 755) sechs „Isohemerenkarten“ beigefügt, welche die Reisedauer des Güterverkehrs in Tagen in verschiedenen Zeitaltern und von zahlreichen Mittelpunkten aus andeuten. W. Schjerning, Studien über Isochronenkarten (Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk. Berlin 1903, 693—705 u. 763—83 mit 4 Karten für Berlin als Zentrum in 1:750000 und für die Jahre 1819, 1851, 1875, 1899; Max Eckert, Neue Isochronenkarte der Erde 1:64000000 im Meridian mit Berlin als Pol (Pet. Mitt. 1909, 209 ff.); Joh. Riedel, Anregungen f. d. Konstruktion u. Verwendung von Isochronenkarten, Diss. Leipzig, 1911, vergl. Anm. 52.

Australien entgegen. Das wird jedoch durch das Eindringen des Eisenbahnbaues in diese Landmassen noch anders werden.

Derartigen Isochronenkarten lassen sich noch weitere Bedingungen unterlegen, wie z. B. die Häufigkeit, mit der man sich in gewisser Zeit am Tage zwischen zwei Orten mit den modernen, an bestimmte Abfahrtszeiten gebundenen Verkehrsmitteln bewegen kann. Im Sommer 1909 konnte man Dresden-Altstadt von Leipzig mit dem schnellsten Zuge schon in 2 Stunden erreichen, die mittlere Zeitdauer für alle täglich verkehrenden Züge betrug aber $3^1/_2$ Stunden[52]).

Man kann in gleicher Weise Karten mit Linien gleicher mittlerer Reisedauer für die einzelnen Verkehrsmittel herstellen. Der Gütertransport erfordert selbstverständlich gegenüber dem Personentransport auf dem Lande wesentlich längere Zeit.

---

[52]) Vergl. Riedel, der für derartige Karten den Namen „Isochronenkarten des Gesamtverkehrs" vorschlägt, a. a. O.; Auszug in Pet. Mitt. 1911, I, 281 — 284 mit 2 Karten $1 : 1^1/_2$ Mill. und $1 : {}^1/_2$ Mill. für Leipzig als Mittelpunkt.

VIII. Weltverkehr und Welthandel.

§ 382. Die Entwicklung des Weltverkehrs[1]. Die Entwicklung dessen, was wir in der Geschichte der Menschheit Weltverkehr zu nennen berechtigt sind, hat sich in drei deutlich geschiedenen Zeiträumen und je innerhalb unwesentlich erweiterter räumlicher Grenzen vollzogen. Altertum und Mittelalter müssen dabei zu einer ersten Periode zusammengefasst werden. Um 1500 beginnt die zweite, die bis über die Mitte des 19. Jahrhunderts reicht. In der jüngsten stehen wir erst seit wenigen Jahrzehnten. Das Gebiet des Weltverkehrs hat stets nur einen Teil des jeweiligen geographischen Horizonts der Kulturvölker weisser Rasse eingenommen. In der älteren Zeit legt sich dies als verhältnismässig schmaler Gürtel quer durch die alte Welt. Seit dem Zeitalter der Entdeckungen erweitert es sich fast über die gesamten Küsten des Atlantischen und Indischen Ozeans. Aber erst in unseren Tagen schlingt sich der Bereich des Weltverkehrs rings um die Erdkugel; der Grosse Ozean wird ihm eingegliedert. Es entwickelt sich der Weltverkehr im strengen Sinne des Wortes.

Aber auch Form und Betrieb desselben haben sich mit den Zeiten wesentlich verändert. Wenn nach früher Gesagtem Menschen (Personen), Güter und Nachrichten die Gegenstände sind, welche die Technik des menschlichen Verkehrs bei ihrer Uebertragung von Ort zu Ort bestimmten, so bildet ja sicher der Güteraustausch stets die Grundlage des Weltverkehrs. Man pflegt daher seine Geschichte meist — aber für die neuere Zeit zu eng — als die des Welthandels zu bezeichnen.

Bleiben wir zunächst bei letzterem stehen. Von jeher hat man in der Fülle des gesamten Güteraustausches zwischen den Völkern der Erde einzelne Welthandelsgüter herauszuheben versucht, die für Richtung und Wert des Umsatzes massgebend waren. Die geographischen Grundbedingungen des Welthandels sind einerseits Beschränktheit der Fund- und Erzeugungsstätten gewisser weithin begehrter Waren auf wenige Gebiete der bekannten Erde und andererseits deren räumliche Entfernungen von den Gegenden des Verbrauchs.

Der einfache Güteraustausch im Nahverkehr, wie er sich zwischen den Marktstädten und ihrer Umgebung oder den Teilen des nämlichen

[1]) Vergl. die auf S. 755 genannten historischen Werke über den Welthandel. Ad. Beer sendet jedem Abschnitt ein Literaturverzeichnis voraus. Die Periodisierung ist bei jenen Verfassern insofern eine wesentlich andere, als sie die heutige Zeit als einfache Fortsetzung der neuzeitlichen mit Ende des Mittelalters beginnenden Periode betrachten.

Landes naturgemäss abspielt und mitunter einen höchst lebhaften Umsatz abzugeben vermag, wächst sich nicht zum Welthandel aus. In letzterem handelt es sich immer um Waren, welche die nähere Nachbarschaft entweder überhaupt nicht, oder nicht in genügender Menge zu erzeugen vermag, und deren Vertrieb und Herbeischaffung aus weiter Ferne das Netz von Verkehrslinien belebt, die in ihrer Gesamtheit das jeweilige Gebiet des Welthandels darstellen. Natürliche Lockmittel des Völkerverkehrs[2]) hat man solche Erzeugnisse der drei Naturreiche genannt, welche an bestimmte Fundstätten gebunden sind und deren sich der Handel allmählich bemächtigt, um sie den Ländern des Verbrauchs zuzuführen.

Durch zahlreiche Hände wandern einzelne Waren oft die weitesten Wege und gelangen in die grössten Entfernungen vom Heimatslande. Aber indem sich im einzelnen Volk eine eigene Berufsklasse die Vermittlung dieses Austausches zum Ziel setzt, die des Kaufmanns, strebt dieser letztere immer mehr jeden Zwischenhändler abzuschütteln. Damit ist für die ältere Zeit die Begleitung der Ware durch den Händler selbst gegeben. Die Zielpunkte seiner Wanderungen sind klar vorgezeichnet. Auf der einen Seite sucht er sich dem Ursprungslande der Erzeugnisse möglichst zu nähern, auf der andern die Länder und Orte günstigen Absatzes seiner Ware selbst zu erreichen. Als allgemeines Gesetz gilt im Welthandel, dass das Handelsgeschäft um so gewinnbringender ist, je seltener die Ware im Verbrauchslande ist, je weniger sich also schon die Preise durch eine grössere Zahl der Bezugsquellen oder die Menge der Produktion ausgeglichen haben. Nicht minder wird diese Ausgleichung befördert durch eine solche der Kulturhöhe und wirtschaftlichen Entwicklung der handeltreibenden Völker. Wegen der sehr verschiedenen Wertschätzung der gleichen Güter erzielt daher im allgemeinen der unmittelbare Austausch von Erzeugnissen aus hochkultivierten Ländern mit den Erträgnissen, wie sie oft in den Umgebungen niedrig stehender Völker im Ueberfluss gewonnen werden, den reichsten Gewinn. Der Pelzhandel bietet dafür ein gutes Beispiel.

Es ist bekannt, dass das Geschick, den Güteraustausch in fremden Ländern zu vermitteln, einzelnen Völkern der Erde im besonderen Masse eigen war und ist. Wir nennen sie Handelsvölker. Im Bereich des in Vorderasien erwachsenen Kulturkreises sind es vornehmlich die Semiten gewesen, die seit den Zeiten der Phoenizier den Handelsverkehr zwischen Morgen- und Abendland in den Händen hatten. Die Araber spielen bis tief nach Afrika hinein seit Jahrhunderten eine ähnliche Rolle. Aber auch unter den verschiedenen Gruppen der Naturvölker heben sich leicht einzelne dem Handel mit Vorliebe obliegende Stämme ab, deren Glieder, auf weiten Wanderungen begriffen, zwischen anderen Völkern sitzen wie die Juden unter den Europäern.

Selbstverständlich ist es auch unter diesen Handelsvölkern immer nur ein geringer Bruchteil der Bevölkerung, welcher sich unmittelbar

[2]) O. Peschel, Ausland, 1869, Nr. 43; s. auch Peschel, Völkerkunde 1875, 217 ff. Einfluss des Handels auf die räumliche Verbreitung der Völker, und J. G. Kohl, Die natürlichen Lockmittel des Völkerverkehrs, Bremen 1878.

am Handel beteiligt oder gar als Händler die Länder durchzieht. Stets aber sind diese letzteren die Pioniere des Verkehrs zwischen den Völkern, deren Sitze von den Verkehrslinien berührt werden. Sie rüsten selbst Karawanen aus oder verfrachten die Waren in eigenen Schiffen. Die unsichern Beziehungen erfordern persönliche Ueberwachung der Güter; mitunter werden freilich letztere von den Händlern unmittelbar mit Gewalt anderen Völkern entrissen, wie es von jeher bei Seeraub, dieser Vorstufe des Seehandels, und beim Sklavenhandel der Fall war. Genug, in den älteren Zeiten beschränkt sich der Personenverkehr auf den Kaufmann und seine Begleiter. Jede Festsetzung von Gliedern eines Volkes unter fremden Stämmen, wie sie sich besonders in der Kolonienbildung ausprägt, muss freilich die Zahl der Berufsklassen, die in Bewegung gesetzt werden, erhöhen. Die Erweiterung der Welthandelsgebiete hängt daher eng mit dem Ausschwärmen und der Zerstreuung europäischer Bevölkerung über den Erdkreis zusammen. Aber bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts haben wir uns die nach überseeischen Ländern Reisenden wenig zahlreich und wesentlich als nur geduldete Begleiter der Frachtschiffe zu denken. Der selbständige Personentransport gehört im Bereich des Weltverkehrs der Neuzeit an. Wie früher der Sklavenhandel, so bietet später die Beförderung der allmählich anwachsenden Massenauswanderung nach überseeischen Gebieten die Staffel zur Entwicklung dieses Personenverkehrs. Aehnlich liegt es mit der selbständigen Ausbildung des Nachrichtenverkehrs, den wir als Postverkehr zu bezeichnen pflegen. Wenngleich seine Anfänge bis ins Altertum zurückreichen, so greift er bestimmend, ja umgestaltend erst in der neuesten Zeit in den Weltverkehr ein. Er schafft und unterhält tausendfache geistige Beziehungen zwischen Individuen und Völkern, die zu persönlicher Berührung selten oder niemals kommen. Er entlastet die gesamte Geschäftswelt, die den Handelsverkehr heute brieflich in den fernsten Gebieten beliebig vom Heimatssitz aus regeln kann. Denn das Geschäftsgeheimnis, dessen Wahrung als Vorbedingung gewinnbringenden Handels gilt und durch persönliche Uebergabe von Briefschaften oder durch mündliche Berichterstattung von Ohr zu Ohr gesichert schien, wird von heutigen Kulturvölkern durch Anerkennung des Briefgeheimnisses gewährleistet.

§ 383. Der Welthandel im Altertum und Mittelalter[3]) spielt sich nicht nur naturgemäss im Rahmen der damals allein bekannten „alten Welt" ab, sondern es beschränkt sich sein Gebiet auf jenen schmalen Quergürtel natürlicher Lücken, der sich vom Südwesten Europas bis Südasien mitten durch die östliche Erdfeste hindurchzieht.

Oft haben wir die grosse Bruchzone berührt, welche Eurasien von Indoafrika scheidet (S. 283). Sie zeichnet die Linien des Weltverkehrs für die ältern Zeiten vor. Das Mittelmeer, mit dem Becken des Schwarzen Meeres tief nach Osten eingreifend, gehört jener Zone an. Im Süden des grossen Faltengürtels, soweit er Vorderasien durch-

[3]) S. auch I. Jastrow, Ueber Welthandelsstrassen in der Geschichte des Abendlandes, Berlin 1887.

zieht, setzen sich die Linien im Graben des Roten Meeres und in der Randsenke von Mesopotamien und dem Persischen Golfe fort, um weiter östlich von den nördlichen Buchten des Indischen Ozeans und des Strassenmeeres zwischen den Inseln Südasiens aufgenommen zu werden. Und was von Landwegen den äussersten Osten mit den Kulturländern des Westens verband, zog in der nämlichen Richtung innerhalb des eurasischen Faltengürtels (S. 363), also etwa zwischen 30° und 40° N. Br., über die eingeschalteten Hochflächen hinweg. Fast unberührt von den Bewegungen des Welthandels blieben dagegen die mächtigen Landmassen Nordasiens auf der einen und Afrikas auf der andern Seite dieser schmalen Verkehrszone.

Was an Handelsgegenständen in diesem Zeitalter in den Bereich des Weltverkehrs gelangte, waren fast ausnahmslos leicht transportable Luxusgüter für den Verbrauch der Höfe oder des Reichtums. Der Handel vollzieht sich dabei noch fast ganz in der Form der Naturalwirtschaft; Waren gilt es gegen Waren einzutauschen.

Die Seidengewänder aus dem fernen Osten Asiens, die Gewürze und aromatischen Mittel aus Indien und Arabien finden ihren Weg nach dem Mittelmeer, wo die Phoenizier die ältesten Sitze ausgebildeter Industrie in Purpurgewändern und Bronzewaren entstehen lassen. Das Suchen nach den Rohstoffen für diese führt sie zum Aegäischen Meer, dessen Küsten die Purpurschnecke bewohnte, und bis zu den Bergwerken in Südiberien. Ja auch das bisher nur durch Gallien ans Mittelmeer gelangte Zinn holen sie von den Fundstätten des südwestlichen Englands. Nahrungsmittel wie Wein, Oel und Getreide wurden im Altertum freilich auch schon verfrachtet, aber doch immer mehr im Gebiet kleinerer Verkehrsprovinzen.

Niemals hat auf einem im Verhältnis zur näher bekannten Erde so grossen Gebiet ein einziges Volk den Welthandel derart in Händen gehabt, wie die Phoenizier bis in die Zeiten griechischer Kolonien-gründung. Aber obwohl sie vom Atlantischen Ozean bis Aegypten und weiter im Roten Meer bis nach Arabien und Ostafrika schwärmten, so scheint doch der Osten Asiens seine Waren selbständig zur See bis nach Indien und durch die Wüste bis nach Turan gebracht zu haben. Die Verkehrslinien des Ostens und Westens waren nicht in denselben Händen.

An dieser Sachlage hat auch das Mittelalter[4]) nicht viel geändert. Nach den Unterbrechungen während der Völkerwanderung lenken die Bahnen des Welthandels mit den Kreuzzügen annähernd wieder in dieselben Geleise wie im Altertum ein. Nur übernehmen nach kurzer Herrschaft Konstantinopels die norditalischen Handelsrepubliken die Führung. Venedig und Genua halten die Beziehungen zum Orient trotz aller päpstlichen Verbote aufrecht, und über die Alpen pflanzt sich der Verkehr nach dem wirtschaftlich erstarkenden westlichen Europa fort. (Die deutsche Hansa bildet bei aller ihrer Bedeutung für den Verkehr Norddeutschlands mit England, Skandinavien

[4]) Vergl. die ausgezeichnete Geschichte des Levantehandels im Mittelalter von W. Heyd, 2 Bde., Stuttg. 1879, 2. sehr vermehrte französ. Ausgabe, Leipzig 1885/86.

und Russland doch nur ein mehr isoliert gelegenes Endglied im allmählich nach Norden verschobenen Verkehrsgürtel der alten Welt.) Das Hervorstürmen der Mongolen im 13. Jahrhundert hatte eine etwas grössere Lebhaftigkeit des Handels durch Mittelasien zur Folge, aber quantitativ fiel dies wenig ins Gewicht. Und wiederum gelingt es keinem Volk des westlichen Kulturkreises, in unmittelbaren Warenaustausch mit einem solchen des Ostens zu gelangen. Auch im Mittelalter kennt der Welthandel noch kaum Stapelprodukte für den Massenverbrauch, wenn auch in begrenzten Gebieten deren gelegentlich auftreten. Der Hering ist für die Hansa ein solches. Flandrische Tuche verwendet man in grösserer Menge als einst die Seidengewänder. Freilich hat die Seidenzucht mittlerweile selbst in Südeuropa Eingang gefunden.

§ 384. Die neuere Zeit. Mächtig hat sich das Gebiet des Welthandels seit dem Zeitalter der Entdeckungen erweitert. Diese neue Periode, die bis über die Mitte des 19. Jahrhunderts reicht, wird mittelbar eingeleitet durch das Vordringen der Türken nach Vorderasien und Aegypten und die dadurch bedingte Unterbindung der bisherigen ostwestlichen, quer durch den Steppen- und Wüstengürtel verlaufenden Verkehrslinien. So verschmolzen damals Nordasien und Afrika mit jenem ehemaligen vorderasiatischen Durchgangsgebiet für den Welthandel gewissermassen zu einem undurchdringlichen Bollwerk des Verkehrs, das umgangen werden musste. Dies gelang durch Eröffnung des Seeweges von Westeuropa nach Ostindien (1498). Zum ersten Male sind es europäische Staaten, die zur See in unmittelbare Berührung und in Handelsaustausch mit den Erzeugungsstättten der begehrten Gewürze, Perlen und Edelsteine gelangen. Auf der andern Seite wird durch die Entdeckung und allmähliche Besiedelung Amerikas dem Gebiet damaligen Welthandels der Atlantische Ozean und seine westliche Umrandung eingegliedert. Ja, wenn wir die folgenden Jahrhunderte noch mit überblicken, so umfasst dieses als Tummelplatz bereits fast alle Küstenländer der Erde, mit Ausnahme von China und Japan. Wesentlich spielt sich der Welthandel in dieser Periode zur See ab.

Grosse Umgestaltungen in Produktion und Verbrauch gehen während derselben Zeit vor. Es beginnt der Anbau von sog. Kolonialwaren, von Genussmitteln, an deren Verbrauch es gelingt die Massen in der europäischen Bevölkerung allmählich zu gewöhnen. Tabak, Zucker, Kaffee kommen in erster Linie in Betracht, erst später treten Tee, Kakao u. a. hinzu. Der tropische Plantagenbau, in dem sie gewonnen werden, — zuerst wesentlich nur in Amerika — fordert Arbeitskräfte, die dem Klima trotzen können. Der Sklavenhandel, der Hunderttausende von Negern von Afrikas Küsten über den Atlantischen Ozean führt, blüht durch Jahrhunderte und ändert das ethnographische Bild der Erdoberfläche. In der Bekleidung ganzer Völker vollzieht sich mancher wichtige Umschwung; man geht in vielen Ländern zum Baumwollenzeug über an Stelle von Stoffen aus Leinen und Wolle.

Gegen Ende der Periode beginnt sich der Maschinenbetrieb in der Textilindustrie einzubürgern. Rohstoffe verschiedener Art für dieselbe werden immer begehrtere und notwendigere Stapelprodukte des Welthandels. Noch aber ernähren die eigenen Fluren im grossen und ganzen die allmählich wachsende Bevölkerung der verschiedenen europäischen Staaten.

Ein weiterer mächtiger Umschwung aber vollzieht sich schon seit dem 16. Jahrhundert. Man geht von der Natural- zur Geldwirtschaft über. Den Stoff für Schaffung eines Umlaufmittels bilden die Mengen edler Metalle, besonders des Silbers, die in vorher nicht gekannten Beträgen aus den Bergwerken des spanischen Amerika gefördert werden. Nach kurzer Blütezeit der Welthandelsmächte Spanien und Portugal verlegt sich der Schwerpunkt des Verkehrs nach Nordwesteuropa, in jenen Pol der Landhalbkugel, der gleichweit von den äusseren (pazifischen) Gestaden der Erdfesten gelegen ist (S. 276). Aus dem Kampf mit Frankreich und Holland um die Herrschaft zur See geht England siegreich hervor. Für ein Jahrhundert haben die Briten den Welthandel allein in der Hand. Ein Kolonialreich, das sich von Kanada stückweise bis Australien hinzieht, und eine schnell und ohne Wettbewerber sich entwickelnde bodenständige Industrie (S. 875) bieten ihnen dazu die wesentliche Stütze.

§ 385. Der heutige Weltverkehr. Erst nach der Mitte, mehr noch im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts vollzieht sich der Uebergang in die handelspolitische Neuzeit. Das wichtigste Moment in dieser vierten Periode bildet das massenhafte Ausschwärmen der Europäer über die Erde hin, vor allem die europäische Auswanderung einer ackerbautreibenden Bevölkerung. Diese bedingt die Verwandlung weiter bisher kaum ausgenutzter Gebiete gemässigten Klimas in Kulturland, vornehmlich in Kornfelder. Daneben geht trotz jenes Abflusses das enorme Anwachsen der Bevölkerung in bereits dicht bevölkerten Gebieten Europas sowie anderer Kulturgebiete der Erde vor sich. Die Erschliessung der Kohlen- und Eisengruben und die Erfindungen der Neuzeit lassen grosse Industriebezirke entstehen, deren Bevölkerung der Ackerbau des Heimatsstaates nicht überall mehr zu ernähren vermag. Viele Staaten werden dadurch in ihren wichtigsten Bedürfnissen vom Ausland immer abhängiger. Zum Glück begleitet diese Erscheinung die Entwicklung der modernen Verkehrsmittel, die den Massentransport von Verbrauchsgütern auch zu Lande ermöglichen. Die Goldfunde der Neuzeit bieten die nötigen Umlaufsmittel des riesig wachsenden Umsatzes (S. 952 ff.).

Die Erschliessung des Innern sämtlicher bewohnbarer Kontinente, die erst in die letzten Jahrzehnte des abgelaufenen Jahrhunderts fällt, spinnt nun über das bisher hauptsächlich nur zur See verbundene Landgebiet der Erde ein Verkehrsnetz von immer engern Maschen. Neben zahlreichen neuen Linien öffnet sich der für Jahrhunderte verschlossen gewesene Querweg, der das Mittelmeer über das Rote Meer und Vorderasien mit Südasien verbindet, von neuem. Ebenso muss

der äusserste Osten, China und Japan, dem europäischen Handel den lange hartnäckig verweigerten Zugang gewähren. Eine Bevölkerung von mehr als 400 Millionen tritt damit in den Kreis des Welthandels ein. Die pazifische Seite Amerikas gewinnt durch die kontinentalen Querbahnen an Bedeutung. Im Osten Australiens — und in Neuseeland — entwickelt sich ein Kolonialgebiet von fünf bis sechs Millionen Bewohnern, in dem sich Ost- und Westgrenzen des Welthandels berühren. So vollzieht sich erst jetzt unter unsern Augen die volle Umschliessung des Erdballs durch den Weltverkehr. Der Pazifische Ozean, zwar längst bekannt aber kaum befahren, wird erst jetzt in das Netz desselben gezogen. Die Erdrundung übt nun erst ihre eigentliche Wirkung auf den menschlichen Grossverkehr aus, indem die Gegengestade des Grossen Ozeans sich die Hände reichen. Die handeltreibenden Völker der Erde bereiten sich vor, die Wirkung der Durchstechung der Landenge von Panama auszunutzen. Bedenken wir zu gleicher Zeit, dass durch die Beschleunigung der Verkehrsmittel fast jeder Punkt der Erdoberfläche dem Zentrum des Weltverkehrs in der Westhälfte Europas näher gerückt ist, so können wir in Wahrheit erst jetzt, am Anfang des 20. Jahrhunderts, von einem Weltverkehr im wahren Sinne des Wortes sprechen. Denn jetzt erst streckt er seine Fäden bis an die Grenzen der Oekumene und rings um die Erde aus [5]).

Aber so klein gewissermassen durch diese raumbewältigende Eigenschaft der Verkehrsmittel die Erde im Bewusstsein des lebenden Geschlechts geworden ist, so lässt sich der Massenumsatz von Handelsgütern heute von einem einzigen Volke nicht mehr bewerkstelligen. Für England, das der Lehrmeister auf dem Felde wirtschaftlicher Ausnutzung der Völker der Erde für andere Nationen geworden, bedeutet diese Entwicklung den notwendigen Verzicht auf die Alleinherrschaft zur See. In die gewaltige Aufgabe, den rasch wachsenden Güteraustausch der heutigen Menschheit zu vermitteln, teilt sich eine Vielheit von Nationen. Obwohl sie durch Zollschranken noch stark gegeneinander abgeschlossen sind, pulsiert doch ein frisches Leben durch das Gesamtgetriebe der Weltwirtschaft.

§ 386. Die Handelsstatistik. Ueber die Menge der in den Welthandel gelangenden Güter war man früher sehr unvollkommen unterrichtet. Erst seitdem die modernen Staaten sich behufs einer Einnahmequelle für den Staatsbedarf mit einer Zollgrenze umgaben — wohl auch zum Schutze gegen die Ausfuhr von Waren, deren Verbleib für das Inland von Wert war, oder gegen die Einfuhr solcher, welche der eigenen Produktion im Lande Konkurrenz zu machen drohten (Schutzzoll) —, war das Mittel gegeben, wenigstens diese die Grenzen passierenden Waren nach Menge zu bestimmen und nach Wert zu schätzen. Man nennt den Inbegriff dieser Waren den Aussenhandel eines Landes (Staates). Die Grösse des Binnenhandels entzieht sich meist gänzlich der richtigen Bemessung. Nur wenn die im Inland erzeugten Produkte in ihrer Gesamtheit geschätzt werden, wie das z. B. hinsichtlich der jährlichen Ernten oder in bezug auf die Erträgnisse

[5]) G. Zöpfl, Ozean und Kontinent in der Weltwirtschaft. Beilage der Münchener Allg. Zeitung, N. 234 ff., Okt. 1906.

von Bergwerken (Kohle, Erze, Salz, Petroleum etc.) geschieht, lässt sich der Verbrauch im Innern ermessen, indem man die ausgeführte Menge in Abzug bringt.

Nun umfasst die Einfuhr eines Landes naturgemäss die in diesem zurückbehaltenen, in den freien Verkehr und Verbrauch übergehenden Waren und andererseits solche, welche das Land nur passieren, um an einer andern Stelle dem Nachbarlande zugeführt zu werden (Durchfuhrverkehr). Ebenso enthält die Ausfuhr die im Lande selbst erzeugten Waren nebst den unverbraucht wieder ausgeführten. Die Gesamt-Ein- und -Ausfuhr nennt man Generalhandel, die Ein- und Ausfuhr nach Abzug der Durchfuhr den Spezialhandel. Wie beträchtlich die Unterschiede beider für einen Staat sein können, dessen Lage ihn zum natürlichen Durchgangsgebiet auswärtiger Waren für ein stark konsumierendes Hinterland stempelt, mag man daraus ersehen, dass in Belgien der Wert der Transitgüter mit jährlich 1500—2000 Mill. Francs (1900—1910) den der Ausfuhr aller heimischen Produkte in manchen Jahren erreicht[6]).

Die mannigfachen Mängel, die der Handelsstatistik im allgemeinen und für einzelne Staaten im besondern anhaften, übergehen wir. Die Angaben nach der Menge (dem Gewicht) der einzelnen Warengattungen haben für unsere Zwecke durchschnittlich ein grösseres Interesse als die nach dem (oft rasch wechselnden) Werte, aber zum Vergleich des gesamten Umsatzes kann selbstverständlich allein der geschätzte Wert verwendet werden. Auch im Einzelfalle gibt die einfache Gegenüberstellung der Gewichtssummen ein falsches Bild. So gehört scheinbar Cardiff in Wales mit zu den bedeutendsten Häfen der Welt, da der Schiffsverkehr dort mit 11 Mill. Tons angekommener Schiffe (1910) in England nur demjenigen von London (19,$_7$ Mill.) und erst neuerdings auch dem von Liverpool (14,$_3$ Mill.) nachsteht. Aber da es sich bei Cardiff fast ausschliesslich um die schwer ins Gewicht fallende Steinkohle handelt, so bedeuten die 14 Mill. Tons ein- bezw. ausgegangener Schiffe in Liverpool einen unendlich grösseren Anteil am Welthandel als die 11 Mill. Tons in Cardiff. Beim Vergleich des Verkehrs in Häfen verschiedener Länder ist es erforderlich, die Verkehrsziffern erst auf wirklich vergleichbare Grundlage zu bringen[7]).

Fasst man nun, unbekümmert um die Herkunft jener Zahlen, je die Einfuhr- und Ausfuhrziffern aller Staaten, Kolonien, Gebiete der Erde, für welche dieselben zugänglich sind, in eine Gesamtsumme zusammen, so gewinnt man von der Höhe des heutigen jährlichen Umsatzes im Welthandel und der rapiden Zunahme in dem letzten Jahrzehnt eine annähernde Vorstellung. Für die sechziger Jahre des verflossenen Jahrhunderts hat man den Welthandel (Aussenhandel) der Erde zu etwa 30—36 Milliarden Mark im Jahre geschätzt, während er sich in den neunziger Jahren auf mehr als das Doppelte (80—90) erhob und für 1910 auf 146 Milliarden Mark angenommen ward[8]).

§ 387. Die Welthandelsgüter. Die grössere oder geringere Abhängigkeit mancher Staaten von der ausländischen Zufuhr wichtiger Nahrungsmittel oder auch von Rohstoffen für die heimische Industrie wird ersichtlich, wenn man die Ein- und Ausfuhr (des Spezialhandels) des zu betrachtenden Gebietes für die fraglichen Warengattungen mit-

[6]) Erst seit 1900 etwa übersteigt der Wert der Ausfuhr Belgiens den der Durchfuhr nicht unbeträchtlich. — [7]) Vergl. W. Vogel, Die Grundlagen d. Schifahrtsstatistik (S. 926, Anm. 35), 89 ff.; die belgische Vermessung der Schiffe gibt ihren Tonnengehalt um 13% grösser an als die in Deutschland übliche. — [8]) Statistisches Jahrb. d. Deutschen Reiches für 1912, Internationale Uebersichten, 60*.

einander vergleicht. Leicht lassen sich dann die ihre Mehrproduktion regelmässig ausführenden Staaten denen gegenüberstellen, die ihren Bedarf durch Einfuhr decken müssen. Die modernen Industriestaaten Mittel- und Westeuropas haben bei ihrer ausserordentlich dichten Bevölkerung in bezug auf die Getreide- und Fleischeinfuhr seit längerer oder kürzerer Zeit, wie man sagt eine passive Handelsbilanz. Sie müssen die z. T. grossen Beträge, die sie vom Ausland beziehen, durch die Erzeugnisse des Gewerbefleisses decken.

Andererseits ist die Industrie in vielen jungen Kolonialländern, aber auch in manchen älteren Ackerbaustaaten noch so wenig entwickelt, dass diese — an die gleichen Bedürfnisse moderner Kultur und Technik gewöhnt — treffliche Absatzgebiete für die mannigfaltigsten Erzeugnisse aus den Industriestaaten sind. Jene Länder müssen dann durch den Ertrag der Bodenkultur und die Rohproduktion aus den etwa in ihren Grenzen ruhenden Mineralschätzen bezahlen, was sie an Erzeugnissen des Gewerbefleisses anderer bedürfen.

Die interessanten Einzelheiten dieser Verhältnisse, die so vielfach durch die geographische Eigenart eines Landes, durch die natürliche Mitgift nach Lage, Klima, Bodenzusammensetzung bedingt sind, mögen der Länderkunde vorbehalten bleiben. Hier sollen nur noch einige die Weltwirtschaft und den Welthandel in hervorragendem Masse beeinflussende Momente der Güterproduktion und des Verkehrs einer Betrachtung vom geographischen Standpunkt aus unterzogen werden.

Schon oben ist hervorgehoben, dass die Welthandelsgüter in früheren Jahrhunderten hauptsächlich in Gegenständen verfeinerten Genusses bestanden (S. 939). Im 16. und 17. Jahrhundert spielte der Gewürzhandel eine ausserordentliche Rolle. Um die Preise hochzuhalten, wurden nicht nur die Stätten des Anbaus aufs äusserste beschränkt, der Zutritt zu diesen aufs strengste geheim gehalten oder bewacht, sondern auch oft die Ueberproduktion absichtlich vernichtet. Längst sind diese Massregeln aufgegeben, weil der Weltverkehr eine solche Ausschliesslichkeit des Anbaus wichtiger Kulturpflanzen wie eben der Gewürze an ein und derselben Stelle unmöglich gemacht hat. Gegenstände des Massenverbrauchs sind heute ungleich wichtiger. Unter den Nahrungs- und Genussmitteln nehmen die Brotfrüchte heute die erste Stelle ein. Jährlich werden — freilich je nach Erntejahren und Preisen stark schwankend — 7—8 Milliarden Mark und mehr [9]) darin umgesetzt. Demnächst folgt die europäische Fleischversorgung, die infolge der bessern Lebensführung weiter Volksschichten steigende Bedeutung gewinnt. Ueber die Herkunft und jährliche Produktion der wichtigsten Genussmittel, die im Welthandel zum Vertrieb gelangen, wie Zucker, Kaffee, Tee, Tabak, sind früher (§ 289) einige vergleichende Zahlen mitgeteilt, die für die erste Uebersicht genügen. Dasselbe gilt von einigen Rohprodukten der Gewebeindustrie, wie der

[9]) Neumann-Spallart u Juraschek, Uebersichten der Weltwirtschaft 1885 bis 1889, Berlin 1896, 177. Neueres über die Getreideproduktion der Erde (nicht den Getreidehandel) s. Juraschek in Scobels Geogr. Handb., 3. Aufl. 1899, 868 ff. Neueste Zahlen im Statist. Jahrb. d. D. Reiches 1912, Internat. Uebers. 63*.

Baumwolle (S. 739), Schafwolle (S. 744), Seide (S. 747) u. s. f. Dagegen sind die Lager von Kohle und Eisen und der edlen Metalle, deren neue Erschliessung oder Ausnutzung der Weltwirtschaft im neunzehnten Jahrhundert ein so verändertes Gepräge gegeben haben, in ihrer geographischen Verteilung über die Erdoberfläche noch nicht berührt.

§ 388. Die heutigen Kornkammern der Erde[10]. Um auf den Namen einer Kornkammer Anspruch zu erheben, muss ein Landstrich dauernd in der Lage sein, Ueberschüsse der Brotfrüchte an anderweitige der Zufuhr bedürftige Gegenden abzugeben. Fruchtbares Ackerland in weiter Ausdehnung auf der einen Seite und eine wenig dichte Bevölkerung, ausreichend und gewillt zur Bewirtschaftung des Bodens, aber nicht zahlreich genug, um die Ernten selbst zu verzehren, auf der andern, — das sind die Voraussetzungen einer Getreidekammer.

Der letztere Faktor ist im allgemeinen der wandelbarere. Auf die Dauer kann daher eine Landschaft jenen Charakter nur behalten, wenn die Ausdehnung des Ackerbaues Schritt hält mit dem Zuwachs der Bewohnerzahl im betreffenden Gebiet oder diesen überflügelt. Im allgemeinen sind nur Länder mit extensivem Ackerbau hierher zu rechnen. Zu einer intensiven Bewirtschaftung geht man zumeist erst bei stärkerer Verdichtung der Bevölkerung über. Bei den grossen Veränderungen, die gerade in bezug auf Neubesiedelung und im Bevölkerungsbestand vieler Gebiete im letzten Jahrhundert vor sich gegangen sind, ist es daher verständlich, dass manche Länder aus der Reihe der sog. Getreideexportgebiete wieder ausscheiden, nachdem sie jahrelang dazu gehörten. Dies galt z. B. eine Zeitlang von den englischen Kolonien Australiens, die jetzt wieder sehr beträchtliche Mengen von Weizen abgeben können. Aegypten, das in den achtziger Jahren in einzelnen Jahren für 30—40 Mill. Mk. Getreide ausführte, spielt in dieser Hinsicht heute keine Rolle mehr.

Gegen sechzehn Staats- bezw. Kolonialgebiete gehören nach den Ausfuhrlisten heutigen Tages zu den Getreideexportländern. Geographisch gruppieren sich diese jedoch in wenige Hauptregionen. Zur Zeit gibt es auf der Erde drei grosse Kornkammern, von deren Ernten das Leben von vielen Millionen Menschen des dichter bevölkerten Europas abhängt, die südosteuropäische und die nordamerikanische und die erst unter unseren Augen entstandene südamerikanische. Die erstere, klimatisch grösstenteils dem pontischen Kontinentalklima Europas (Atlas, Taf. 12) angehörig und daher kurz als pontische Kornkammer zu bezeichnen, dehnt sich über Südrussland und die untern Donauebenen (Rumänien, Ungarn, Serbien, Bulgarien, Rumelien) aus. Sie ist, wenn auch in weit grösseren Umrissen und Erträgnissen als einst, sozusagen eine Ueberlieferung aus dem Altertum, denn der Küstenrand dieser Landschaften lieferte einst den Athenern die Brotfrucht. Bei der bedeutenden nordsüdlichen Aus-

[10]) Für die Einzellokalisierung bietet gute Uebersichten Th. H. Engelbrecht, Die Landbauzonen der aussertropischen Länder, 2 Teile mit Atlas von 79 Karten Berlin 1899, nur veralten diese Angaben in aussereuropäischen Gebieten ausserordentlich rasch.

dehnung des fraglichen Gebietes herrschen im Norden Hafer und Roggen, die über die Ostseehäfen aus Russland ausgeführt werden, vor, im Süden Weizen und Mais, die von Ungarn abgesehen grösstenteils durch die Häfen der untern Donau und des Schwarzen Meeres ins Ausland gehen.

Die grosse nordamerikanische Kornkammer hat ihren Schwerpunkt im oberen Mississippibecken, dehnt sich aber noch über die nördliche Wasserscheide hinaus in die jungbesiedelten Prairielandschaften von Manitoba und das Seengebiet (Ontario) aus. Ihm gehören also die politischen Räume der Vereinigten Staaten und von Kanada an. Hier haben sich die Erträgnisse von Weizen und Mais seit 1870 ausserordentlich gesteigert. Bei ausgezeichneten Transportmitteln liefern sie die Hauptbrotfrucht, den Weizen, vornehmlich nach England und in die atlantischen Häfen Europas, hierher gelangt verhältnismässig wenig russisches Getreide. Noch grösser ist die Ausfuhr von Mais.

Während im gemässigten Südamerika Chile seit langem Erzeugnisse des Ackerbaues ausführen konnte, ist Argentinien fast plötzlich seit Beginn der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts einer der mächtigsten Faktoren der Getreideversorgung geworden, derart, dass dies Land heute tatsächlich mit der nordamerikanischen Getreidekammer in Wettbewerb tritt und die Ausfuhr an Weizen und Mais weit den Wert tierischer Produkte übertrifft, mit dem Argentinien früher allein auf dem Weltmarkte erschien. Auch Uruguay mag hier eingegliedert werden.

Gegenüber diesen ausgedehnten Regionen treten die übrigen Kornkammern — deren wir vier annehmen wollen — zurück. Wie im Altertum Nordafrika bereits die Hauptbrotfrucht für Rom lieferte, so führen auch heute Algier und Tunis seit Jahrzehnten wieder ziemlich regelmässig Getreide aus. Britisch-Indien stellt heute die einzige Kornkammer mit sehr dichter einheimischer Bevölkerung dar. In letzterm Lande haben die Engländer den Weizenbau sehr gefördert, um sich unabhängiger von der Zufuhr aus den Vereinigten Staaten zu machen. Der Inder lebt vorzugsweise von Reis. Aber in den zahlreichen Jahren schlechter Ernten hat dieser indische Weizen den einheimischen Hungersnöten begegnen müssen. Es muss wegen der regelmässigen Ausfuhr von Reis aus den Niederungen noch an Hinterindien und den asiatischen Archipel erinnert werden. (Nieder-Barma, Siam, Kambodscha, Niederländisch-Indien.)

Endlich hat sich der Anbau vor allem des Weizens im letzten Jahrzehnt stark in den südöstlichen Kolonien Australiens, besonders von Neu-Südwales, Victoria und Südaustralien ausgebreitet, sodass diese Landschaften für Englands Bedarf einen grossen Beitrag zu liefern vermögen.

Den hauptsächlichsten Konsumenten für die Getreideüberschüsse der eben bezeichneten Länder bildet das dicht bevölkerte, industriereiche Mittel- und Westeuropa (mit Italien). Tatsächlich würde hier der eigene Boden auch bei anderen wirtschaftlichen Verhältnissen und für den Fall des Wiederanbaues von Körnerfrüchten auf Flächen, die

jetzt als Grasland und Weide verwendet werden, für die Bevölkerung nicht mehr ausreichen. Zu den Getreideimportländern gehören auch Länder von geringem Bodenertrag (Skandinavien) oder von besonders schlechter Bewirtschaftung (Spanien).

§ 389. Kohle und Eisen[11]). Trotzdem unter allen Nutzmetallen das Eisen zu den allerverbreitetsten gehört[12]), da Eisenerze sich in fast allen geologischen Horizonten finden, hat sich die Kunst, es aus den letzteren zu gewinnen und weiter zu verarbeiten, nicht vor Ausbreitung der Europäer über die gesamte Erde ausgedehnt[13]). In Australien und Polynesien kannte man Eisengeräte nicht; ebensowenig im grössten Teil Amerikas, wo doch die Indianer das gediegene Kupfer aus den Lagern am Obern See zu Waffen zu verarbeiten verstanden.

Ob in Mexiko und Peru, wo die figurenreichen Skulpturen z. T. in die härtesten Gesteine eingegraben sind, wirklich Eisen- (Stahl-) Geräte unbekannt waren, ist eine noch unentschiedene Frage[14]). Bei der leichten Zerstörbarkeit des Metalls durch die Feuchtigkeit (Rost) ist das Fehlen antiker Eisengeräte noch kein voller Gegenbeweis, dass man Eisen nicht gekannt habe.

Bei den Kulturvölkern Vorderasiens kann man die Verwendung des Eisens bis in die ältesten Zeiten zurück verfolgen, doch wird es erst nach der Völkerwanderung durch Verdrängung des Kupfers und der Bronze, vor allem im Gebiet der Bewaffnung, das ausschliessliche Nutzmetall.

Jahrtausende ist dabei das Eisen durch Rösten der Eisenerze mittelst der Holzkohlen auf direktem Wege in einem schmiedbaren Zustand gewonnen worden. Am Ende des Mittelalters beginnt dann allmählich die heute fast ausschliessliche Herstellung von Roheisen in flüssiger Form mittelst richtigen Ausschmelzens der Erze; dasselbe setzt einen viel höheren Hitzegrad des Feuers voraus als das Rösten. Unter Roheisen versteht man ein reicher mit Kohlenstoff (ca. 2—6 %) vermengtes, daher leichter schmelzbares Produkt. Wie aus diesem durch verschiedene Verfahren der Kohlenstoffverringerung oder durch Härtung etc. die allein verwendbaren Formen des Schmiedeeisens oder des Stahls hergestellt werden, beschäftigt uns hier nicht.

Vergegenwärtigen wir uns dabei den immer grössern Verbrauch von Brennmaterial, der in den Eisenhütten erfordert wurde. Kein Wunder, dass in den ehemaligen Bezirken der Eisenindustrie, die sich abgesehen von der Nähe der Fundstätten des Eisens meist in Gegenden mit Wasserkräften entwickelten, eine starke Entwaldung die Begleiterscheinung der gewerblichen Blüte war.

---

[11]) J. Pechar, Kohle und Eisen in allen Ländern der Erde, Berlin 1878. — [12]) Vergl. „The Iron Ore Resources of the World". 2 Bde. mit Atlas. Stockholm 1910. Eine Untersuchung, welche durch das Exekutiv-Komitee des XI. Internat. Geologen-Kongresses veranlasst und von den verschiedenen geol. Instituten durchgeführt ward. Die Karten enthalten die Fundstätten der wichtigern, eisenproduzierenden Länder. — [13]) L. Beck, Geschichte des Eisens in technischer und kulturhistorischer Beziehung, 5 Bde., von den ältesten Anfängen bis 1900 reichend, Braunschweig 1884—1903. — [14]) Chr. Hostmann, Ueber den Gebrauch des Eisens in Altamerika in Becks Geschichte des Eisens. Bd. I, 2. unveränd. Aufl. 1892, 343—373.

Ohne Erschliessung eines reichlichen Brennstoffes wäre daher auch die Verwendung des Eisens eine beschränkte geblieben. Wenngleich nun in England und Deutschland die Steinkohle schon seit einer Reihe von Jahrhunderten örtlich eine gewisse Verwendung fand, so sind die Schätze mineralischen Brennstoffes, den die Natur in früheren Erdperioden so massenhaft aufgespeichert hat, in Wahrheit erst seit Verwendung des Dampfes als Triebkraft der Menschheit zugute gekommen. Erst in diesem neuen Zeitalter kennt man die Massenbereitung des Eisens und mit ihrer Entwicklung die immer grössere Ausnutzung der Kohlenlager der Erde. Kohle und Eisen sind die wichtigsten Vorbedingungen unserer heutigen materiellen Kultur.

Die Bildung mineralischer Kohle[15]) d. h. die langsame Verwandlung von pflanzlichen Gebilden in Kohlenstoff, die im allgemeinen nur bei gehindertem Luftzutritt, also besonders unter Wasser, vor sich geht, hat wohl in allen geologischen Zeitaltern stattgefunden. Sie vollzieht sich fortwährend in der Torfbildung unserer Moore, und der Torfstich dürfte mit die älteste Form der Verwendung mineralischer Kohle (rezente Kohle) in grösserem Masse sein. Bei kaum 50 % Kohlenstoff, aber auch aus anderen Gründen, ist die Heizkraft des Torfes gering. Als Braunkohle (tertiäre Kohle) pflegt man kurzweg die in verschiedenen Horizonten der Tertiärzeit abgelagerten, meist ziemlich weichen, die Holzstruktur noch zeigenden Kohlenarten zu bezeichnen; nach ihrer pflanzlichen Zusammensetzung erweist sie sich vorzugsweise als Süsswasserbildung. Gelegentlich eine bedeutende Mächtigkeit zeigend und im Lokalverkehr benutzt, hat die Ausbeutung von Braunkohlen bisher wesentlich nur in Deutschland und Oesterreich (Nordböhmen), sowie etwa in Chile eine grössere Bedeutung gegenüber der Steinkohle gewonnen. Im Deutschen Reiche entfällt zur Zeit fast ein Drittel der Gesamtförderung auf Braunkohlen, in Oesterreich-Ungarn sogar zwei Drittel. Echte Steinkohlen kommen auch in kleinern Lagern zwischen Schichten der mesozoischen Periode vor (sekundäre Kohle), z. B. in der untern Kreide (S. 358) als sog. Wealdenkohle, wie sie sich im nordwestlichen Deutschland (Hannover, Atlas, Taf. 14) findet, oder im Lias (Indien) etc. Aber weitaus die grösste Masse aller Steinkohlenlager hat sich in der nach ihrem Vorkommen als Steinkohlenzeit oder Karbonzeit bezeichneten Periode abgelagert. Je älter die Bildungen sind, um so reicher sind sie an Kohlenstoff. Anthrazit, der über 95 % Kohlenstoff enthält, ist karbonischen, devonischen oder silurischen Ursprunges.

Ueberschaut man auf einer geologischen Karte die Einzelformationen, so liegt bei Betrachtung der Karbonbildungen die Gefahr nahe, die Ausdehnung derselben mit derjenigen der eigentlichen Kohlenlager zu verwechseln. Indessen gehören jene, wie früher erörtert (S. 356), zum weitaus grössten Teil dem untern Karbon oder dem flötzleeren Kohlenkalk und den Sand- und Tonschieferbildungen des Kulm an. Die darüber gelagerten produktiven Steinkohlenschichten werden sich selten noch in der ursprünglichen Lage befinden. Zahllose Kohlenbecken, wie man die Lager nach ihrer meist muldenförmigen Lagerung zu nennen pflegt, sind im Laufe der Erdgeschichte sicher wieder vollkommen vernichtet worden. Zur Erhaltung derselben gehörte in erster Linie eine Ueberdeckung mit anderweitigen, sie vor Abtragung durch das Wasser schützenden Schichten. So sind namentlich die Braunkohlenlager Hessens uns dadurch erhalten, dass sich später vulkanische Decken über sie ausgebreitet haben. Auf der andern Seite sind sie nicht selten durch tektonische Vorgänge, durch starke Versenkungen vor der gänz-

[15]) F. Toula, Die Steinkohlen, ihre Eigenschaften, Vorkommen, Entstehung und nationalökonomische Bedeutung, Wien 1888.

lichen Abtragung bewahrt geblieben (Saarbecken). — Der erste Punkt bedingt, dass manche Kohlenreviere als solche auf der geologischen Karte überhaupt nicht zu erkennen sind oder jedenfalls nicht in ihrer wahren horizontalen Ausdehnung. Das sächsische Kohlenbecken um Zwickau liegt z. B. unter einer allerdings nicht besonders mächtigen Schicht von permischen Konglomeraten.

Die Ausdehnung und den Gehalt der einzelnen Kohlenbecken der Erde festzustellen ist daher eine schwierige und im Erfolg unsichere Aufgabe. Sie kann nur durch systematische Bohrungen gelöst werden. Diese ergeben auch Zahl und Mächtigkeit der Einzelflöze. Die Zahl der letztern schwankt ausserordentlich. Nur solche von mindestens $^1/_3$ m Dicke der Kohlenschicht pflegen abbauwürdig zu sein. Starke innere Verwerfungen stören den Abbau, wie dies namentlich bei den belgischen Becken der Fall ist. Andererseits haben die in zu grosser Tiefe lagernden Flötze keinen Wert mehr für den Menschen, denn in Tiefen von 15—1600 m dürfte die Temperatur der Erde (S. 136) seiner Tätigkeit eine Grenze setzen, wenn nicht die moderne Technik auch nach dieser Seite durch Luftzuführung etc. mit der Zeit noch tiefere Ausbeute ermöglicht, als es neuerdings geschah [16]).

Noch ist übrigens der wahre Kohlenreichtum der Erde keineswegs festgestellt. Dies gilt auch nur in bedingter Weise für den Bereich der Kulturstaaten, die selbst eine grosse industrielle Tätigkeit entwickeln. Die ausgedehnten und äusserst reichen Lager Chinas kennt man nur in ganz groben Umrissen. Innerhalb der Tropen, wo sie freilich nur gelegentlich auftreten, sowie auf der südlichen Halbkugel kennt man wohl einzelne Fundstellen, nur unvollkommen aber die Ausdehnung der Becken.

So viel wir heute wissen, besitzen die Vereinigten Staaten und China die weitaus grössten, nach Hunderttausenden von Quadratkilometern zählenden Steinkohlengebiete. Ueber die letztern weiss man, wie angedeutet, heute Näheres noch wenig. Viel kleiner, aber sehr reich sind die Becken Westeuropas, namentlich in Deutschland und England; dort bedecken die Grubenfelder und Steinkohlenbohrungen zur Zeit etwa 14000 qkm [17]), in England sicher mehr als das Doppelte. Dennoch scheint bei der bedeutenden Mächtigkeit der Flöze, namentlich in Oberschlesien, der Steinkohlenvorrat Deutschlands nach neuen Schätzungen dem von England nicht, wie man früher vermutete, nachzustehen, sondern ihn bedeutend zu übertreffen [18]). Russlands Kohlengebiete sind räumlich aber noch weit ausgedehnter. Mit der Erweiterung des Eisenbahnnetzes und vor allem der Dampfschiffahrt gewinnen die in fernen Gebieten erschlossenen Kohlenlager wie das bedeutende ostaustralische oder dasjenige im Kapland erhöhte Be-

[16]) In Belgien gehen neuerdings einige Kohlenschächte bis 1200 m tief und die Temperatur gelang es bis auf 27° herabzumindern, während das Gestein ursprünglich 47° C. warm war. Vergl. S. 136. — [17]) Fr. Frech, Deutschlands Steinkohlenfelder und Steinkohlenvorräte (Stuttg. 1912, 129). — [18]) Bei derartigen Schätzungen kommen die Autoren meist auf ausserordentlich verschiedene Beträge. Frech berechnete neuerdings die gesamten Kohlenvorräte Deutschlands zu 162 Milliarden Tonnen, während die Engländer die ihrigen jetzt auf 100 Milliarden schätzen.

deutung. Doch fällt dabei die Güte des Produkts noch mehr als die Nähe des Fundorts ins Gewicht. Zur Zeit verbrauchen die grossen Industriestaaten die in ihren Grenzen geförderten Kohlenmassen zum weitaus grössten Teile selbst. Aber zahlreiche Länder und Landstriche, die dieser Schätze entbehren, müssen von den nämlichen Stätten aus versorgt werden. Italien z. B. hat fast gar keine abbauwürdige Kohle. Für diese Ausfuhr eines so schweren Massenprodukts ist daher die Lage der Becken, ob in der Nähe natürlicher Verkehrswege (Wasserstrassen) gelegen oder nicht, von grosser Bedeutung. Einer der grössten Vorzüge Englands ist in dieser Hinsicht, dass die reichen Kohlengebiete in Durham (Newcastle) und von Wales (Cardiff) hart am Meer liegen. Seit langem versorgen diese Stätten andere Länder mit Kohlen. Ganze Flottillen verlassen noch jährlich die Häfen, um die Kohlenstationen des Britischen Kolonialreichs damit zu versorgen. Fast $^1/_4$ der eigenen Kohlenproduktion führt England jährlich aus (1907—11 durchschnittlich 63 Mill. Tons).

Wie gewaltig die Kohlenförderung in den letzten Jahrzehnten, besonders in jüngster Zeit mit der Ausdehnung des Maschinenwesens, der gesamten industriellen Tätigkeit, der Verkehrsmittel gestiegen ist, lässt sich an der Hand ziemlich sicher ermittelter Zahlen darlegen. Heute (1912) erreicht die jährliche Produktion bereits die gewaltige Menge von 1200 Millionen Tonnen. Wir wollen die Produktion an Roheisen daneben stellen als den zweiten vergleichbaren Wertmesser dieser neuen Entwicklung. England, das in Hinsicht dieser Massenproduktion bis 1899 seinen beiden Hauptmitbewerbern, den Vereinigten Staaten und Deutschland, weit voraus war, sieht sich seit 1903 von beiden stark überflügelt.

Niemals darf man aber bei diesen Zahlen vergessen, dass sie uns nur ein Bild augenblicklicher Ausnutzung, nicht ein solches des natürlichen Bodenreichtums in den gegebenen politischen Grenzen bieten. Das Roheisen wird daneben nicht ausschliesslich aus heimischen Erzen erzeugt [19]).

	Kohle [20]) Millionen Metr. Tonnen			Roheisen Millionen Metr. Tonnen		
	1871	1900	1910	1871	1900	1910
Vereinigte Staaten . . .	41,5	244,8	455,0	1,9	14,0	27,7
Grossbritannien	125,5	228,7	268,7	6,7	9,1	10,2
Deutsches Reich [21]) . . .	42,3	149,8	222,4	1,7	8,5	14,8
Frankreich	15,9	33,4	38,4	1,2	2,7	4,0
Oesterreich-Ungarn . . .	10,4	39,1	48,7	0,4	1,5	2,1
Belgien	15,7	23,5	23,9	0,6	1,0	1,9
Russland	1,1	16,2	24,7	0,4	2,9	3,0
Andere Länder (ohne China)	13,6	35,0	62,2	0,6	1,0	2,2
Summa (rund)	266	770	1144,0	13,5	40,6	65,9

[19]) Die ältern Zahlen nach Neumann-Spallart, Uebersichten 1884, die neuern nach verschiedenen Quellen, besonders dem Statist. Jahrbuch des Deutschen Reiches, Internat. Uebersichten, 1912. — [20]) Stein- und Braunkohle zusammen. — [21]) Mit Luxemburg (Eisen).

§ 390. Die Edelmetalle [22]). Man muss annehmen, dass von allen Metallen das Gold überall zuerst von den Menschen in Benutzung genommen ist. Es verdankt dies dem Umstande, dass es an vielen Stellen der Erdoberfläche im Flusssand in gediegenem Zustand — freilich meist nur in sehr geringer Menge — gefunden wird. Wenn auch sehr fein in Staub und Körnchen verteilt, fällt es durch Glanz und Schwere auf. Das Gold hat ein spezifisches Gewicht von $19\,^1/_3$, Silber und Blei nur ein solches von 10—11.

In diesen sog. Goldseifen befindet sich das Schwemmgold oder Waschgold, wie man sagt, in sekundärer Lagerung. Es ist durch Wasser aus dem zertrümmerten und zersetzten Gestein eines goldführenden Ganggesteines herausgeschwemmt. Also können nur solche Flüsse Goldsand führen, die aus einem goldhaltigen Gebirgsteil entspringen oder von dort Zuflüsse erhalten. In primärer Lagerung tritt das Gold in Gängen jüngerer vulkanischer Gesteine, besonders aber in Quarzgängen des Schiefergebirges auf. Abbauwürdig sind in diesem aber meist nur einzelne linsenförmige Anhäufungen reicherer Erze (der Adel, die Bonanza's). Es muss dann bergmännisch ausgebracht werden (Berggold). Dasselbe gilt für das Gold, das man im Bindemittel flözartig gelagerter Konglomerate neuerdings gefunden hat (Kapland) [23]). Möglicherweise handelt es sich dabei um einstige Goldseifen, die aber durch Ueberdeckung mit jüngeren Schichten dem Gebirge wieder einverleibt sind [24]). Jedenfalls steht fest, dass in tertiärer Zeit viele goldführende Geschiebemassen durch vulkanische oder auch andere Ueberlagerungen vor weiterer Fortführung des Schwemmgoldes geschützt worden sind.

Das Gold, welches das Altertum und Mittelalter in der Form von Goldzierraten — denn als Nutzmetall liess es sich der geringen Mengen wegen nicht verwenden — aufgesammelt hat, ist sicher fast allein aus Goldseifen gewonnen. Die reichern Fundstätten waren berühmt, aber ähnlich wie die heutigen weit am Aussenrand der Kulturwelt gelegen, von Sagen umwoben.

Kein Fundort hat die Nachwelt mehr beschäftigt als das Ophir der Bibel, woher phoenizische Schiffer dem Könige Salomo (ums Jahr 1000) Gold zuführten. Man hat es im südlichen Arabien [25]), Indien, Ostasien gesucht. Seit man neuerdings semitische (?) Ruinen im südlichen Afrika, im Hinterland der Sofala-Küste, gefunden haben will, verlegen manche das salomonische Ophir hierher (20° S. Br.) [26]), aber wohl mit Unrecht.

Zu keiner Zeit hat das Gold bestimmender in die räumliche Erweiterung unserer Kenntnisse von der Erdoberfläche eingegriffen als zur Zeit der Entdeckung Amerikas. Der Eifer der Spanier erlahmte dort, wo die Spuren der Goldgewinnung versiegten [27]). So gross die

---

[22]) Ed. Suess, Die Zukunft des Goldes, Wien 1877, und Die Zukunft des Silbers, das. 1892, mit anschaulicher Erläuterung der Verhältnisse der einzelnen Fundstätten; Maclaren, J. M., Gold: its Geological Occurence and Geographical Distribution. London 1908, The Mining Journal. — [23]) C. Schmeisser, Das Vorkommen und die Gewinnung nutzbarer Mineralien in der Südafrik. Republik, Berlin 1894. 2. Aufl. 1895. — [24]) Ed. Suess, Zukunft des Silbers, 29. — [25]) A. Soetbeer, Das Goldland Ofir, Vierteljahrschr. f. Volkswirtschaft, Jahrg. XVII, Bd. IV, 1880. — [26]) H. Schlichter, Travels and researches in Rhodesia, The Geogr. Journal XIII, 1899, 376 ff.; gegen semitischen Ursprung der in Südafrika gefundenen Ruinen ist namentlich D. R. Mac Iver aufgetreten (Mediaeval Rhodesia. London 1906). — [27]) O. Peschel, Gesch. d. Erdk. 1877, 251.

erbeuteten Massen gewesen sein mögen, so verschwinden sie gegen die Mengen edler Metalle, die nachmals der neue Kontinent dem Weltverkehr geliefert hat.

Dieselben gewannen erst eine grössere Bedeutung, als Gold und Silber von den Kulturvölkern zum allgemeinen Tauschmittel angenommen wurden. Als solches konnte zuerst nur das Silber in Betracht kommen. Schon im Altertum ward es bergmännisch an zahlreichen Punkten gewonnen.

Denn nur in Erzgängen kommt es vor; höchst selten tritt es wie Gold oder Zinn im Schwemmland auf. Im metallführenden Ganggestein unterscheidet der Bergmann den obern zersetzten Teil als Hut. In diesem tritt Silber wohl auch in gediegenem Zustand, aber meist in verschiedenen Mineralverbindungen (Chlor-, Brom-, Jodsilber etc.) auf. Die reichen Erträgnisse der Bergwerke von Potosi in Bolivia (s. u.) stammen aus solchem Hut [28]). Nach der Tiefe zu sind es mehr Schwefelverbindungen (Kupferkies, Bleiglanz), die das Silber, oft von Gold begleitet, liefern (Dürrerze). Sie sind schwerer zu verhütten und daher hängt der Fortschritt der Förderung eng mit den Verbesserungen des technischen Verfahrens der Ausbringung zusammen. Die Schlackenhalden, die das Altertum an den Stätten seines Bergbaues zurückgelassen hat, lohnt es sich vielfach von neuem zu verhütten, weil sie noch einen starken Prozentsatz von Metall enthalten.

Im Mittelalter wurden die mitteleuropäischen Silberbergwerke erschlossen, zuerst in Ungarn, wo die Erze auch Gold führen, später in Böhmen (Pržibram 9. Jahrh.) und im Erzgebirge, im Harz (12. Jahrh.). Seit der Entdeckung Amerikas heben sich nach der weltwirtschaftlichen Bedeutung der Edelmetallgewinnung auf der Erde zwei grosse Perioden ab. Die eine beginnt mit der Eröffnung der ungemein reichen Silberbergwerke in Mexiko und Peru um 1550 und dauert bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts. Trotz reicher Erträgnisse einzelner Goldwäschen, die zuerst mehr in Neugranada, im 17. Jahrh. auch in Brasilien, seit den dreissiger Jahren des 19. Jahrh. auch im russischen Asien (Altai) gewonnen wurden, überstieg doch die Silberproduktion die des Goldes um das Doppelte des Wertes [29]). Wenn man die Menge des gewonnenen Silbers in der Zeit von 1493—1850 auf 150 Mill. kg (neben $4\,^3/_4$ Mill. kg Gold) berechnet hat, so entfallen davon fast 80 Prozent auf die genannten Länder des spanischen Amerika.

Ein Kilogramm Gold hat einen Wert von 2790 Mk., da man aus 1 kg Feingold 279 Kronen zu 10 Mk. prägt. Bis ungefähr zum Jahre 1872 war das wenig schwankende Wertverhältnis von Silber zu Gold wie $1 : 15{,}_5$, sodass 1 kg Silber 180 Mk. ($= 2790 : 15{,}_5$) galt.

Der Umschwung vollzog sich mit der Entdeckung der ungemein reichen Goldfelder im Schwemmland von Kalifornien i. J. 1848. Dies fällt schon in die Zeit entwickelter Verkehrsmittel. Nun beginnt das

[28]) Ed. Suess, Zukunft des Goldes, 206. — [29]) A. Soetbeer. Edelmetallproduktion seit der Entdeckung Amerikas bis zur Gegenwart, Erg.-H. 57 zu Petermanns Geogr. Mitt. 1879, Fortsetzungen von demselben (1876—1880) im Jahrb. d. Nationalökonomie (1881 N. F. II. u. III. Bd.) und 1891 (III. F. Bd. I); W. Lexis (1885—1895) ebenda (III. F. Bd. XI) 1896; ferner derselbe im Handwörterbuch d. Staatswissenschaften 3. Aufl., Bd. V, Jena 1910, 32—44; s. auch Juraschek, Uebersichten der Weltwirtschaft, Berlin 1896, 520 ff.

seitdem oft sich wiederholende Schauspiel eines massenhaften Zuströmens von Goldsuchern an die Fundstätten, die mit den einfachsten Mitteln arbeiten und in den meist völlig unbewohnten Gebieten grössere oder kleinere Ansiedelungen mit Blitzesschnelle erwachsen lassen. Es ist ein Raubbau, der auch die reichsten Goldseifen rasch zum Erschöpfen bringen muss und schon gebracht hat. Dann geht man an die alten tertiären Flussgeschiebe, die nur eine starke Wasserkraft (hydraulische Werke) losschwemmen kann. Das Gebiet bedeckt sich mit Kanälen und Staubecken, aber die vorgelagerten Täler und Fluren werden durch dieses Verfahren mit herabgeflössten Sandmassen verschüttet. Das dritte Stadium ist dann das Vordringen zu den goldführenden Erzgängen selbst. Im Jahre 1851 beginnt das Goldfieber in Australien, wo die zahlreichen Goldfelder sich nicht nur als breites Band durch alle östlichen Kolonien vom Kap York bis Tasmanien ziehen, sondern auch in Westaustralien in enormer Ausdehnung erschlossen sind. Hier hat freilich der Goldsucher schwer unter dem Mangel teils an Wasser, teils an Holz zu leiden.

Durch dreissig Jahre beherrscht die Goldproduktion den Weltmarkt. Mehr als $^3/_4$ des gesamten Ertrages an Edelmetallen entfällt nun (nach dem Wert berechnet) auf das Gold. Da werden die reichen Gruben der Sierra Nevada und anderer Teile der Felsengebirge im Gebiet der Vereinigten Staaten erschlossen, die in ungeahnter Weise Silber — im Verein mit grossen Goldmassen — zutage fördern. Seit 1885 findet man in Südafrika, namentlich Transvaal, enorm reiche Goldlager. Hier muss fast überall Bergbau betrieben werden, dessen Technik mittlerweile ausserordentlich fortgeschritten ist. In Afrika stehen sicher noch weitere Funde bevor. Das jüngst erschlossene Goldfeld am oberen Yukon in Alaska und dem nordwestlichen Kanada (Klondike) (1895) stellt nicht nur durch die Schwierigkeit der Zugänge, sondern auch durch die klimatischen Verhältnisse den Goldsucher auf die härteste Probe. Hier handelt es sich wieder um Schwemmgold, aber in völlig unwirtlichem Land und im Gebiet des Eisbodens, wo die Flüsse nur für zwei Monate auftauen.

Ueberschaut man den Ertrag an Edelmetallen während der letzten 60 Jahre (1851—1910), so übersteigt derselbe infolge der grossen Zahl der Goldwäscher im Verhältnis zu früheren Zeiten und der enormen Kapitalien, die der bergmännischen Bearbeitung in ihrer technischen Vollendung zu Hülfe gekommen sind, sowohl an Gewichtsmenge wie an Geldwert die Summen, die man in den vorhergehenden 357 Jahren (1493—1850) gewann. Nur ist die Goldgewinnung verhältnismässig ausserordentlich viel mehr gestiegen als die des Silbers. Die erstere erhob sich von durchschnittlich 13 000 kg (1793—1850) auf 200 000 (1851—1893), 400 000 (seit 1898), ja 700 000 kg (1911) im Jahre, wogegen man die jährliche Silberproduktion in der älteren Periode auf 420 000 kg, jetzt auf 7 000 000 kg schätzen kann. Das plötzliche Anschwellen der Erträgnisse ist immer durch das Bekanntwerden neuer Goldseifen erfolgt. Die ständige Abnahme dieses Waschgoldes im Verhältnisse zum Berggolde lässt vermuten, dass man das ober-

flächlich abgelagerte Gold aus den Schwemmländern der Erde in nicht ferner Zeit gänzlich abgeschöpft haben wird. Es entfielen in Prozenten [30]) auf den

	1848—1875	1876	1890
Gangbergbau	12	35	56
Schwemmland	88	65	44

Die Beurteilung, wann auch der Gangbergbau für Silber und Gold endigt, hängt wesentlich von der noch unentschiedenen Frage ab, ob die Dürrerze in bedeutendere Tiefen überhaupt hinabreichen [31]). Auf Jahrzehnte ist kaum eine Gefahr der Abnahme vorhanden.

Bei der heutigen Entwicklung der Weltwirtschaft werden die Massen des Edelmetalls sofort in den Verkehr gezogen. Einen beträchtlichen Teil verzehrt heute davon die Industrie. Trotz der gewaltigen Goldproduktion der letzten Jahrzehnte reicht sie nicht aus, um in allen Kulturstaaten das Gold zum einzigen gesetzlichen Zahlungsmittel zu machen. Der Uebergang einer Reihe derselben zur Goldwährung hat neben der enormen Produktion des Silbers während des letzten Jahrzehnts, besonders in Amerika (Nordamerika), dieses Metall so entwertet, — der Preis ist auf weniger als die Hälfte, ja bis unter $^2/_5$ des früheren herabgesunken [32]) —, dass zur Zeit der Bergbau auf Silber an vielen Orten hat aufgegeben werden müssen.

Obigen Angaben liegen die folgenden Ergebnisse der Schätzungen der Edelmetallproduktion der Erde zu Grunde (Wert in Milliarden Mark [33])

	Gold		Silber	
Jahre	Mill. kg	Wert	Mill. kg	Wert
1493—1850	4,75	13,3	149,8	30,4
1851—1900	10,42	29,1	124,5	16,7
1901—1910	5,68	15,8	56,7	4,4
Summe	20,85	58,2	331,0	51,5

§ 391. Weltpost und Telegraphennetz. Nicht zum geringsten hat die Umgestaltung des Nachrichtenverkehrs auf den gesamten Weltverkehr, insbesondere auf die Form des Grosshandels eingewirkt. Heute, wo man Briefschaften mit grosser Sicherheit in vorauszuberechnender Zeit in die fernsten Teile der Erde zu senden vermag oder durch eine telegraphische Korrespondenz in wenigen Stunden Dispositionen treffen kann über Geschäfte, deren Abwicklung sonst wegen der Entfernung zwischen Käufer und Verkäufer Monate lang dauerte, greifen Raum- und Zeitbewältigung mächtig ineinander.

So lange sich der Nachrichtenverkehr auf Uebertragung schriftlicher Botschaften beschränkte, war er in seiner Entwicklung eng mit der Ausbildung des Transportwesens überhaupt und des Wegenetzes

---

[30]) E. Suess, Die Zukunft des Silbers 89. — [31]) C. Schmeisser, Die Goldfelder Australiens, Berlin 1897, 148. — [32]) Das schnelle Sinken des Silberwertes begann im Anfang der siebziger Jahre des 19. Jahrh. und erreichte 1909 den Höhepunkt. Statt 1 : 15,5 war das Verhältnis nunmehr 1 : 39,74, d. h. 1 kg Silber war statt 180 Mk. (s. o. S. 952) nur noch 70,2 Mk. wert. Seitdem hat sich der Silberpreis nur sehr unbedeutend wieder gehoben. — [33]) Vergl. Statist. Jahrb. d. Deutschen Reiches 1912, Internat. Uebersichten 31*.

verknüpft. Wir gehen auf das Technische des Postwesens hier nicht weiter ein. Nur die grosse internationale Vereinigung des im J. 1874 gegründeten Weltpostvereins[34]) erheischt im Rahmen unserer Betrachtungen eine Erwähnung. Zum Zweck eines freien und ungehinderten Verkehrs von Briefschaften, Zeitungen, Drucksachen etc. ist die Gesamtheit der zivilisierten Staaten der Erde und ihrer Kolonien vertragsmässig gleichsam zu einem einzigen Bundesgebiet verschmolzen, in dem die politischen Grenzen des Einzelstaates die Bedeutung einer Verkehrsschranke nicht mehr besitzen. Es erstreckt sich das Gebiet heute über 113 Mill. qkm Landfläche mit einer Bewohnerzahl von rund 1250 Millionen Seelen. Das Chinesische Reich steht zur Zeit noch ausserhalb der Vereinigung.

Ein einheitlicher niedriger Portosatz gewährt Briefen und Drucksachen die weiteste Verbreitung im Bundesgebiet ohne alle Rücksicht auf die Entfernungen. Jeder Staat gewährleistet heute den freien Durchgang der sein Territorium passierenden ausländischen Postsendungen und verpflichtet sich, sie auf schnellstem Wege zu befördern. Die geographische Lage einzelner Staaten inmitten verkehrsreicher Nachbarn legt erstern hinsichtlich des Transitverkehrs Verpflichtungen von sehr verschiedener Höhe auf, die eine Entschädigung erheischen. Belgien z. B. befördert zwanzigmal mehr fremde Transitkorrespondenzen, als es andere Staaten für seine eigenen Briefschaften etc. in Anspruch nimmt[35]). Die indische Ueberlandpost geht durch Frankreich und Italien bis Brindisi, ehe sie englische Postschiffe wieder benutzen kann. Die Seebeförderung müssen einzelne seefahrende Nationen für eine Vielheit anderer übernehmen, die überhaupt keine eigenen Seepostverbindungen oder nur solche nach bestimmten Ländern unterhalten.

So ist der Weltpostverein zu einer der segensreichsten Einrichtungen im friedlichen Verkehr der Völker der Erde geworden, der sich auf keinem anderen Felde wirtschaftlicher Tätigkeit etwas Ebenbürtiges an die Seite stellen lässt. Was früher über die Fortschritte der Raumbewältigung dargelegt ist, gilt in erster Linie für den Postverkehr; denn dieser drängt ständig zu weiterer Beschleunigung durch Abkürzung von Postlinien und Vergrösserung der Geschwindigkeit der Transportmittel.

Der Telegraph. In eine neue Phase der Entwicklung ist der Nachrichtendienst in seiner Ausschliesslichkeit durch den elektrischen Telegraphen getreten. Er hat seine Vorläufer in dem tönenden Fernsprecher oder auf das Auge wirkenden (optischen) Zeichengeber. Schon im Altertum hat man gelegentlich Ketten von Menschen, die in Rufweite von einander standen, benutzt, um Botschaften mündlich mit grosser Raschheit zu übertragen. Es ist klar, dass dazu für grössere Entfernungen eine Unzahl von Mittelspersonen gehören. Grössere Räume konnten durch Feuersignale oder andere optische Telegraphen übersprungen werden, und zwar um so grössere, je sorgfältiger weit sichtbare Höhenpunkte dafür ausgewählt wurden. Aber auch diese Mittel der Verständigung haben — zumal im Flachland und von Küste zu Küste — bald ihre Grenzen. Wahrhaft raumbewältigend hat sich in diesem Punkte nur der elektrische Telegraph gezeigt, wenn er auch

[34]) L'Union postale universelle. Sa fondation et son developpement. Lausanne 1900. — [35]) H. Weithase, Geschichte des Weltpostvereins, 2. Aufl. Strassburg 1895, 44.

im Gegensatz zu den früheren Mitteln zunächst wieder eine ununterbrochene Verbindung der Verkehrspunkte durch die Drahtleitung erforderte, solange nämlich die neuerfundene drahtlose Telegraphie die letztere nicht überflüssig macht. Im Jahre 1833 erfunden, hat der elektrische Telegraph sich erst langsam in den vierziger Jahren eingebürgert, dann aber vermöge der leichten Herstellbarkeit seiner Linien auf dem Lande alle übrigen Verkehrsmittel an räumlicher Ausdehnung rasch überflügelt. Meist den Strassen entlang geführt, findet der Telegraph an Berg und Tal kaum ein Hindernis, um auch abseits der Wege querfeldein in geradester Richtung fortgeleitet zu werden. Bereits durchzieht er manche der unwirtlichsten Gegenden der Erde und ist der Pionier des Verkehrs in unbewohnten Landstrichen. Die Errichtung des Ueberlandtelegraphen von Nord nach Süd quer durch Australien im J. 1871 (Taf. 40) war für die Erschliessung des Kontinents ein höchst wichtiges Ereignis. In wenigen Jahren wird Kairo quer durch Afrika mit dem Kapland verbunden sein. Bald nach Einführung der Telegraphie versuchte man auch durch unterseeische Kabel Inseln und Gegengestade zu verbinden. Es gelang zuerst 1851 dauernd im englischen Kanal. Zehnjährige Anstrengung erforderte es, ehe 1866 die alte und die neue Welt durch eiu solches, auf dem Boden des Ozeans ruhendes Kabel wirksam in Verbindung gesetzt waren. Man wählte die äussersten Vorsprünge der Kontinente, Valentia im Südwesten von Irland und Trinity Bai in Neufundland, eine Entfernung von fast 4000 km, als Endpunkte. Seit dem Gelingen dieses Unternehmens ist die Legung ozeanischer Kabel nur eine Frage der Kosten. Nach Möglichkeit benutzt man Inselbrücken zur Hinüberleitung. Seit 1902 ist das Netz bereits rings um die Erde gespannt. Man kann die Länge aller Telegraphenlinien der Erde für 1912 auf 3 Millionen Kilometer schätzen, wovon $^1/_2$ Million auf die unterseeischen Kabel entfällt, deren es mehr als 2500 gibt[36]).

An Stelle des einen Kabels vom Jahre 1866 verbinden heute deren 15 Westeuropa mit dem nordöstlichen Amerika; sie gehen grösstenteils von Westirland aus, um meist in Neuschottland zu landen. Deutschland hat 1900 ein eigenes Kabel von Emden über die Azoren nach Neu-York gelegt und ein zweites folgte 1903. Brasilien (Pernambuco) ist über die Kapverden und Madeira mehrfach mit Europa verbunden. Rings um Afrika zieht der submarine Telegraph; meist ist er in englischen Händen. Doch hat Deutschland jetzt auch begonnen, seine afrikanischen Kolonien mit dem Mutterlande telegraphisch zu verbinden. Nach Ostasien und Australien führen die Linien über Indien (Aden-Bombay und Madras-Malakka), und endigten 1900 im Osten in Japan, den Philippinen, Neukaledonien und Neuseeland. Der Grosse Ozean war bis zum Schluss des Jahrhunderts noch nicht durchquert. Doch ward seit Erwerbung der Philippinen durch die Vereinigten Staaten ein Kabel von San Francisco über Hawaii direkt dorthin gelegt und England hat bereits 1902 Vancouver mit Brisbane in Australien durch ein solches von ca. 13 000 km Länge verbunden. Es berührt nur in der einsamen Fanning Insel und auf den Fidschi Inseln Land. Je mehr also der Grosse Ozean

---

[36]) Statist. Jahrb. d. Deutschen Reiches 1912, Internat. Uebersichten 34*; Th. Lenschau, Das Weltkabelnetz, 2. Aufl., Halle 1908, mit Karte, Aeq.-Massst. 1 : 72 000 000.

in den Weltverkehr rücken wird, um so zahlreicher wird auch er von Kabeln durchzogen werden. Noch ist das Weltmonopel der Kabel in britischen Händen. Aber mehr und mehr beginnen die andern grossen Kolonialmächte die Notwendigkeit des Besitzes eigener Weltkabel zu erkennen.

Eine Umwälzung auch dieser Verhältnisse stellt die neueste Ausbildung der drahtlosen Telegraphie in Aussicht. Bereits ermöglicht sie den Verkehr von Schiffen und zwischen Küsten, die Hunderte von Kilometern von einander entfernt sind. Die Zahl der Funkenstationen der Erde betrug Ende 1911 bereits mehr als 500[37]).

[37]) Vergl. P. Langhans, Funkentelegraphen-Karten I. Westeuropa 1:5000000 (Pet. Mitt. 1911, I, Taf. 10); II. Nordamerika 1:20000000 (Ebenda, Taf. 20); III. Weltkarte 1:40 Mill., im Aeq. (Ebenda 1911, II, Taf. 28.)

Tabelle zur Geschichte der Erdkunde.

(Theoretisches in Kursiv.)

Altertum.

1.

Vor Chr. Geb.	
1400—1250	Eroberungszüge ägyptischer Könige (Sesostris etc.) nach Habesch, Arabien, Phoenizien, Syrien.
Seit 1200?	Fahrten der Phoenizier nach Gades im Westen; nach Britannien wohl erst später (?).
1000	Fahrten der Phoenizier nach Ophir im Osten.
?	Argonautenzug nach Kolchis.
Seit ca. 750	Ausgedehntere Koloniengründungen von seiten der Griechen im westlichen Mittelmeer und im Schwarzen Meer (Pontus Euxinus).
Um 650	Samier entdecken Spanien (Tartessus) für Griechenland.
600	Umschiffung Afrikas durch phoenizische Schiffer im Auftrage des ägyptischen Königs Necho.
515	Darius' Zug gegen die Skythen.
Um 465	Der Karthager Himilko untersucht die atlantischen Küsten Europas.
Um 465	Hanno's Befahrung der atlantischen Küste Afrikas bis etwa Kap Palmas.
Um 450	Herodot besucht Aegypten, Cyrenaika, Karthago, Skythien, Vorderasien.
400	Rückzug der 10000 Griechen aus Babylonien durch Armenien.
Um 600	*Thales von Milet, die Erde als schwebende runde Scheibe auffassend.*
Um 550	*Anaximander von Milet macht die ersten Versuche, Erdkarten herzustellen.*
Um 500	*Pythagoraeer lehren die Kugelgestalt der Erde.*
Um 500	*Hekataeus von Milet, γῆς περίοδος.*
Um 460	*Parmenides, Zonenlehre.*
Um 430	*Herodot; die drei Erdteile werden unterschieden.*
Um 424	*Hippokrates, περὶ ἀέρων, ὑδάτων, τόπων.*
400	*Xenophon, Ktesias.*
Um 380	*Skylax, Periplus des Mittelländischen Meeres.*

2.

Um 345	Pytheas aus Massilia erkundet Thule, Nordsee, Süd-Skandinavien.
329—325	Alexanders des Grossen Zug nach Vorderasien und Indien.
	Nearchos befährt von der Indusmündung aus das Persische Meer.

Seit 290	Die Ptolemaeer veranlassen Reisen im Innern von Afrika zur Entdeckung der Nilquellen bis in das Seengebiet. Aegyptische Schiffer befahren die Ostküste Afrikas.
218	Hannibals Zug über die Alpen nach Italien.
Um 350 (?)	*Eudoxos von Knidos, γῆς περίοδος. Beobachtung, dass Sterne, die in Griechenland nicht zu sehen sind, in Aegypten am Horizont erscheinen. Ausdehnung der Oekumene.*
384—322	*Aristoteles; Beweise für die Kugelgestalt der Erde.*
320	*Dikaearchos von Messana; Erdkarte.*
295	*Megasthenes, Indien.*
Um 280	*Aristarch von Samos lehrt die Bewegung der Erde um die Sonne.*
287—212	*Archimedes; Kugelgestalt der Meeresfläche aus der Hydrostatik gefolgert.*
276—196	*Eratosthenes in Alexandrien. Erste Erdmessung. Das erste Lehrgebäude der Geographie.*

3.

vor Chr.	
Seit 150	Polybius bereist die afrikanischen Provinzen der Römer, später die Alpen, Gallien, Spanien.
Um 120	Eudoxos aus Cyzikus versucht die Umsegelung Afrikas.
113—101	Kämpfe der Römer mit den Kimbern und Teutonen.
88—64	Die Mithridatischen Kriege der Römer in Kleinasien und Armenien.
65	Pompejus in Iberien und Albanien (dem heutigen Grusien).
58—51	Julius Caesar in Gallien, Germanien, Britannien.
Um 150	*Krates von Mallos entwirft in Pergamon den ersten Erdglobus.*
Um 150	*Hipparch, Fixstern-Katalog. Entdeckt das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen. Ortsbestimmungen. Stereograph. und orthograph. Projektion für Himmelskarten.*
Um 150	*Seleukos, der Chaldaeer, erweitert die Lehre des Aristarch.*
130	*Polybius; Geschichte in innerer Verbindung mit Geographie.*
134—60	*Posidonius; die sog. zweite Erdmessung (Umfang 180 000 Stadien).*

4.

vor Chr.	
Seit 30	Bedeutende Erweiterung der geographischen Kenntnisse und Handelsverbindungen der Römer unter Augustus bis nach Turan. Aemilius Gallus gelangt bis Südarabien, Dionys von Charax nach Parthien und Arabien.
15	Tiberius entdeckt den Bodensee, Drusus den Weg über den Brenner.
12—9	Drusus in Nordwestdeutschland.
5	Tiberius dringt bis zur Unterelbe vor.
nach Chr.	
14—16	Germanicus in Nordwestdeutschland.
Um 60	Zur Zeit Nero's wird eine direkte Handelsverbindung zwischen Rom und dem Bernsteinlande der Ostsee angeknüpft.
84	Umschiffung Britanniens durch Agricola.
100	Die Abendländer stehen mit den bis ans Kaspische Meer gelangenden chinesischen Händlern in direktem Austausch hinsichtlich des Seidenhandels.

30–12 *v. Chr.*	*Sammlung von Itinerarien im Gebiet des römischen Reiches unter M. Vipsanius Agrippa.*
68 *v.*-24 *n. Chr.*	*Strabo, Γεωγραφικά in 17 Büchern.*
40 *n. Chr.*	*Pomponius Mela, de situ orbis.*
Um 60 *(?)*	*Hippalos bringt Kunde von dem Wechsel der Monsune.*
23—79	*Plinius, Historia naturalis.*
98	*Cornelius Tacitus, de situ, moribus et populis Germaniae.*
Um 100	*Marinus von Tyrus führt die Gradnetzkarte (Plattkarte) ein.*
Um 150	*Claudius Ptolemaeus in Alexandria. Μεγάλη σύνταξις. Γεωγραφική ὑφήγησις. Verlegt den Anfangs-Meridian in die glückseligen Inseln. Erste Kegelprojektionen.*
Um 150	*Pausanias, περιήγησις τῆς Ἑλλάδος.*
Um 300 *(?)*	*Itinerarium . . . imperatoris Antonini.*
Um 330 *(?)*	*Itinerarium Hierosolymitanum.*
Um 375 *(?)*	*Tabula Peutingeriana, Strassenkarte des Römischen Reiches.*
Um 500	*Stephanus von Byzanz; Geographisches Wörterbuch (Ἐθνική).*
Um 550	*Kosmas Indikopleustes führt falsche biblische Vorstellungen in die Geographie ein. Die Erde ein Viereck.*
	Moses von Chorene (Armenien) gibt Nachrichten über Zentralasien.

Mittelalter.

1.

Ausbreitung des Christentums ausserhalb des Mittelmeers:

330	Christliche Missionen im Kaukasus.
330	Theophilus, Missionar in Südarabien.
330	Frumentius und Aedesius in Habesch.
Um 450	Nestorianer gründen Gemeinden bis nach China hin.
430	Patricius, Missionar in Irland.
474	St. Severinus in Norikum und in der Umgegend von Wien.
Um 500 (?)	Fridolin am Bodensee.
560	Columban in Nordschottland.
595	Columban im Wasgau.
610	St. Gallus in der Schweiz.
630	St. Amandus in den Niederlanden.
Um 690	Kilian in Würzburg.
Um 700	Rupertus in Salzburg.
716—55	Bonifacius in Friesland, Hessen und Thüringen.
772—804	Karl der Grosse; Feldzüge bis zur Eider und zur Theiss.
826—62	Ansgarius, der Apostel des Nordens; als Missionar mehrmals in Schweden.
Seit 863	Kyrillus und Methodius, die Apostel der Slawen, in Grossmähren (bes. Pannonien).

2.

861	Normannen entdecken die schon früher von Iren besiedelten Färöer.
ca. 865	Naddod entdeckt Island (schon im 8. Jahrh. von Iren erreicht).
Um 880	fährt Other ums Nordkap nach Biarmien, Wulfstan nach den Ostseeküsten.
997	Adalbert von Prag im Land der Preussen.
984	Der Normanne Erik der Rote gelangt nach Grönland.
1000	Die Normannen entdecken die Nordostküste von Amerika.
1003—6	Normannen besetzen die Nordostküste von Amerika bis ca. 49° Br.

Um 600	*Mosaikkarte Palästinas von Madaba, ältestes erhaltenes Original einer Landkarte.*
Um 670	*Kosmographie des Anonymus aus Ravenna.*
825	*Dicuil, irischer Mönch, de mensura terrae.*
Um 900	*Alfred der Grosse von England, Uebersetzung des Orosius mit einer Geographie Europas und den Nordostfahrten der Normannen.*
1070	*Adam von Bremen, erster deutscher Geograph; Gesta Hammaburgensis ecclesiae pontificum.*
Um 1250	*Sacrobusto (John de Holywood), liber de sphaera, für mehr als drei Jahrhunderte Hauptlehrbuch der mathematischen Geographie.*
Um 1270	*Albertus Magnus, Kommentare zum Aristoteles.*
Um 1270	*Roger Baco, Opus majus.*
Um 1284	*Ebstorfer Weltkarte.*

3.

639	Khalif Omar dringt bis Persien vor.
700	Araber gelangen westlich bis zur Strasse von Gibraltar.
878	Die Araber Wahab und Abu Seid schiffen bis nach China.
800—1000	Araber siedeln sich an der Ostküste Afrikas bis Madagaskar an.
943	Araber bis über den Niger dringend gründen das Reich Melti.
976	Ibn Haukal bereist den Orient und beschreibt seine Reise.
985	Mokadassi desgl.
813—33	*Der Khalif Al Mamum in Bagdad lässt den Ptolemaeus ins Arabische übersetzen und eine Gradmessung in Mesopotamien ausführen.*
820	*Ferghani (Alfraganus), mathematische Geographie.*
940	*Istachri, geographisches Kompendium.*
950	*Masudi beschreibt u. d. Titel „goldene Wiesen" Völker und Länder des Abend- und Morgenlandes.*
1154	*Edrisi verfertigt für König Roger von Sicilien eine silberne Tafel (Erdkarte) und beschreibt sie in den „Geographischen Ergötzungen".*
Um 1250	*Alphons der Weise von Kastilien lässt „die Alphonsinischen Tafeln" berechnen.*
1250	*Yakuts grosses geographisches Wörterbuch.*
Um 1320	*Abulfeda, Fürst von Syrien, Allgemeine Geographie.*

4.

1096—1291	Die Kreuzzüge bringen den Orient in Verbindung mit Westeuropa.
1124	Otto von Bamberg in Pommern und den Ostseeländern.
1198	Schwertritter in Kurland und Livland.
Seit 1230	Deutschritter in den Ostseeprovinzen.
Um 1200	Arabische Kaufleute entdecken Sibirien.
1220	Die Mongolen erobern Russland.
1245	Der Mönch Ascelin besucht das Mongolenlager in Chiwa.
1246	Piano Carpini in Zentralasien.
1253	Ruysbroek erreicht Karakorum, die Hauptstadt der Mongolei.
1271—95	Reisen des Venetianers Marco Polo durch Hochasien nach China, Indien, Persien.
1308	Monte Corvino, Erzbischof von Peking.
1318	Odorico von Pordenone erreicht Vorderindien zu Lande.
1325—52	Ibn Batuta bereist die ganze mohammedanische Welt und beschreibt seine Reise.

1311	*Aelteste datierte Seekarte der Italiener. Pietro Vesconte.*
1320	*Die sog. Erdkarte des Marino Sanudo (von P. Vesconte herrührend).*
1375	*Katalanische Weltkarte.*
1410	*Jacobus Angelus übersetzt die Geographie des Ptolemaeus ins Lateinische.*
1410	*Pierre d'Ailly (Petrus de Alliaco), Tractatus de imagine mundi.*
1427	*Der Däne Claudius Clavus, ältester Kartograph des Nordens.*
1436	*Atlas des Andrea Bianco.*
1449	*Sultan Ulugh Begh in Samarkand, Astronomische Tafeln.*
1457	*Grosse Weltkarte von Fra Mauro (Venedig).*
1463—1508	*Gracioso Benincasa verfertigt zahlreiche Seekarten.*
1466	*Donnus Nicolaus Germanus führt die trapezförmige Projektion in die Ptolemäushandschriften ein.*
1475	*Erste gedruckte Ausgabe der lateinischen Uebersetzung der Geographie des Ptolemaeus.*
1480	*Erster Druck der Alfontii Regis Castellae Tabulae.*
1482	*Erste Ausgabe des Ptolemaeus mit neuen Karten (Ulm).*

Zeitalter der Entdeckungen und der Wiedergeburt der wissenschaftlichen Geographie.

1.

1380	Vermeintliche Reise der Venetianer Zeni nach dem Norden (Färöer etc.).
1402	Bethencourt erreicht die schon im 14. Jahrh. von Italienern entdeckten Kanarischen Inseln.
1415	beginnt Prinz Heinrich der Seefahrer († 1460) die portugiesischen Entdeckungsfahrten ins Leben zu rufen.
1419—20	Porto Santo und Madeira von neuem entdeckt (Italiener hatten sie schon im 14. Jahrh. erreicht).
1432	Die Azoren besiedelt.
1433	Kap Bojador (non plus ultra) umschifft.
1460	Guineaküste erreicht.
1472	Die Guineainseln entdeckt.
1485	Kongomündung erreicht.
1486	Bartolomeo Diaz umschifft das Kap der guten Hoffnung.
1472—75	*Regiomontanus (J. Müller aus Königsberg in Franken) in Nürnberg. Astronomische Instrumente (Jakobstab). Astronom. Ephemeriden.*
1474	*Toscanellis charta navigationis behufs Erläuterung eines westlichen Seeweges nach Indien. Erste Seekarte in Plattkartenform mit Gradnetz.*
1492	*Martin Behaims Erdglobus (in Nürnberg erhalten).*

2.

1492	Eroberung Granadas, des letzten Bollwerks der Mauren in Spanien, durch Ferdinand von Aragonien und Isabella von Kastilien.
1492	Kolumbus entdeckt Amerika (Westindische Inseln) und setzt es in bleibende Verbindung mit der alten Welt.
1493	Papst Alexander VI. bestimmt eine Demarkationslinie zwischen der spanischen und portugiesischen Erdhälfte (Vertrag von Tordesillas 1494).
1497—98	John Cabot entdeckt das Festland von Amerika und befährt die Ostküste Nordamerikas von Labrador bis Kap Hatteras (?).

1498	Kolumbus entdeckt auf seiner dritten Reise das Festland von Südamerika (Golf von Paria).
1498	Vasco de Gama entdeckt den Seeweg nach Ostindien.
1500	Cabral entdeckt auf der Fahrt nach Ostindien unerwartet Brasilien.
1502	Kolumbus entdeckt auf seiner letzten Reise das Festland von Zentralamerika.
1499—1505	Der Italiener Amerigo Vespucci nimmt an verschiedenen Fahrten nach Amerika teil und beschreibt diese: Quatuor navigationes.
1512	Ponce de Leon entdeckt die Halbinsel Florida und den Golf von Mexiko.
1513	Balboa überschreitet die Landenge von Darien südwestwärts und entdeckt die Südsee (Mar del Sur).
1516	De Solis gelangt an der Ostküste von Südamerika bis zum Laplata.
1511	Die Portugiesen erobern unter Albuquerque Malakka.
1512	Die Portugiesen erreichen die Molukken.
1517	Die Portugiesen betreten China bei Kanton.
1519—21	Ferdinand Cortez erobert Neuspanien (Mexiko).
1519—22	Magalhães im Dienste Spaniens. Erste Erdumsegelung (Richtung von Ost nach West).
1520	Entdeckung der Magalhäesstrasse.
1521	Die Philippinen von Magalhães erreicht.
1520	Der portugiesische Missionar Alvarez in Habesch.
1526	Leo Africanus durchwandert ganz Nordafrika und beschreibt seine Reise.
1532—34	Eroberung Perus durch Francisco Pizarro.
1535—37	Zug Almagro's durch das Hochland von Chile und zurück.
1541	Orellana entdeckt und befährt den Amazonenstrom von Peru aus abwärts.
1535	Der Franzose Cartier entdeckt den St. Lorenzstrom.
1540—43	Vordringen der Spanier im N. Neuspaniens bis Kap Mendocino und nach Quivira (Felsengebirge).
Um 1540	Französische Schiffer erblicken das Festland von Australien.
1542	Der Portugiese Pinto erreicht Japan.

1492	*Kolumbus entdeckt eine Linie ohne magnetische Missweisung.*
1500	*Juan de la Cosa, Weltkarte. Erste Generalübersicht der neuen Entdeckungen.*
1501	*Etzlaub, Karte des Romwegs; Beginn des Entwurfs von Reisekarten.*
1502	*Caneiro, Weltkarte. Erste Seekarte mit Breitenskala.*
1503	*Gregor Reisch, Margarita philosophica.*
1507	*Martin Hylacomylus (Waldseemüller), Grosse Weltkarte und Cosmographiae introductio, in welcher der Name Amerika für den neuen Kontinent vorgeschlagen wird.*
1513	*Strassburger Ptolemaeus-Ausgabe mit 20 neuen Karten von Waldseemüller.*
1514	*Joh. Werner in Nürnberg teilt neue Projektionsmethoden nach den Angaben Stabs (1502) mit.*
Seit 1505	*Joh. Schöner, zahlreiche Globen.*
1516	*Waldseemüller, Carta marina navigatoria. Erste gedruckte Seekarte.*
1518	*Joh. Stöffler, Abacus regionum im Calendarium magnum.*
1524	*Petrus Apianus (Peter Bienewitz), Cosmographicus liber.*
1527	*Henr. Glareanus, de Geographia liber unus.*
1527 *u.* 1529	*Weltkarten des Ribero für Karl V. gezeichnet.*
1531	*Orontius Finaeus, Weltkarte.*
Seit 1530	*Gemma Frisius fördert die mathematische Geographie.*

1534	*Sebastian Frank, Weltbuch.*
1539	*Olaus Magnus, Karte der nördlichen Länder.*
1544	*Sebastian Münster, Cosmographey.*
1544	*Georg Hartmann entdeckt die magnetische Inklination.*
Seit 1546	*Jac. Gastaldi, zahlreiche Landkarten.*
1549	*Sig. v. Herberstein, Rerum Moscovitarum commentarii.*
1554	*Gerhard Mercator, grosse Karte von Europa.*
1561	*Wolfgang Lazius, Typi chorographici Austriae.*
1568	*Philipp Apian, Bayrische Landtafeln.*
1569	*G. Mercators Weltkarte in der nach ihm benannten Mercator-Projektion.*
1570	*Abraham Ortelius gibt sein Theatrum orbis terrarum, die erste Sammlung ausschliesslich neuer Karten, heraus.*
1584	*Kaspar Henneberger, Landtafel von Preussen.*

Die Zeit seit Ausbildung der nordischen Nationen zu Seemächten.

1.

1553	Der Engländer Chancellor entdeckt das Weisse Meer.
1556	Burrough erreicht Nowaja Semlja (Waigatsch Strasse).
1565	Endliches Gelingen der Fahrten der Spanier von den Philippinen ostwärts über den Stillen Ozean nach Mexiko.
1567—69	Mendana befährt den Stillen Ozean; die Salomonen entdeckt.
1576	Der Engländer Frobisher eröffnet die Versuche der nordwestlichen Durchfahrt und entdeckt Frobishers Einfahrt.
1577—80	Francis Drakes Erdumsegelung. (Die zweite Reise um die Erde.)
1578	Der Kosak Jermak beginnt die Eroberung Sibiriens.
1587	Der Engländer Davis entdeckt die Davisstrasse.
1594	Der Holländer Barents erreicht das Karische Meer.
1596	Barents und Heemskerk entdecken Spitzbergen.
1600	Begründung der englisch-ostindischen Kompagnie.
1602	Begründung der holländisch-ostindischen Kompagnie.
1605	Der Spanier De Quiros entdeckt Tahiti und andere Südseeinseln.
1606	Der Spanier Torres entdeckt die Torresstrasse, die Holländer erreichen Australien.
1610	Des Engländers Hudson Entdeckungen in Nordamerika: Hudson Fluss, Hudson Strasse und Hudson Bai.
1616	Baffin dringt in die Baffin Bai ein und versichert, dass sie keinen Ausgang habe.
1616	Die Holländer Le Maire und Schouten umfahren das Kap Hoorn.
1642	Der Holländer Abel Tasman umfährt Australien von Batavia aus und entdeckt Van Diemensland (Tasmania) und die Westküste Neuseelands.
1643	Der Holländer de Vries entdeckt die Ostküste Japans, die Kurilen und Sachalin.
1644	Die Kosaken erreichen von der Lena aus den Amur.
1645	Die Kosaken erreichen von Irkutsk aus das Ochotskische Meer.
1648	Der Kosak Deschnew umfährt das Ostkap Asiens.

1576 *Der englische Seemann Robert Norman macht die ersten Bestimmungen der magnetischen Inklination.*
1584 *Lucas Waghenaer, Spieghel der Zeevaerdt (Aurigarius, Speculum navigationis).*
1592 *Erfindung des Thermometers durch Galilei (?).*
1595 *Gerhard Mercator († 1594), Atlas sive Cosmographiae meditationes. Seitdem bürgert sich der Name Atlas für Kartensammlungen ein.*
1596 *van Linschoten, Itinerarium ofte Schipvaert vaer Oost ofte Portugaels Indien.*
1599 *Edw. Wright, Certain errors in navigation, gibt Tafeln zur Berechnung der Mercator-Projektion.*
1598—1600 *Rich. Hakluyt, Sammelwerk Principal navigations.*
1609 *Joh. Kepler, Astronomia nova, die beiden ersten Keplerschen Gesetze über die Planetenbahnen enthaltend.*
1610 *Galileo Galilei entdeckt vier Jupitertrabanten.*
1611 *Joh. Hondius, Grosse Weltkarte in 18 Bl. Noviss. ac. Exactiss. Totius Orbis Terrarum Descriptio Magna.*
1617 *Will. Snellius, Eratosthenes Batavus seu de terrae ambitus vera quantitate. Einführung der Triangulation in die Gradmessung.*
1619 *Joh. Kepler, Harmonice mundi, das dritte Gesetz enthaltend.*
1624 *Philipp Cluver, der Begründer der historischen Erdkunde, Introductio in universam geographiam tam veterem quam novam.*
1626 *Andreas Bureus, Orbis Arctoi Nova et Accurata Delineatio.*
1627 *Joh. Kepler, Tabulae Rudolphinae.*
1624—31 *Schickhart, Aufnahme von Württemberg.*
1634 *Der 0.° Meridian von Franzosen durch Ferro gelegt.*
1638 *Beginn der grossen Jansonschen und Blaeuschen Atlanten.*
1645 *Beginn der grossen Sansonschen Atlanten in Frankreich.*
1648 *Erste barometrische Höhenmessung auf Pascals Vorschlag.*
1650 *Bernh. Varenius, der Begründer der physikalischen Geographie Geographia generalis in qua affectiones telluris explicantur.*
1655 *Martin Martini, Novus Atlas Sinensis.*
1661 *Riccioli, Geographia et Hydographia reformata.*
1665 *Athanasius Kircher, Mundus subterraneus, enthaltend die ersten Karten der Meeresströmungen.*

Ruhepause der grössern Entdeckungen. Das Erwachen der Geophysik.

1.

1660 Franzosen entdecken das Kanadische Seengebiet vom St. Lorenzstrom aus.
1661 Die Patres Dorville und Gruber durchziehen Tibet, von China ausgehend.
1673 Pater Marquette und Jolliet befahren den Mississippi von Norden aus.
1673—87 Robert La Salle im Mississippi-Gebiet.
1688—98 Pater Gerbillon in China, besonders in der Mongolei.
1689 Erster Grenzvertrag zwischen China und Russland.
1690—92 Des Holländers Kämpfer Aufenthalt in Japan.
1700 Der Engländer Dampier in Neu-Irland u. Neu-Britannien.
1711—18 Aufnahmen der Jesuiten im Chinesischen Reich.

1725—43 Untersuchungen der Küsten Sibiriens durch die Russen.
1728 Bering befährt die nach ihm später benannte Strasse.
1741 Bering und Tschirikow erreichen die Küsten Amerikas im Süden von Alaska.
1737—43 Der Naturforscher Gmelin in Sibirien.
1743 Tscheljuskin umwandert die Nordspitze Asiens von Osten aus.

1669—70 *Jean Picard, Gradmessung in Frankreich.*
1672 *Jean Richer macht in Cayenne Pendelbeobachtungen. Entdeckung der nach dem Aequator hin abnehmenden Schwerkraft.*
1673 *Huyghens entdeckt das Gesetz der Fliehkraft.*
1685(?) *Cassini der Aeltere, mappa critica Galliae.*
1686 *Edm. Halley, Theorie der Monsune.*
1687 *Isaak Newton, Philosophiae naturalis principia mathematica, enthaltend das Gravitationsgesetz.*
1688 *Louvois begründet die erste grosse Kartensammlung im Depôt de la guerre.*
1691 *Huyghens folgert aus der Zentrifugalkraft die Abplattung der Erde.*
1700 *Guilleaume Delisle der Aeltere, Erste Karte Europas nach neuern Ortsbestimmungen mit richtig verkürzter Mittelmeerachse.*
1701 *Edm. Halley; erste Isogonenkarte.*
1701—06 *Chr. Cellarius, notitia orbis antiqui.*
1702 *Joh. Bapt. Homann beginnt in Nürnberg Landkarten zu zeichnen und herauszugeben (Homannscher Atlas).*
1718 *Vollendung der grossen chinesischen Reichskarte durch die Jesuiten.*
1729 *Harrison erfindet das Chronometer.*
1729 *Des Holländers Sam. Cruquius' Einführung von Flusssondierungen und Isobathen.*
1731 *John Hadley konstruiert den Spiegelsextanten.*
1733 *Hermann Moll, Hauptkartograph in England.*
1735 *George Hadley entwickelt die Theorie der Passate.*
1735 *Linné, Systema naturae.*
1736—43 *Französische Gradmessungen in Peru (Bouguer und Condamine) und Lappland (Maupertuis und Clairaut); die Erde als ein abgeplattetes Rotationssphäroid erwiesen.*
1737 *Philippe Buache, erste Isobathenkarte von Meeresteilen (Aermelkanal).*
1737—80 *D'Anville, Atlas général. Nouvel Atlas de la Chine (1757). Atlas antiquus (1768).*
1750—93 *Cassini's Carte de la France, erste topographische Karte eines grossen Landes nach neuen Anforderungen.*
1752 *Phil. Buache, Essai de géographie physique.*
1754 *Büsching begründet in seiner „Neuen Erdbeschreibung" eine exaktere politische Geographie.*
1755 *Tobias Mayer der Aeltere, Mondtafeln zur Benutzung für Längenbestimmungen mittelst Mondabständen (1770 publiziert).*

Beginn des Zeitalters der wissenschaftlichen Entdeckungsreisen.

1.

1761—67 Carsten Niebuhr in Arabien, Persien, Syrien, Palästina.
1766—69 Wallis' Erdumsegelung. Desgl. diejenige Bougainville's.

1770 Bruce entdeckt die Quellen des Blauen Nils.
1771 Hearne erreicht den Kupferminenfluss in Nordamerika.
1768—71 James Cook's erste Reise um die Welt. Wiederentdeckung der Gesellschaftsinseln. Entdeckung der Cookstrasse in Neuseeland. Aufnahme des Festlands von Australien.
1772—75 Cook's zweite Reise. Vorstösse nach dem Süden. Er beweist die Nichtigkeit einer grossen Terra australis.
1778—80 Cook's dritte Reise. Entdeckung der Sandwichinseln. Nordwestküste Amerikas wird entschleiert, das Bering Meer untersucht; (Cook ermordet 1779).
1785—88 La Pérouse, Erdumsegelung. Die Nordjapanischen Inseln festgelegt.
1789 Mackenzie verfolgt in Nordamerika den nach ihm benannten Fluss.
1791 Vancouver, Erdumsegelung. Untersuchung der Nordwestküste Amerikas.
1795—1802 J. Barrow in Südafrika; dringt zum Orangefluss vor.
1795 Des Briten Mungo Park erste Reise zum Niger.
1797—98 Der Deutsche Hornemann in der Oase Siwah in Aegypten.
1798 Napoleon in Aegypten.

Seit 1755 *hält Imanuel Kant in Königsberg Vorlesungen über physikalische Geographie.*
1772—75 *Reinhold und Georg Forster, Vater und Sohn, nehmen Teil an Cooks zweiter Reise um die Erde.*
1772 *Lambert, Beiträge zum Gebrauch der Mathematik, verschiedene neue Projektionen enthaltend.*
1773 *Torbern Bergmann, Physikalische Geographie.*
1775 *J. Christ. Gatterer, Abriss der Geographie.*
1775 *Benj. Franklin bestimmt die Grenzen des Golfstroms durch Temperaturbeobachtungen.*
1782 *Dupain Triel gibt auf Ducarlas Anregung die Theorie der Isohypsen. Expressions de nivellements etc.* 1791 *erscheint seine Karte von Frankreich mit Isohypsen nebst Höhenprofil.*
1785—87 *Lamanon, Begleiter von La Pérouse, beobachtet zuerst die Veränderlichkeit der magnetischen Intensität.*
1786 *Abr. Gottlob Werner in Freiberg. Begründer der Geognosie.*
1787 *Saussure, Ersteigung des Montblanc. Voyages dans les Alpes.*
1788 *Gründung der African Association in London.*
1792 *ff.* *Französische Gradmessung durch Méchain und Delambre, publiziert in Base du système métrique* 1806—1810. *Das Meter.*
1796 *James Hutton, Begründer des Plutonismus, Theory of the earth.*
1796 *Laplace, Exposition du système du monde.* 1799 *ff. Traité de mécanique céleste.*
1802 *John Playfair, Illustrations to the Huttonian Theory.*

2.

1799—1804 A. v. Humboldt, Reisen in Süd- und Mittel-Amerika.
1803—6 Der Deutsche Heinrich Lichtenstein im Kapland.
Des Russen Krusenstern Erdumsegelung.
1805 Lewis und Clarke dringen vom Mississippi aus auf dem Missouri bis zu dessen Quellen und zum Kolumbia bis zur Mündung vor.
1806 Fraser an dem nach ihm benannten Fluss (Brit. Kolumbia).
1806 Mungo Parks zweite Reise zum Niger.
1808 Webb dringt zu den Quellen des Ganges vor.
1812 Moorcroft gelangt zum obern Indus.

1808—17 Der Deutsche Burkhardt in Aegypten, Arabien, Syrien.
1814—18 O. v. Kotzebue's und Chamisso's Erdumsegelung.
1815—17 Prinz Max von Neuwied in Brasilien.
1817—20 Spix und Martius in Brasilien.
1818 John Ross' erste Polarreise.
1819 Edward Parry dringt im arktischen Nordamerika von der Baffin Bai aus bis zur Melvilleinsel vor.
1820 Moorcroft gelangt nach Leh und Kaschmir.
1820 Long erforscht das Felsengebirge.
1820—23 Des Russen Ferd. v. Wrangel Reisen an der Nordküste Sibiriens.
1823 Kapitän J. Weddell dringt im Süden in die später nach ihm benannte Weddell-See ein.
1823 Denham, Clapperton u. Oudney erreichen von Tripolis aus den Tschadsee.
1824—30 Philipp Franz von Siebold in Japan.
1825—26 Franklin, Back und Richardson erforschen die Nordküste Amerikas.
1827 Clapperton und Lander dringen von Guinea an den Niger vor.
1828 Der Franzose Caillié in Timbuktu.
1829 A. v. Humboldts kurzer Ausflug zum Westfuss des Altai.
1828—31 Charles Sturt erforscht den Murrayfluss und Darling in Australien.
1828—34 John Ross' zweite Nordpolarreise. Boothia Felix entdeckt.
1830 Die Franzosen setzen sich in Algier fest.
1833 Alexander Burnes überschreitet den Hindukusch von Indien aus.
1834 Back entdeckt den grossen Fischfluss in Nordamerika.
1834 Der deutsche Missionar Gützlaff in China.

1799 *J. G. Lehmann, Theorie der Bergzeichnung. Die Lehre vom Situationszeichnen* 1812—1816.
1807 *Fourriers erste Arbeiten über die Theorie der Wärme.*
1809 *Karl Friedr. Gauss, Theoria motus corporum coelestium.*
1810—29 *Malte-Brun, Précis de la géographie universelle.*
1817 *A. v. Humboldt, Theorie der Isothermen.*
1817—34 *Erste Ausgabe von Adolph Stielers Handatlas, Gotha.*
1817 *Karl Ritter, Beginn der allg. vergleichenden Erdkunde im Verhältnis zur Natur und Geschichte der Menschen (2. Aufl., Afrika und Asien enthaltend,* 1822—1859*).*
1821 *Gründung der Société de géographie in Paris.*
1826 *Heinrich Dove, Drehungsgesetz der Winde.*
1828 *Gründung der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin.*
1830 *Gründung der Royal Geographical Society in London.*
1830 *Olsen und Bredstorff, hypsometrische Karte von Europa.*
1831 *James Ross entdeckt den magnetischen Nordpol.*
1830—33 *Charles Lyell, Principles of Geology. Begründer der neuen Geologie, welche die Veränderungen der Erdoberfläche aus den jetzt wirkenden Ursachen zu erklären sucht.*
1834 *ff. Gauss und Weber (Göttingen), Arbeiten über den Erdmagnetismus.*
1836—38 *A. v. Humboldt, kritische Untersuchungen über die historische Entwicklung der geographischen Kenntnisse von der neuen Welt.*
1836 *Prichard, Naturgeschichte des Menschengeschlechts.*

3.

1839 Beginn der ägyptischen Expedition am weissen Nil.
1839—41 Der Nordamerikaner Wilkes entdeckt südpolare Landstrecken.

1840 Eyre am Torrenssee in Australien.
1841—42 James Ross, Expedition in das Südpolarmeer. Entdeckung des Viktorialandes, der Ross See und der Vulkane Erebus und Terror.
1842—45 Middendorff, Reisen in Sibirien.
1842—46 Fremont, Aufnahmen im Felsengebirge.
1842 Chinas Vertragshäfen eröffnet.
1843 v. Wrede in Hadramaut.
1844—48 Des Deutschen Leichhard Reisen in Nordaustralien.

1841 *Wilhelm Bessel, Berechnung der wahrscheinlichsten Dimensionen des Erdsphäroids.*
1845 *Begründung der K. Russ. Geogr. Gesellschaft zu St. Petersburg.*
1845—58 *Humboldts Kosmos. Entwurf einer physischen Erdbeschreibung.*
1846 *v. Spruner, Historischer Atlas vollendet.*
1848 *Heinrich Berghaus, Physikalischer Atlas vollendet (seit* 1838*).*

Das letzte Zeitalter der Entdeckungen. Ausdehnung der Pflege wissenschaftlicher Geographie.

1.

1845 John Franklin, Expedition ins amerikanische Polarmeer.
1846 Die Lazaristenmönche Huc und Gabet durchkreuzen Tibet.
1845—47 Englische Vermessungen im westlichen Himâlaja.
1848—54 Polar-Expeditionen zur Aufsuchung John Franklins.
1851—53 Mac Clure, Entdeckung der nordwestlichen Durchfahrt (von West nach Ost) unter Zurücklassung der Schiffe im Polareis.
1849 David Livingstone erreicht den Ngami See in Südafrika.
1850—54 Heinrich Barth, Reisen im Sudan von Tripolis aus.
1852—55 David Livingstone durchkreuzt Südafrika.
1853 Kanes Nordpolarfahrt im N des Smith-Sundes.
1853—56 Eduard Vogel, Aufnahmen im Sudan.
1854 Japan dem Auslande eröffnet.
1856 Die Gebrüder Schlagintweit überschreiten den Karakorumpass und Kwen-lun von Süden aus.
1857 Ssemenow eröffnet die russischen Expeditionen in den Tiënschan.
1857—59 Erdumsegelung der österreichischen Fregatte Novara.
1858 Der Amur eröffnet. — Khanikoff in Chorassan.
1858 Burton und Speke erreichen den Tanganjika, Speke den Ukerewe.
1858 Die Franzosen erobern Cochinchina.
1859 Ferd. von Hochstetter in Neuseeland.
1859 Mc Clintock entdeckt die Reste der Franklinschen Expedition.
1859 Livingstone am Nyassasee.
1859—60 Henry Duveyrier, Reisen in der algerischen Sahara.
1860—63 Theodor von Heuglin, Expedition nach Habesch und ins Nilgebiet.
Seit 1860 Das Innere Chinas eröffnet.
1861 Claus von der Decken besteigt den Kilima-Ndscharo.
1861 Hayes im Smith-Sund.
1861, 64, 68 Schwedische Expeditionen nach Spitzbergen.
1861 Burke dringt in das Innere Australiens vor.

1861—63	Speke und Grant erforschen das Nilquellengebiet.
1862	Stuart durchschneidet den australischen Kontinent von S. nach N.
1862	Der Brite W. G. Palgrave in Arabien.
1862	Beginn zahlreicher Reisen in China.
1862—63	Adolph Bastian in Hinterindien.
1864	Gerhard Rohlfs in Marokko und Tuat.
1864	Die Russen erobern das Syrdarjagebiet.
1864	William Baker erreicht den Albert Nyansa.
1865	Der Naturforscher Louis Agassiz am Amazonenstrom.
1864—68	Ssewerzow, Forschungen im Tiënschan.
Seit 1865	Grössere geologische Aufnahmen im Felsengebirge.
1865	Whymper in Alaska.
1865—72	Karl Mauch, Reisen in Südafrika.
1865—67	Aufnahmen der Panditen in Tibet.
1866—67	Rohlfs durchkreuzt Nordafrika von Tripolis bis Guinea.
1866—68	Französische Mekong-Expedition.
1867—73	Livingstone im obern Kongogebiet.

1853	*Erster internationaler Kongress für Statistik im Haag.*
1855	*Begründung der Geographischen Mitteilungen von A. Petermann.*
1856	*Maury, The physical Geography of the Sea.*
1856	*Papen, Höhenschichtenkarte von Zentraleuropa.*
1856	*Gründung der K. K. Geographischen Gesellschaft in Wien.*
1858	*Theodor Waitz, Anthropologie der Naturvölker.*
1859	*Charles Darwin, Die Entstehung der Arten.*
1861	*Gründung des Vereins für europäische Gradmessung durch Baeyer.*
1863	*Hermann Berghaus, Chart of the World.*
1865	*Oskar Peschel, Geschichte der Erdkunde.*
1867	*Gründung der Geographischen Gesellschaft in Rom.*

2.

1868—72	Ferdinand v. Richthofens Reisen in China.
1868	Sladen dringt in Hinterindien bis Bhamo vor.
1868—71	Fedschenko in Fergana.
1869	Hayward und Shaw gelangen bis Jarkand und Kaschgar.
1869	Vordringen der Norweger in die Kara See.
1869—70	Zweite deutsche Nordpolarexpedition nach Ostgrönland.
1870—74	Gustav Nachtigal im Sudan.
1870	Georg Schweinfurth an der südöstlichen Grenze des Nilgebiets.
1871—72	Nordamerikanische Polarexpedition unter Hall.
1871—73	Aufnahmen der englischen Grenzkommission in Persien.
1872	Der Tengri-nor in Tibet von Panditen erreicht.
1872	Elias durchkreuzt die Mongolei. — Prschewalski am Kuku-nor.
1873	Forsyth, Gesandtschaftsreise nach Kaschgar.
1873—76	Tiefseemessungen des Challenger, der Tuscarora und Gazelle.
1873—75	Cameron durchkreuzt den Kontinent von Afrika von Ost nach West.
1874	Die Oesterreichische Nordpolarexpedition unter Payer und Weyprecht entdeckt das Franz-Joseph-Land.
1874—76	Warburton, Forrest, Giles etc. durchkreuzen die Westhälfte Australiens.
1875	Henry Stanley umfährt den Ukerewe See (Victoria Nyansa).
1875—76	Nares, Polarexpedition im N. des Smith-Sunds.
1876	Potanin zeigt die weite östliche Erstreckung des Altai.

1876	Paul Pogge dringt in Zentralafrika bis Lunda vor.
1877	Prschewalski im Tarimbecken; Altyn Tagh entdeckt.
1877	Stanley erschliesst den Lauf des Kongo von Njangwe bis zur Mündung.
1877—79	Der Franzose Crevaux befährt viele südamerikanische Flüsse.
1879	A. E. Nordenskiöld entdeckt die nordöstliche Durchfahrt, indem er die Sibirische Nordküste ostwärts zu Schiff umfährt.
1879—80	Joseph Thomson erschliesst das Gebiet zwischen Tanganjika und Nyassa See.
1880	Oscar Lenz durchschneidet die Sahara von Marokko bis Timbuktu.
1880	Der Italiener Graf Brazza erreicht den Kongo von Ogowe aus.
1881—82	Hermann Wissmann durchkreuzt Afrika von W nach O in äquatorialen Breiten.
1884—85	Prschewalski in Tibet.
1884—85	Die Portugiesen Capello und Ivens im obern Sambesigebiet.
1884—86	Nebenflüsse des Kongo durch zahlreiche Expeditionen erforscht.
1886	Carey in West-Tibet.
1879—87	Wilhelm Junker, Reisen im obern Nil- und Uellegebiet.
1887—88	Graf Teleki und Höhnel entdecken den Rudolph-See in Ostafrika.
1888	Fritjof Nansen, Durchquerung von Südgrönland.
1889	Der Belgier van Gèle legt den obern Ubangi fest.
1889	Stanley am Aruwimi und mit Emin Pascha am Ruvenzorigebirge und Albert Edward See.
1889—90	Bonvalot und Henry v. Orléans durchqueren Tibet.
Seit 1891	Peary in Nordgrönland mit zahlreichen Vorstössen gegen den Nordpol.
1893—96	Fritjof Nansen, Westtrift im Polarmeer.
1894	Graf Götzen erforscht das Ruvenzorigebirge in Zentralafrika.
1894—97	Des Schweden Sven Hedins erste Reise in Zentralasien (Tarinsbecken).
1898—99	Deutsche Tiefseeexpedition auf dem Schiff Valdivia.
1898—99	Erste Ueberwinterung eines Schiffes (Belgica) in antarktischen Gewässern.
1899—1900	Italienische Polarexpedition unter dem Herzog der Abruzzen; Cagni erreicht als höchste Breite 86° 33′ N.
1898—1902	Des Norwegers Sverdrup Polarreise und Entdeckung von Landmassen im W des Jones-Sundes.
1899—1902	Sven Hedins zweite Reise in Zentralasien (Tibet).
1901—04	Die Periode gleichzeitiger Südpolarexpeditionen; die Briten im Victorialand erreichen unter Scott die Breite von 82° 7′ S.; die Deutschen unter v. Drygalski überwintern am Gaussberg; die Schotten unter Bruce entdecken im Weddell Meer Coats Land; die Schweden unter O. Nordenskiöld erforschen Graham Land.
1903—06	Amundsen dringt zu Schiff längs der Nordküste Amerikas von Osten bis zur Beringstrasse vor, Lösung des Problems der nordwestlichen Durchfahrt.
1904 u. 1907	Filchners und Tafels Vorstösse in das nordöstliche Tibet.
1905—08	Sven Hedins dritte Reise in Zentralasien (Tibet). Transhimálaja-Gebirge entdeckt.
1906—08	Die Dänen unter Mylius-Erichsen vollenden die Erforschung der grönländischen Nordostküste.
1908	Shackleton erreicht in der Antarktis die Breite von 88° 23′.
1909	Peary in grösster Nähe des Nordpols.
1910—11	Aufbruch neuer Expeditionen zum Südpol; Scott, Amundsen, Japaner vom Ross Meer aus, Filchner vom Weddell Meer aus.
1911	Amundsen erreicht den Südpol.

1869	*Alexander Buchan, Erste Monatsisobaren-Karten.*
1869	*Oskar Peschel, Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde.*
1871	*Erster internationaler geographischer Kongress zu Antwerpen.*
1872	*August Grisebach, Die Vegetation der Erde.*
1872	*E. Behm und H. Wagner, Die Bevölkerung der Erde.*
1875	*Zweiter internationaler Geographenkongress in Paris.*
1875	*Errichtung der Deutschen Seewarte als Reichsanstalt.*
1875	*Preussen geht mit Errichtung eigener geographischer Lehrstühle an allen Universitäten vor.*
1876	*A. R. Wallace, Geographical Distribution of Animals.*
1876—94	*Elisée Reclus, Nouvelle géographie universelle in* 19 *Bdn.*
1877—1912	*F. v. Richthofen, China.*
1881	*Tissot, Mémoire sur la représentation des surfaces.*
1881	*Dritter internationaler Geographenkongress zu Venedig.*
1881	*Begründung der Deutschen Geographentage.*
1882—83	*Internationale erdmagnetisch-meteorologische Polarexpeditionen.*
1882—91	*Fr. Ratzel, Anthropogeographie.*
1883	*J. Hann, Handbuch der Klimatologie.*
1883—1909	*Ed. Suess, Das Antlitz der Erde.*
1884—85	*Rob. Helmert, Mathem. und physikal. Theorien der höheren Geodäsie.*
1886	*Umgestaltung des Unternehmens der europäischen Gradmessung in das der internationalen Erdmessung.*
1886	*F. v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende.*
1887	*Begründung von Gerlands Beiträgen zur Geophysik.*
1889	*A. E. v. Nordenskiöld, Facsimile Atlas.*
1891—93	*Carl Vogels Karte des Deutschen Reiches.*
1892	*Begründung der Annales de géographie in Paris.*
1892	*Herm. Berghaus, Physikalischer Handatlas.*
1892	*Feier der vierhundertjährigen Erinnerung an die Entdeckung von Amerika durch Herausgabe vieler für die Geschichte der Erdkunde wichtiger Werke.*
1895	*Begründung von Hettners Geographischer Zeitschrift.*
1895	*John Murray, Vollendung des Challenger Report.*
1895	*A. Meitzen, Siedelung und Agrarwesen der West- und Ostgermanen.*
1895	*Sechster internationaler Geographenkongress zu London.*
1897	*Fr. Ratzel, Politische Geographie.*
1897	*A. E. v. Nordenskiöld, Periplus.*
1898	*Beginn der internationalen wissenschaftlichen Luftschiffahrten.*
1899	*Siebenter internationaler Geographenkongress zu Berlin.*
1901	*J. Hann, Lehrbuch der Meteorologie.*
1901—1908	*A. Penck und E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter.*
1903	*Gründung der internationalen Assoziation für Erdbebenkunde.*
1904	*Achter internationaler Geographenkongress in Washington.*
1905	*Errichtung des Museums für Meereskunde in Berlin.*
1908	*Neunter internationaler Geographenkongress in Genf.*
1909	*Londoner Konferenz zur Herstellung von Karten im Massstab* 1 : 1 *Mill.*
1909—1911	*O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie.*
1912	*W. M. Davis, Die erklärende Beschreibung der Landformen.*

Personen- (Autoren-) Namenregister.

Das nachfolgende Register enthält ausschliesslich Personennamen, insbesondere die (durch kurze Stichworte gekennzeichneten) Autorennamen. Nicht berücksichtigt sind die nur in der Tabelle zur Geschichte der Erdkunde (S. 958—972) angeführten Namen. Die im Text vorkommenden Stellen sind durch ein * bei der Seitenzahl kenntlich gemacht. Die literarischen Wegweiser gelten hierbei nicht als Text. Zeitschriftentitel sind eingereiht.

Abbot, Mississippi 331.
Abbot, C. G., Sonnenkonstante 181.
Abendroth, W., Aelteste Gradmessungen 103.
Abruzzen, Herzog der, im Himalaja 564.
Abstract, Statistical of Brit. India 777, of United States 739.
Achelis, Th., Völkerkunde 752.
Achenwall, Statistiker *22.
Adams, Neptunentdeckung *173.
Adickes, E., Kants phys. Geogr. 23.
Aeppli, A., Züricher See 447.
Agassiz, Alex., Coral Reefs 489.
Aguillon, P., Benennung von perspekt. Projektionen 230. 232.
Ahlenius, K., Schären Finlands 472.
Airy, *Fluttheorie 542.
Albategnus, Ekliptikschiefe 152.
Albrecht, Th., Hülfstafeln f. geogr. Ortsbest. 74; Breitenvariationen 188.
Alfragan, Rudimenta astronomica 152.
Almagià, R., Frane in Italien 326.
Almanac, Nautical 45.
Ambronn, L., Geogr. Ortsbestimmung 74, Venus-Durchmesser 176.
Amerigo Vespucci 86.
Amundsen, R., Magnet. Nordpol 144, Polarfahrer 274.
Anaximander v. Milet *17.
Andersson, G., Schwedens Klima z. Eiszeit 655.
Andreas, Fr., Handel Persiens 912.
Andree, Handatlas 7. 12. 885.
Andree, K., Globus 6; Geogr. d. Welthandels 755.
Andrussow, Kara Bugas 449.
Angot, A., Météorologie 559; Verbreitung d. Wärme 571.
Anianus, Computus manualis 150.
Annalen d. Erdkunde v. Berghaus 5.
Annales de géographie 5.
Annuaire de l'économie polit. 754.
d'Anville, histor. Geographie 9.
Apian, P., Cosmographicus liber *19; Cosmographiae introductio 48; Triangulation *94; Projekt. *199. *219.
Archimedes, Kugelgestalt d. Erde *103.
Archiv f. Anthropologie 752.
Aristarch v. Samos 149; Sonnenparallaxe *161.
Aristoteles, de coelo *17; Meteor. 66; Beweise für Kugelgestalt der Erde *102.
Arldt, Th., Entwicklung der Kontinente 659. 690.
Arnold, W., Ansiedl. und Wanderungen deutscher Stämme 868.
Arrhenius, Sv., Kosm. Physik 42; Ursache der Klimaschwankungen 658.
Ascherson, A., Pflanzengeographie 660.
Assmann, R., meteorol. Beobacht. 560; Wissenschaftl. Luftfahrten 564. 578; Arbeiten d. aeronaut. Observ. 578.
Atlas der drei Ozeane 499.
Atlas, Statistical of Christian Missions 860.
Attlmayer, Handbuch d. Ozeanogr. 499.
Atwood, W. W., Topographic Maps 372.
Aufsess, Frhr. O. v., Physik. Eigenschaften d. Seen 534.
Ausland, das 6.
Austen, Godwin, Osttibet 718.
Auwers, A, Sonnen-Parallaxe *163; Sonnendurchmesser 179.
d'Avezac, Histoire de la projection des cartes 197. 230.
Azruni, Sokolow' Dünen 391.

Babinet, homalograph. Projektion *221.
Bachmann, C., Der Reis 726.
Baer, K. E. v., Uferbildung der Flüsse *339; Kasp. Studien 449.
Baeyer, J. J., Messen auf sphäroid. Fläche 115; Mitteleurop. Gradmessung *123.
Baillie, D. C., Census of India 884.
Bakewell, Niagara 334.
Balbi, Abriss d. Geographie 7.
Balboa, Entdeckung der Südsee *508.

Balleer u. Jülfs, Seehäfen 15. 476.
Ballod, K., Mögliche Menschenzahl 900.
Bandini, Briefe des Vespucci 86.
Barnard, Venusdurchmesser 176.
Bartholomew, J. G., Students-Atlas 14; Sketchmap 270; Atlas of Meteorol. 560; Atlas of the Worlds Commerce 720. 755.
Baschin, O., Bibliotheca geographica 4; jahreszeitl. Luftaustausch 600.
Bastian, A., Ethnologie 791. 792.
Batchelder, S. F., Durchschnittstemp. 589.
Bauernfeind, C. M., Vermessungskunde 45.
Baum, A., Demarkationslinie 838.
Baumgarten, K., Katholische Kirche 860.
Beazley, C. R., The Dawn of mod. Geogr. 2.
Bebber, J. van, Witterungskunde 560; Klimakarten 560; Wärmeextreme 583. 587.
Beck, L., Geschichte des Eisens 947.
Becker, A., Methodik d. Erdkunde 16.
Becker, F., Schweiz. Kartographie 248; Kunst in der Kartographie 251.
Beddard, Fr. E., Zoogeography 661.
Beer, Ad., Gesch. d. Welthandels 755.
Behm u. Wagner, Bevölk. d. Erde 15. 754.
Behm, E., Geogr. Jahrb. 6, Nil 332; Bevölkerung d. Erde 5. 754; Verteilung d. Menschen 895.
Behrmann, W., Kritik d. flächentreuen Proj. 207; beste flächentreue Proj. 218; Erläuterung z. topogr. Karten 372.
Bellingshausen, Südpolfahrer *274.
Beloch, J., griech.-röm. Welt 762. 805; Kontroverse mit O. Seeck 808; antike und moderne Grossstädte 881.
Bemmelen, van, Abweichung der Magnetnadel 1500—1750 146; Temperatur d. trop. Luftmeers 580.
Benzenberg, Fallversuche 154.
Bergeat, A., Eruptionszentren in Südamerika 315.
Berger, E., Römerstrassen 914.
Berger, H., Gesch. d. Erdk. b. d. Griechen 2; Fragm. d. Eratosthenes 17; Lehre von der Kugelgestalt d. Erde 101; Fragmente d. Hipparch 219.
Berghaus, Heinr., Annalen 5; Hertha 5; Phys. Atlas 13. 559; Elemente d. Erdbeschr. 454.
Berghaus, Herm., Kartograph 12; Phys. Atlas 13. 265; Geogr. Meile 122; Begriff d. Tieflandes 379; Küstenformen 463; Höhengürtel 642. 717; Chart of the World 499. 931.
Bergmann, Torb. Phys. Erdbeschreib. *22.
Bering *273.
Berson, A., Wissensch. Luftfahrten 564; Aeronaut. Beobacht. in Ostafrika 581.
Bertelli, T., Bussole 50.
Berthauld, F., Les Prairies 713.
Berthaut, Topologie 372.
Bertuch, F. J., Geogr. Ephemeriden 5.
Bessel, W., Erdsphäroid *118. *123.
Bessler, Gesch. d. Bienenzucht 747.
Beythien, H., Pol d. Landhalbkugel 276.
Bezold, W. v., Wärmeaustausch zw. Boden u. Luft 573; Thermodynamik d. Atmosphäre 579; meteorol. Mittelwerte 591; Föhn 616.
Bibliotheca geographica 4.
Bidlingmayer, F., erdmagn. Beob. an Bord 141.
Billwiller, R., Klima d. Schweiz 592.
Birnbaum, astronom. Geographie 101.
Bittner, B., Tekton. Begriffe 398; Tekt. Thessaliens 408.
Blaeu, Atlas 9.
Blanckenhorn, M., Schotterterrassen Aegyptens 757.
Blink, H., Nederland 331.
Bludau, A., Atlas 12; Projektionslehre 195; Karte v. Asien 227. 236. 254; Preuss. Seen 443; Stromgebiete 454.
Blumenbach, J. Fr., Anthropologie *23; Klassifikation d. Menschenrassen *773.
Blytt, A., Torfmoore 655.
Böhm, A. v., Berechnungsformeln des Erdsphäroids 115; Abplattung und Gebirgsbildung 307; Geschichte der Moränenkunde 342; Gebirgsgruppierung 427; Hochseen d. Ostalpen 446.
Börgen, C., Ozeanogr. Beobacht. 499; Gezeiten 542; Ferrels Theorie 544; Gezeitenströme im Atlant. Ozean 545.
Börsch, A., Mittelwasser von Nord- u. Ostsee 502.
Böttcher, C., Methodik d. geogr. Unterr. 16.
Böttcher, J. E., Dichte der Eisenbahnnetze 921.
Böttger, Maury's phys. Geogr. d. Meeres 498.
Bogdanow, Schwarzerde 369.
Boguslawski, v., Handb. d. Ozeanogr. 499.
Bohnenberger, Geodät 91; Trigonometr. Messungen 115.
Bolau, H., Verbreit. d. Walfische 750.
Bolte, Handb. d. Schiffahrtskunde 45; Nautische Tafelsammlung 217.
Bonne, Projektion *200. *227.
Borne, G. v. d., Grundlagen d. tekton. Theorien 307.
Borrass, E., Messungen der Schwerkraft 133.
Bos, P. R., Kulturstufen 785.
Bouguer, Peruan. Gradmessung *114.
Bourdin, Tafeln zu Mollweides Proj. 220.
Bourgeois, R., Kartographie 196.
Boysen, L., Schiffsverkehr auf dem Atlant. Ozean 895.
Bradley, Ekliptikschiefe *152.
Branco, W., Vulkan. Embryone 317. 394.
Brandt, J. Fr., das Elen 700.

Brauer, A., Arkt. Subregion 701. 743.
Braun, G., Frane in Italien 326, Bodenbewegungen 326; Physiographie 372; Flachlandsküsten 463.
Breusing, A., G. Mercator 20; Varenius 20, Steuermannskunst 45, Loxodrome 70, Naut. Instrum. 46. 75; Verebnen d. Kugeloberfl. 196; Nautik d. Alten 922.
Brockhaus, Konversationslexikon 6.
Brüch, S., Mess. v. Flächenräumen 260.
Brückner, E., Erdrinde u. ihre Formen 42. 133. 265; Alpen im Eiszeitalter 343; S. Croce Tal 425; Hohe Tauern 435; Züricher See 447; Meteorol. Jahresber. 560; Herkunft des Regens 630; Regenmenge 633; Salzachgletscher 641; Zeitschr. f. Gletscherkunde 643; Klimaschwankungen 653. 654.
Brünnow, Sphärische Astronomie 45.
Bruce, Nordpolforscher *274.
Bruhns, A., v. Humboldts Leben 23.
Brunhes, J., L'irrigation 786.
Bruns, E. H., Figur d. Erde 124.
Bruzen la Martinière, Dict. géogr. 6.
Buache, Ph., Isobathen 245; Landhalbkugel 276; Grosser Ozean *509.
Buch, Leop. v., Elevationstheorie *305; Erhebungslinien *406.
Buchan, Al., Atlas of Meteorol. 560; Pressure of the atmosphere 598.
Bücher, K., Entsteh. der Volkswirtsch. 797; Bevölk. v. Frankfurt 881.
Büsching, Wöchentl. Nachr. 4; N. Magazin 5; Neue Erdbeschreib. 7. *22.
Bunbury, Edw., Ancient Geography 2.
Buno, Zuschrift an Cluverius 21.
Bunsen, R., Geysir 313.
Burgerstein, Tektonik v. Hellas 408.
Burgkhardt, J., Erzgebirge 901.
Buschan, G., Völkerkunde 753.
Buschik, R., Volksdichte Sachsens 891.
Busemann, Trop. Agrikultur 719.
Buys-Ballot, Windgesetz *607.

Cagni, Polarfahrer *274.
Calwer, R., Jahrb. d. Weltwirtschaft 754.
Candolle, A. de, Géogr. botan. 659; Plantes cultivées 719.
Cantor, Römische Agrimensoren 47.
Carlini, Erddichte 132.
Carrière L., Kartenübersicht 10. 270.
Cassini, J. D. Gradmessung *114; Sonnenparallaxe *162.
Cassini, Carte de la France 10. 228.
Censimento del Regno d'Italia 880.
Census of Capland 744; of the Unit. States 823; of Britain India 878; of Great Britain 887.
Challenger-Expedition 498.
Chantepie de la Saussaye, Religionsgeschichte 848.
Chelu, Le Nil 332.
Chisholm, G. G., Gazetteer of the World 7; Towns etc. in England 881.
Chrystal, Theory of seiches 540.
Chun, K., Arkt. u. antarkt. Plankton 692.
Clairauts Theorem *113; figure de la terre 113; Lappländ. Gradmessung *114.
Clarke's Erdsphäroide *123. 124.
Clemens Alexandrinus 19.
Clüver, Phil., (Cluverius) *20.
Coatpont, Azimutale Projektionen 202.
Coffin, The Winds of the Globe 609.
Cohn, G., Nationalökonomie 904.
Comes, O., Hist. géogr. du Tabac 735.
Condamine, de la, Peruan. Gradmessung *114.
Connaissance des temps 14. 45.
Conring, Zweiteilung d. Geogr. 21.
Conway, W. M., Karakorum Himálayas 613.
Cook, James, Weltumsegelungen *273.
Coordes, Landkartenprojektion 196.
Coppernikus, Nic., Weltsystem *149; Ekliptikschiefe *152.
Credner, H., Geologie 265. 1021; Erzgebirgisches Faltensystem 409.
Credner, R., Deltas 320. 350; Reliktenseen 379. 444; Seebär 540.
Crolls Theorie d. Eiszeiten 657.
Crome, Grösse d. europ. Staaten 887.
Crookes, Sir Will., On Food Supply 729.
Crova, Sonnenkonstante *181.
Curtius, E., Griech. Wegebau 914.
Cuyier, Rasseneinteilung *778.
Cvijić, J., Karstphänomen 324. 444; Kryptodepressionen 380.
Czerny, Fr., Wirkungen d. Winde 353.

Dana, J. D., Fjorde 471; Korallenінseln 489.
Danckelmann, A. v., Regen ü. d. Meer 639.
Daniel, H., Handb. d. Geogr. 7; Vorlesungen C. Ritters 27; Polit. Geogr. 751.
Darwin, Ch., Biolog *25; Koralleninseln 489.
Darwin, G. H., The Tides 189. 540.
Daubrée, A., Géologie expérimentale 306.
Davis, Barn., Schädelraum 768.
Davis, W. M., Blockdiagramm 252; Glazialerosion 343; Physical geography 371; Physiogeographie 372; Peneplain 390; Rivers of Pennsylvania 451; The Geographical Cycle 495; Beschreibung v. Landformen 1021.
Debes, E., Handatlas 12. 1021; Geogr. Redukt.-Tabellen 51; Projektionen 196; Zeichenatlanten 219; Nells Projektion 237.

Delambre, Metermass *115; Erdsphäroid *123.
Delisle, G., Geograph 9; Einführung d. Pariser Meridians *68.
Delisle, J. N. *200; Projektion a. f. Schnittkegel *224.
Deniker, J., Les races de la terre 752. 769.
Dersch, O., Ursprung d. Mistral 615.
Deventer, J. v., Karte v. Brabant 885.
Diels, L., Pflanzengeogr. Berichte 659.
Diener, C., Gegen Ueberdeckungsschollen 401; Gliederung d. Alpen 428; Schneegrenze i. Himálaja 642.
Diestel, L., Alpine Hochtäler 416.
Dieterich, F., Sockel ozean. Inseln 488.
Dietrich, Missionar, Ueber Religion d. Chinesen 855.
Dinse, O., Kartenkunde 195; Fjordbildungen 471.
Dittmar, Meeressalze 518.
Dölter, C., Vulkane d. Kapverden 487.
Dörpfeld, Stadium 105.
Domann, Kartograph 12.
Dorn, A., Seehäfen d. Erde 476.
Dorandt, Schlammführung d. Amu Darja 332.
Dove, H., Metereolog 559; Wärmeverteilung 588; Wärmeanomalie 591; Winddrehungsgesetz 608.
Dove, K., Klimatik 650. 1021.
Dronke, J., Fieberrindenbaum 736.
Drude, O., Pflanzengeographie 659; Florenreiche 659; Pflanzengeograph. Jahresber. 659; Atlas d. Pflanzengeogr. 660; Anleitung z. Beob. 715.
Drygalski, E. v., Südpolarreise *274; Typ. Fjordtal 421; Grönlandexpedition 529; Höhe d. Eisberge 530; Eis im Polarmeer 530.
Dubois, E., Klimate d. geol. Vergang. 657.
Dubois, M., Géographie économique 754.
Dühmichen, J., Flotte d. aeg. Kön. 922.
Duncker, E., Tiefentemperaturen 137.
Dupain-Triel, Karte d. Isohypsen 245.
Dutton, C. E., Theorie d. Isostasie 307. Tertiary Hist. of the Cañon District. 394.

Ebermayer, E., Physiol. Chemie der Pflanzen 666.
Eck, H., Vogesen 405.
Eckert, M., Kartograph. Praktikum 195; Kartenprojektionen 197; Erdkartenentwürfe 221; Wirtschafts-Geogr. 755; Produktivität d. Meeres 749; Isochronenkarte 934.
Edler, J., Erdmagn. Beobacht. 141.
Edlund, Polarlicht 147.
Eger, Binnenschiffahrt in Europa 917.
Eggert, O., Jordans Vermessungskunde 45.
Egli, J. J., Gesch. d. Namenkunde 14; Nomina geographica 14.
Ehrenreich, P., Urbewohner Brasiliens 773.
Einhardi Vita Caroli 47.
Ekholm, N., Höhe d. Atmosphäre 562; Klimaänderungen 657.
Ekman, W., Meeresströmungen 550.
Elfert, P., Simpsonsche Formel 262; Isonephen 628.
Elter, De forma urbis Romae 48; Itinerarstudien 930.
Encke, Sonnenparallaxe *162.
Endrös, Seichesbeobachtungen 540.
Engelbrecht, Th. K., Landbauzonen der aussertrop. Länder 720. 945.
Engell, M. C., Elefanten in Afrika 749.
Engelmann, Bibliotheca geograph. 4.
Engler, A., Gesch. d. Pflanzengeogr. 659. 693; Entwicklungsgesch. d. Pflanzenwelt 640. 693; Hehns Kulturpflanzen 720.
Epstein, Th., Geonomie 29. 44.
Erasmus, als Herausgeb. d. Ptolemaeus 18.
Eratosthenes, Geograph *17; Erdmessung *104.
Errera, C., Gr. Scoperte geografiche 3.
Erschliessung der Ostalpen 429.
Eschenhagen, Erdmagn. Beobacht. 142.
Etheridge, Palaeont. of Queensland 698.
Everest, Schlammführung d. Ganges 336.
Everett, Tiefentemperaturen 137.
Exner, F., Sonnenkonstante 181.
Eytelwein, J. A., Handb. d. Hydraulik 332.

Faye, Theorie der Isostasie 135.
Felgenträger, Saekulare Periode d. Erdmagnetismus 145.
Feller, Geotektonik Griechenlands 408.
Ferrel, W., Gezeitentheorie 544; atmosph. Zirkulation *617.
Le Feuillée, Astronom. Ortsbest. 68.
Fiegel, M., Panamakanal 924.
Finsterwalder, S., Photogrammetrie 94; Böschungswinkel topograph. Flächen 260; Vernagtgletscher 342.
Fiorini, M., Projektionslehre 196; Mercator 224.
Fircks, Frhr. v., Bevölkerungslehre 754; Mögliche Menschenzahl 900.
Fischer, Lehmanns Situationszeichnung 245.
Fischer, H., Geogr. Anzeiger 16.
Fischer, H., Aequat. Grenze d. Schneefalls 640.
Fischer, Jos., Entdeck. d. Normannen 219.
Fischer, Ph., Gestalt d. Erde *125. 126.
Fischer, Theob., Mittelalterl. Karten 3; Küstenformen in Nordafrika 474; Italien in Länderk. v. Europa 488; Dattelpalme 731; Oelbaum 737.

Fisher, O., Phys. of the Earthcrust 129.
Flamsteed, Projektion *220.
Fleischhauer, Kartometer 255.
Förste, A. F., Berner Jura 415.
Förster, Cl., Geogr. d. polit. Grenze 825.
Förster, W., Polarlicht 147; Obere Luftschichten 563; Erdatmosphäre 563.
Forbes, Formel z. Mittelberechnung v. Temperatur 589.
Forbiger, Uebersetzung v. Strabo 18.
Forchhammer, Meeressalze 518.
Forel, F. A., Lac Léman 439; Handb. d. Seenkunde 534; Classification thermique des lacs 534.
Forest Influences 631.
Forster, Georg, *23. 708, Anm.
Foucault, Pendelversuch *154.
Fournier de la Flaix, Religionsstatistik 855.
Fowle, E. E., Sonnenkonstante 181.
Foy, W., Ethnol. Methode 792.
Frank, O., Landesaufnahme 239.
Frankenhäuser, F., Klimatik 650.
Frankenheim, M. L., Völkerkunde 782.
Frank-Leunis, Botanik 660. 719.
Franklin, Benj., Golfstrom *547.
Frech, F., Tekton. Uebersichtskarten 310; Kare 344; Gebirgsbau d. Alpen 401; Arldts Entw. d. Kontinente 686; Steinkohlen Deutschlands 949.
Freese, Lehrbuch d. Navigation 45.
Frenzel, A., Lehrmittel 15.
Fresdorf, G., Erddichte 132.
Fricker, K., Treibeis 530.
Friedrich, E., Lit. ü. Nutzpflanzen 719; Raubwirtschaft 750; Anthropogeographie 752; Wirtschaftsgeogr. 36. 754; Wirtschaftsformen 784
Friesland, Gesch. d. Geogr. d. Griechen 21.
Frisch, Ch., Kepleri Opera omnia 149.
Frischauf, J., Abbildungslehre 196.
Frisius, s. Gemma.
Fritsch, G. v., Geologie 129. 265. 300; Kanarische Inseln 487.
Fritsch, R., Akklimatisation 780.
Fritsche, R., Niederschag u. Abfluss 331. 633.
Fritz, H., Polarlicht 147.
Fritz, J., Deutsche Städteanlagen 882.
Fritzsch, M., Höhengrenzen in d. Ortler Alpen 641.
Frobenius, L., Kulturkreise 794.
Früh, J., Drumlinlandschaft 392.
Fulst, Breusings Steuermannskunst 45.
Furtwängler, Th., Kartographie 196.
Fuss, N., Nivell. d. Kasp. Meeres 379.
Futterer, K., Durchbruchstäler 421.

Gabelentz, v. d., Sprachwissenschaft 771.
Gaethgens, P., Ethnogr. Jahresber. 753.
Gait, E. A., Census of India 878.
Galilei *149; Jupitersmonde *85. *178.
Galle, A., Geodäsie 45; Lotabweichungen im Harz 130.
Galle, C., Zu Haentschels Erdspäroid *238.
Galle, G., Neptunentdeckung *173.
Gallois, Géogr. allem. de la renaissance 3.
Galton, Fr., Isochronic Charts 934.
Gama, Vasco da *272.
Gannet, H., Physiographic Types 372; Yosemite Valley 419.
Garollo, G., Dizionario geogr. 7.
Gasner, Mittelalt. Strassenwesen 914.
Gaspari, Handbuch d. Erdbeschreibung 7.
Gatterer, Abriss d. Geogr. *22. 377. 816.
Gaubil, P., Ekliptikschiefe 152.
Gauss, Erdmagn. *140; Intensitas vis magnaticae 144; Projektion *201.
Gazelle-Expedition 498,
Gedan, P., Kants phys. Geographie 23.
Geer, G. de, Isobasen 321.
Gehler, Physikalisches Wörterbuch 44.
Gehrich, Tieles Religionswiss. 848.
Geiger, L., Erdinneres 141. 312.
Geinitz, E., Quartär in Europa 321; Eiszeit 322. 345; Seen Mecklenburgs 450; Seebeben v. Iquique 538.
Geistbeck, A., Alpenseen 447.
Gelcich, E., Nautische Instrumente 75. 83; Kartenkunde 195.
Gemma, Frisius 19; Längenbest. 87; Stereograph. Projektion 200.
Georgii, Ptolemaeus' Uebersetzung 18.
Geographen-Kalender 6.
Geographical Teacher 16.
Gerbing, W., Berichte ü. Gewässerkunde 326; Meteorol. Jahresber. 560.
Gerhardt, P., Grundwasser 327.
Gerland, G., Immanuel Kant 23; Method. Einleitung 25; Vulk. Studien 318; Koralleninseln 488; Waitz, Anthrop. d. Naturvölker 752; Atlas d. Völkerkunde 753; Ethnogr. Jahresb. 753; Anthropol. Beiträge 785; Aussterben der Naturvölker 790.
Germain, Traité des projections 196.
Germanus, Nicol. Donnus Kosmogr. *219.
Gerstäcker, Honigbiene 747.
Gilbert, G. K., Niagarafall 334; Bonneville-See 443.
Gilbert, W., De magnete 143.
Girard, J., Les Falaises 473.
Gioja, Flavio 50
Glaisher, J., Ballonfahrten 564.
Globus, Zeitschrift 5.
Gloy, A., Siedelungsdichte Schleswig-Holsteins 891.
Godwin, Austen, s. Austen.
Götz, W., Verkehrswege 755. 904.
Götzinger, G., Bergrückenformen 326.
Goeze, Candolle, Ursprung d. Kulturpfl. 719.
Gradmann, R., Röm.-Rät. Limes 829.
Gräbner, F., Methode der Ethnologie 792.

Graebner, P., Dünenbuch 391.
Graff, Althochdeutscher Sprachschatz 47.
Grashoff, Ptolemaeus 18.
Gray, Asa, Japanische Flora 710.
Grebenau, Mississippi 331.
Greely, Grinnell Land, Flora 664.
Greenleaf, Hydrology of the Mississippi 331.
Greim, Ueber Shalers Hafenstudie 476.
Gretschel, Lehrb. d. Projektionen 196.
Grigoriew, W. W., Nomaden 797.
Grimshaw, P. H., Zoogeography 1022.
Grisebach, A., Vegetation der Erde 659.
Groffier, La production de la soie 747.
Groll, M., Kartenkunde 195; Tiefenkarten der Ozeane 1022.
Groskurd, Uebersetzung v. Strabo 18.
Grosse, E., Formen der Familie 764. 784.
Grosse, W., Küstenbegriff 463.
Grube, Blumenbachs natürl. Verschiedenheit d. Menschengeschlechts 23. 773.
Gruber, Chr., Entwickelung d. Methodik 15.
Grundemann, R., Missionsatlas 861; Missionsgeogr. 861.
Grunert, Formel zur Berechnung von Breitenzonen 118.
Gsaller, Tauern 437.
Gümbel, Geol. Beob. 266; Altmühltal 426.
Günther, Fischkatalog d. Brit. Mus. 693.
Günther, S., Gesch. d. Erdk. 2; Entdeckungsgesch. 3; Didaktik d. Geogr. 15; Varenius 20; Handb. d. Geophysik 42; Lehrb. d. physik. Geogr. 42; Mathemat. Geogr. 44; Kartogr. Jahresber. 197; Glazialerosion 343; Phaenologie 652.
Güssfeldt, P., Astron.-geogr. Ortsbest. 74.
Guglielmi, Erdrotation *154.
Gulliver, F. P., Shoreline topography 463.
Gulick, J. F., Evolution 682.
Gundert, H., Evang. Mission 860.
Guppy, Hoangho 336; Kokospalme 676.
Gutenberg, B., Erdinneres 141. 312.
Guthe, H., Methodik 24; Lande Braunschweig und Hannover 453; Lehrbuch der Geographie 751.

Haack, H., Geogr. Anz. 16; Geogr. Kalender 6; Kartograph. Monatsber. 14; Kartograph. Jahresber. 197; Mittl. Höhe Südamerikas 285.
Haas, H. J., Vulkan 313; Quellenkunde 326; Föhrden 472.
Haase, A., Bifurkationen 452; Bau der Flussläufe 462.
Habenicht, H., Kartograph. *12; Seeatlas 476.
Haberlandt, M., Kulturschichten 792.
Hadley, George, Passate *155.
Hadley, John. Sextant *75.
Haeckel, E., Rasseneinteilung 769.
Haentzschel, E., Erdsphäroid 115.
Hager, Büchersaal 5.
Hahn, Ed., Haustiere 720; Wirtschaftsformen d. Erde 784. 840; Kolonien 842; Transporttiere 910.
Hahn, Fr., Küstenschwankungen 319; Küstenformen 463; Inselstudien 471. 480; Norddeutsche Städte 873.
Halbfass, W., Morphometrie d. Genfersees 440; Seentabelle Europas 442; Thermik der Binnenseen 534; Seichesforschung 540.
Halbig, Varenius 20.
Hall, Durchmesser d. Saturn 176.
Halle, v., Jahrb. d. Weltwirtschaft 755.
Halley, E., Magnet. Kurven 145; Barometer *595.
Halma, Uebersetzung d. Almagest 102.
Hammer, E., Ber. über Landmessung 45; Bohnenbergers trig. Mess. 115; Fehler d. Ersatz der ellips. Fläche durch Kugelfl. 121; Kartenprojektionen 196; Tissot 196; Kartograph. Jahresber. 197; Ueber Zahlenabrundung 805.
Handbuch d. Küstenvermessungen 45.
Hanemann, Volksdichtekarte d. Erde 899.
Hann, J., Allg. Erdk. 42. 560; Lehrb. d. Meteorol. 559; Meteorol. Beob. 560; Handb. d. Klimatologie 560; Atlas d. Meteorol. 560; Meteor. Jahresber. 560; Temp. d. Alpen 576; Mitteltemperaturen 591; Luftdruck in Mitteleuropa 595; Text z. Atlas d. Meteorol. 598; Bem. z. Schwere-Korrektion 596; Gezeiten im Luftmeer 598; Mittl. Luftdruck auf der Erde 599; Kern der Zyklonen 605; Tal- u. Bergwinde 614; Aufsteigende Talwinde 615; Dampfdrucktabelle 623; Luftfeuchtigkeit 624; Aufsteig. Luftströme 629; Niederschlagsmenge 632; Reduktion d. Regenmenge 632.
Hansen, A., Bevölkerungsstufen 880.
Hansen, A. M., Seter 321.
Hantzsch, V., Sebastian Münster 19.
Harkness, Erdsphäroid *123; Solarparallaxe 148. 163; Präzession 186.
Hartl, Meridianbögen etc. 120.
Hartlaub, Verbreitung d. Vögel 695.
Hartmann, G., Entdecker d. Inklination 143.
Harzer, P., Geogr. Ortsbestimmungen 74.
Hase, Stereograph. Projektion *200.
Hassel, Handb. d. Erdbeschreibung 7.
Hassert, K., Polargrenze d. bewohnb. Erde 760; Die Städte 872.
Hassinger, H., Grossstädte d. Erde 901.
Haug, E., Traité de géologie 265; Les géosynclinaux 308.
Hauslab, v., Farbenplastik *250.
Hauthal, B., Vulkane Südamerikas 411.
Hayford, J. F., The figure of the Earth 123.

Hecker, O., Erdgestalt 124; Schwerebestimmungen auf dem Ozean 134.
Hedin, Sven, Lop-nor 448.
Hegemann, F., Mittl. Entfern. a. Dampferwegen 923.
Hehn, V., Kulturpfl. u. Haustiere 720.
Heiderich, Fr., Balbis Erdbeschr. 7. 778; Volumetrie 262; Mittl. Erh. d. Erdrinde 263; Stromgebiete 454; Geogr. d. Welthandels 755.
Heilprin, A., Geographical Distribution of Animals 661.
Heilprin, L., Gazetteer 7.
Heim, A., Dislokationen d. Erdrinde 299; Mechanismus d. Gebirgsbildung 305; Handb. d. Gletscherkunde 341. 643; Gletscherlawine 342; Bau d. Rheintals 451; Randseen d. Alpen 447.
Heincke, Seefischerei in deutschen Meeren 749.
Heinze, E., Paraná-Tee 734.
Heis, Koluren 62.
Hellmann, G., Neudrucke v. Schriften z. Meteorol. etc. 141; Aelteste Isogonenkarten etc. 146; Periode der Windgeschwindigkeit 606.
Helmert, R., Theorien d. höh. Geodäsie 110; Norm. Teil d. Schwerkraft 112; Erdgestalt 123. 124; Grösse d. Erde 123. 127; relat. Mess. d. Schwerkr. 132.
Helmolt, H. F., Weltgeschichte 753; Grenzlinie im alten Deutschland 825.
Henkel, L., Sichtbarkeitsgrenze 923.
Hensen, W., Planktonuntersuchungen 667; Planktonstudien 677.
Hentschel, O., Mittelmeerküsten 469.
Herbertson, A., Geographical Teacher 16; Atlas of Meteorology 560.
Herder, Naturvölker 782.
Hergesell, H., Geophysik. Berichte 124; Ergebnisse von Ballonfahrten 581; Luftstrom in höheren Schichten 619.
Herodot *17.
Herschel, Uranusentdeckung *173.
Hertha, Zeitschr. 5.
Herz, Norb., Math. Geographie 44; Math.-geogr. Projektionen 196.
Hess, Cl., Klima d. Schweiz 492.
Hess, H., der Gletscher 341. 643; der Taltrog 416.
Hesse-Wartegg, E. v., Einheitszeit 89.
Hettner, A., Geogr. Zeitschr. 5; Text z. Spamers Atlas 12; Meth. Aufsätze 28; Land- und Meeresräume 285; Oberflächenwasser 284. 430; Fliess. Wasser 332; Klimate der Erde 560; Klima Chile's 637; Klimate der Erde 645; Regionen d. Wasserführung 651; Geogr. d. Menschen 752; Menschl. Ansiedlungen 871; Volksdichte 887; Bevölkerungsstatist. Grundkarten 891; Standp. d. Verkehrsgeogr. 904; Verbreitung der Transportmittel 910.
Heyd, W., Gesch. d. Levantehandels 939.
Hilber, V., Klassifikation d. Täler 422.
Hildebrand, F., Verbreitungsmittel der Pflanzen 674.
Hildebrandson, H. H., Les bases de la Météorol. 559; Observ. internat. des nuages 620; Wolkenatlas 627.
Hill, A.. Maximal-Regenfall i. Indien 633.
Hindorf, R., Trop. Agrikultur 719.
Hinks, A. R., Mondmasse 182.
Hipparch, Ekliptikschiefe *152; Erdbahn 161; Präzession *185; Perspekt. Projektionen *200.
Hirschfeld, G., Jahresber. ü. antike Geogr. 2; Typolog. griech. Ansiedelungen 872.
Hise, C. R. Van, Crustal Shortening 306.
Hochstetter, F. v., Allgem. Erdkunde 42.
Höck, F., Pflanzengeographie 660; Nutzpflanzen etc. 719; Vergleich der Nutzpflanzen 721.
Hörnes, M., Urgeschichte der Menschen 756.
Hörschelmann, Handb. d. Geographie u. Statistik 7.
Hoff, v., Veränd. d. Erdoberfläche 309.
Hoffmann, Fr., Physische Geogr. 480.
Hoffmann, H., Phaenologie 652.
Hoffmann, J. F., Geoisothermen 138.
Hoffmann, P., Nautische Vermessungen 499; Mechanik der Meeresströmungen 549.
Hoffmann, Vollrath, Hertha 5.
Hofkalender, Gothaer 754.
Holmström, Strandverschiebungen 319.
Holzmüller, H., Mercatorprojektion 216.
Homann, Atlas 9.
Homeyer, E. F. v., Zugvögel 679.
Hondius, Atlas 9.
Honsell, M., Strombau d. Oberrheins 329.
Hopfner, F., Therm. Anomalien 589; Karten derselben 591.
Hostmann, Gebrauch d. Eisens im Altertum 947.
Hough, L. S., Bewegung d. Hydrosphäre 189. 1021.
Houzeau, Astronom. Vademecum 148.
Huber, Fr. C., Geschichte des modernen Verkehrs 908.
Hübbe, Eigenschaft des Schlicks 340.
Hübbe-Schleiden, Ueberseeische Politik 841.
Hübner, Statistische Tabellen 754.
Hugues, L., Ozeanografia 499.
Hull, E., Pluvialzeiten 656.
Hult, R., Klimaprovinzen 644.
Hultsch, Griech. u. röm. Metrologie 51.
Humboldt, A. v., Leben v. Bruhns *23; Krit. Untersuch. 2; Methodik 23; Ideen z. Pflanzengeogr. *23; Kosmos

141; Elevationstheorie 305; Orometrie 431; Meteorologie 559; Biogeographie 659; Ansichten d. Natur 702.
Humphreys, Mississippi 331.
Hupfer, Regionen am Aetna 717.
Hutton, Ch., Erddichte *132.
Hutton, F. W., Dinornis auf Neuseeland 483.
Huxley, Tiergeogr. 697. 701.
Huyghens, Fliehkraft *109; Erdabplattung *113.
Huyssen, Tiefentemperaturen 136.

Isachsen, Palaeokryst. Eis 529.
Ideler, Humboldts krit. Untersuch. 2.
Ihering, H. v., Tiergeographisches 698.
Ihne, E., Phaenologisches 652.
Imhof, E., Waldgrenze in d. Schweiz 718.

Jack, Palaeontol. of Queensland 698.
Jacobi, Arn., Biogeogr. Gebiete 659. 682; Tiergeographie 661. 695.
Jacobi, W., Forsch. über Agrarwesen 870.
Jadrinzew, N., Sibirien 913.
Jahrbuch, Geograph. 6; Berliner astronom. 45; Nautisches 45; d. Statist. d. D. Reiches 755; Statist. Jahrb. v. Berlin 883.
Jannasch, R., Kolonien 836.
Jansen, H., Verbreitung d. Islåm 857.
Janson, Atlas 9.
Jasmund, R., Fliessende Gewässer 328.
Jastrow, I., Deutsche Städte i. Mittelalter 881; Welthandelsstrassen 938.
Jegerlehner, Schneegrenze in d. Schweiz 642.
Jelinek, Meteorol. Beobachtungen 560.
Jessen, A., Eiserne Küste 474.
Joanne, Dict. géogr. de la France 883.
Johnston, Gazetteer 6; Royal-Atlas 13.
Jolly, Wägung d. Erde 132.
Jomard, Monuments de la géogr. 3.
Jordan, W., Vermess.-Kunde 45; Astron. Zeitbest. 74; Topograph. Aufnahmen 91; Arab. Elle 106; Wasserführung d. Nil 332; Barometr. Höhentafeln 597.
Joubin, L., carte de bancs de coraux 489.
Journal, The geographical 6.
Judd, J. W., Vulcanoes 313.
Jülfs u. Balleer, Seehäfen d. Erde 15. 476.
Jukes, J. B., Talbildung 424.
Juraschek, J. v., Uebersichten d. Weltwirtschaft 720. 755; Statist. Tabellen 754.

Kästner, Lulofs' physik. Erdkunde 22; Stereograph. Projektion *200.
Kahle, P., Sonnentafeln 64; Landesaufnahme 95.
Kalkar, Chr. H., Missionsgeschichte 859.
Kaltbrunner, Manual du voyageur 239.
Kandler, M., Orometrische Methoden 432. 448.
Kant, Phys. Geogr. *23; Kosmolog. *139.
Karsten, G., Gefrierp. d. Salzwassers 524.
Karstens, K., Mittlere Ozeantiefe 275. 510.
Kaufmann. R. v., Eisenbahnpolitik Frankreichs 917.
Kayser, Em., Geologie 129. 265.
Kegel, W., Berechnung d. Schelfflächen 279.
Keilhack, K., Lehrb. d. prakt. Geol. 266.
Keller, H., Niederschlag u. Abfluss 621.
Kelwin, Lord, Elastizität d. Erdkugel 139.
Kempf, P., Newcombs Astronomie 45.
Kepler, Joh., *149; Astronomia nova 149; Harmonices mundi 149; Gesetze *149. 165; Sonnenparallaxe 162.
Kergomard, J. C., Géographie économique 754.
Kerner, F. v., Pflanzenleben d. Erde 660.
Kettler, Zeitschr. f. wiss. Geogr. 5.
Kiaer, A. N., Schiffahrtsstatistik 926.
Kiepert, H., Lehrb. d. alten Geogr. 2; Handatlas 12; Höhenziffern 244.
Kiepert, R., Tanganjika See 443.
King, F. H., Irrigation and Drainage 786.
Kirchhoff, A., Unser Wissen v. d. Erde 7; Meth. d. geogr. Unterr. 15; Schulgeographie 47; Anleit. z. d. Landesforsch. 142; Zeichenatlas 219; Plateaubegriff 375; Inselsystem 481; Pflanzen- u. Tierverbreitung 42. 659; Getreidegrenze 727; Peschels Völkerkunde 753.
Klaatsch, H., Aurillac-Rasse 758.
Klein, H. J., Jahrb. f. Astronomie 42; Handb. d. Himmelsbeschreibung 45.
Klein, Fr., Zweck d. Gradmessungen 103.
Klengel, F., Schneegrenze 641.
Kleomedes, Kyklikae theoria 102.
Klöden, v., Handb. d. Erdk. 7; Handb. d. phys. Erdk. 41. 751; Vulkane 313; Seentabellen 442; Stromgebiete 454.
Knoblauch, Warmings Pflanzengeogr. 660.
Knop, A., Donaubifurkation 453.
Knudsen, M., Spezif. Gewicht d. Meerwassers 520.
Kobelt, W., Verbreit. d. Tierwelt 661. 679; Studien z. Zoogeographie 685.
Koenen, A. v., Dislokationen 422.
König, W., Klima Frankfurts 612.
Königsberger, T., Tiefentemperaturen 137.
Köppen, W., Namenschreibung 14; Klimalehre 560; Klimakarten 560; Wärmezonen 586; Kärtchen der Isanomalen 591; Luftdruckschwank. 601; Windgeschwindigkeit u. Stärke 606; Wolkenatlas 627; Karte d. Regenzeiten 634; Klassifikation d. Klimate 644; Dreigliederung d. Menschengeschlechts 778.

Körnicke u. Werner, Getreidebau 724.
Koffmahn, O., Kartograph 12.
Kohl, J. G., Golfstrom 546; Verkehr u. Ansiedl. d. Menschen 752. 904; Lockmittel d. Verkehrs 937.
Kohlrausch, F., Leitfaden d. prakt. Physik 180. 523.
Kolb, G. Fr., Staatenkunde 754.
Kolbrunner, Der Beobachter 239.
Kollm, G., Geogr. Gesellschaften 5.
Kolumbus' Nullisogone 143. *273. *923.
Koner, W., Repertorium 4.
Koppe, C., Photogrammetrie 94; neuere Landestopographie 95. 239.
Kořistka, M., Hypsometr. Arbeiten 262.
Krafft, W. L., Formel z. Berechnung v. Breitenzonen 118.
Kramer, G., Strabo 18.
Kramer, G., Biographie C. Ritters 23.
Kremer, v., Nationalitätsidee 766.
Kretschmer, K., Italien. Portulane 3; Entdeckung Amerikas 3; Kartenzeichnen 196.
Krigar-Menzel, O., Erddichte 132.
Kronfeld, Atlas d. Pflanzen-Geogr. 660.
Krose, H. A., Kathol. Missionsstatistik 860; Konfessionsstatistik 862.
Krümmel, O., Kartograph. Praktikum 195; Handb. d. Ozeanographie 275. 499; Morphol. d. Meeresräume 293; Landhalbkugel 276; Gezeitenströme 348; Einseit. Erosion 414; Seehäfen 476; Der Ozean 499; Berichte über Meereskunde 499; Meeresforschung 499; Planktonexp. 522; Meeresisothermen 525; Wärmeschichtung 534; Euripus 540; Gezeitenwellen 542; Reibung d. Seewassers 549; Sargassosee 555.
Kükenthal, W., Polare marine Tierwelt 692.
Kuenen, A., Volks- u. Weltreligion 849.
Kunze, M. Fr., hypsometr. Tafeln 626.
Kurowski, L., Schneegrenze in Berner Alpen 642.

Lacroix, A., La Montagne Pélée 314.
Lambert, J. H., Beitr. z. Math. 200; Kegel-Projekt. *225; Azimutal-Proj. 236; Pyrometrie 568.
Lamont, Handb. d. Erdmagnetismus 141.
Landau, G., Bildung d. Territorien 825.
Langenbeck, R., Geophysik. Berichte 124; Koralleninseln 489.
Langhans, P., Red. d. Geogr. Mitteil. 4; Rechts u. links d. Eisenbahn 253; Handelsatlas 720. 755; Wandkarte v. Afrika 724.
Langkavel, B., Das Kamel 745.
Langley, Sonnenkonstante *180.
Lapérouse, Weltreise 144.
Laplace, Kosmolog. Theorie *139; Ekliptikschiefe *152; Gezeiten *194.
Lapparent, A. de, Leçons de géogr. phys. 265; Traité de géologie 129. 265.
Lecomte, H., La culture du café 733.
Le Feuillée, Pariser Meridian *68.
Lefmann, S., Geschichte Indiens 853.
Lehmann, J. G., Terrainzeichnung *245.
Lehmann, O., Das Kamel 745.
Lehmann, R., Vorlesungen über geogr. Unterr. 16. 239; Kartenzeichnen 198; Zeichenatlas 219; Schulatlas 727. 895.
Leitner, H., Klimaänderung 653.
Leipoldt-Peschel, Phys. Erdkunde 41.
Lelewel, J., Géogr. du moyen âge 2.
Lenschau, Th., Weltkabelnetz 956.
Lentz, H., Ebbe und Flut 189.
Lepsius, K. R., Antike Masse 51. 106.
Lepsius, R., Geologie Deutschlands 425.
Leroy-Beaulieu, Kolonisation 836.
Leskien, Whitneys Leben d. Sprache 770.
Leunis-Ludwig, Synopsis d. Zoologie 693.
Leunis-Frank, Synopsis d. Botanik 660. 719.
Levasseur, E, Volksdichte-Karte d. Erde 886.
Leverrier, Ekliptikschiefe 152; Exzentrizität d. Erdbahn 160; Perihellänge 169; Neptun *173.
Lexis, W., Wesen der Kultur 782; Edelmetallproduktion 952.
Liebig, J. v., Agrikulturchemie 668.
Limpricht, Dardanellen 495.
Lindeman, M., Seefischereien 749.
Lingg, F., Erdprofil 119; Konstruktion d. Meridianquadranten 119; Profil durch Europa *252.
Linhardt, E., Unterseeische Flussrinnen 507.
Link, H. F., Urwelt u. Altertum 788.
Lippincot, Gazetteer 7.
Listing, B., Geom etc. Konstanten des Erdsphäroids 123.
Littlehale, G. W., Vermessene Küsten 275.
Littrow, Elemente d. phys. Astron. 178.
Liznar, Erdmagn. Beobachtungen 141; Sonnenfleckenperiode 654.
Lloyd, Treatise of Magnetisme 141.
Lockyer, Sonnenfleckenperiode 654.
Löwl, F., Geologie 265; Gebirgsbild. Felsarten 266; Talbildung 415; Siedelungen in d. Alpen 867.
Lombardini, E., Sui camelli 745.
Longstaff, T. G., im Karakorumgebiet 663.
Loomis, E., Polarlicht 147; Windgeschwindigkeit 607; Regenkarte 632.
Lorenz u. Rothe, Klimatologie 560.
Lorenzen, Mittl. Höhe v. Asien 285.
Losch, H., Wirtschaftsstatistik 876.
Ludwig, Fr., Reisegeschwindigkeit im Mittelalter 933.

Ludwig, H., Leunis Synopsis d. Zoologie 693.
Lüdde, J. G., Gesch. d. Erdk. 1; Gesch. d. Methodik d. Erdkunde 3.
Lüddecke, Kartograph 11.
Lugeon, M., Les grandes nappes de recouvrement des Alpes 401.
Luksch, J., Ozeanographie 499.
Lulofs, Erdkugel *22.
Lundgren, W. F., Hafenlexikon 15.
Lydekker, R., Geographical History of Mammals 697.
Lyell, Ch., Niagarafall 334.
Lyons Physiography of the R. Nile 443.

Mac. Coy, Palaeont. of Victoria 698.
Mc Farland, Exzentr. d. Erdbahn 657.
Mc Gee, The Lafayetteformation 387.
Machaček, Fr., Schweizer Jura 397.
Mackinder, The Regions of the World 8.
Mac Iver, D. R., Rhodesia 951.
Madsen, Normaltemperaturen 589.
Magalhães *90. *273. *509.
Magazin, The Scottish geographical 5.
Mahan, A. T., Einfluss d. Seemacht 824.
Mahler, ozean. Siedelungen 866.
Maltebrun, Hist. de la géogr. 1; Precis de la géogr. 8; Annales des voyages 5.
Maltebrun, V. A., Planisphère connue 270.
Marco Polo *272.
Marcuse, A., Berichte ü. Landmessung 45; Astron. Ortsbestimmungen 74.
Marek, R., Waldgrenzstudien in d. Alpen 718.
Margerie, Annales de géographie 5.
Margerie et Heim, Dislocations 299.
Margerie, E. de, La face de la Terre 265; Dislokationen d. Erdrinde 299; Les formes du terrain 415.
Marinelli, G., La Terra 8. 42; Stromgebiete 454.
Marinus v. Tyrus *199; Plattkarte *213.
Mariottesches Gesetz *594.
Marquardsen, H., Tschad See 443.
Marshall, W., Atlas d. Tiergeogr. 661; Tiefsee u. ihr Leben 691.
Marthe, F., C. Ritter 23.
Martonne, E. de, Traité de géogr. phys. 41. 265; Développement des côtes bretonnes 469; Les Climats 644.
Martus, H., Astron. Geographie 44. 1022.
Mascart, E., Magnétisme terrestre 141.
Maskelyne, Erddichte *132.
Matzat, H., Methodik d. geogr. Unterr. 15.
Maurer, J., Klima d. Schweiz 592.
Maupertuis, Gradmessung *114.
Maury, M. F., Phys. geogr. of the Sea 598; maritimer Meteorolog 559.
Mayer, E., Ozeanographie 499.
Mayer, Tob., Mondtafeln *87; Stereograph. Projektion *200.
Mayr, G. v., Wohnplätze 864; Geogr. Methode in d. Statistik 886.
Mazelle, E., Verdunstungsmenge d. Salzwassers 622.
Méchain, Metersystem *115.
Mecking, L., Berichte ü. Ozeanographie 499; Eis d. Meeres 528; Luftdruck im Südatlant. Ozean 611.
Meech, Sonnenbestrahlung 169. 569.
Meier, E. v., Verwaltungsrecht 831.
Meinardus, W., Meteorol. Jahresb. 560; Mittl. Höhe d. Antarktis 600; Zirkulation d. Atmosphäre 611.
Meitzen, A., Beob. ü. Siedelungen 867; Siedelungen etc. d. Westgermanen 867.
Mela, Pomponius *18.
Meldau, H., Breusings Steuermannskunst 45; Nautik 45.
Menke, Br., Histor. Handatlas 13.
Menzzer, Magnetische Pole 145.
Menzzer, C. L., Coppernikus 149.
Mercalli, G., I vulcani attivi 410.
Mercator, Gerh. 9. *20; Atlas *8; Projektionen *199. *214; Ortszeichen 885.
Merckel, Curt, Ant. Ingenieurkunst 904.
Merensky, Mohammedanismus 857.
Merzbacher, Khan Tengri 383.
Messerschmidt, J. B., Schwerebest. a. d. Erdoberfläche 110. 134.
Meunier, St., Géologie expériment. 306.
Meyer, A. B., Uebersetz. v. Wallace, Geogr. distribution of animals 661.
Meyer, Hans, Kilima-Ndscharo 642.
Meyer, Hugo, Meteorol. Beob. 560; Sättigungsdefizit 625.
Meyer, Konversationslexikon 6.
Meyers Handatlas 13.
Michael, R., Tiefentemperatur 137.
Michelsen, A., Kalkars Miss.-Gesch. 859.
Mill, H. R., Internat. Geography 8; Continental shelf 280.
Miller, K., Mappae mundi 2; Tab. Peutingeriana 919. 929.
Millson, Yoruba 867.
Misteli, Typen des Sprachbaus 770.
Moebius, K., Tiergebiete d. Erde 692. 695.
Möller, M., Orientierung n. d. Schatten 64.
Möller, Max, Z. Dynamik d. Atmosphäre 563. 616.
Mohn, H., Strömungen im Nordmeer 503. 533; Grundzüge d. Meteorologie 559; Temp. Grönlands 585; Die Nansenschen Beob. 585; Meeresströmungen 550.
Mollweide, Projektion *220.
Monaco, Fürst v., Carte bathymétr. 505.
Montessus de Ballore, Tremblements de la terre 309; La science sismologique 309.
Mouths, F. E., Linienmessung auf Karten 253.

Mucke, R., Vorgesch. d. Ackerbaus 868.
Mühry, A., Klimatographie 560.
Müllenhoff, Deutsche Altertumskunde 105.
Müller, A., Aussprache d. Namen 14.
Müller, Carl, Strabo; Ptolemaeus 18.
Müller, Curt, Afrik. Staatenbild. 809.
Müller, Friedr., Allg. Ethnogr. 753; Nationalität 765; Grundr. d. Sprachwissenschaft 770.
Müller, F. Max, 848.
Müller, H., Keplersche Gesetze 149.
Müller, P. E., Humusformen 371.
Müller, Joh., Kosmische Physik 154.
Münster, Seb., Kosmographie 7. *19; Triangulation *94.
Murray, J., Regenfall u. Abflussmenge 331; Stromgebiete 454. 633; Challenger-Expedition 498; Tiefenkarten 506; Tiefseesedimente 517.
Muschketow, I., Kontinentaldünen 392.

Nachtigal, G., Sahara und Sudan 449.
Nagl, J. W., Namenkunde 14.
Nansen, Fr., *274, Oceanogr. of the N. Polar Basin *514. *555; Ursachen d. Meeresströmungen 550.
Naumann, E., Erdmagnetismus u. Bau d. Erdrinde 145.
Nautical Almanac 45.
Nautisches Jahrbuch 45.
Nehring, A., Tundren u. Steppen 370; Urs. d. Steppenbildung in Europa 370.
Nell, Modifizierte Globularproj. *237.
Neuber, A., Charakteristik u. Terminologie d. Bodengestaltung 264.
Neuhaus, Topinards Anthropologie 752.
Neukirch, Volksdichte 886.
Neumann, Br., Bau der Strombetten 339.
Neumann, L., Kaiserstuhlgeb. 261. 433; hypsogr. Kurve 262; Orometrie d. Schwarzwalds 431. 434; Volksdichte im südl. Schwarzwald 889.
Neumann-Spallart, Uebersichten d. Weltwirtschaft 720. 755.
Neumayer, G., Magnet. Beob. 141; Atlas des Erdmagnetismus 142; Anweisung z. wiss. Beob. a. Reisen 499; Wolkenatlas 627.
Neumayr, Melchior, Erdgeschichte 265; Tektonik Griechenlands 408.
Newcomb, Populäre Astronomie 45; Ekliptikschiefe *152; Fundam. Constants of Astron. 152. 177; Sonnenparallaxe *163; Elements of Planets 163.
Newton, Is., Gravitationsgesetz *107. *109; Philosophiae natur. princ. math. 107; Erdabplattung *113; Sonnenparallaxe *162; Gezeitentheorie *189.
Newton u. Hartlaub, Vögelverbreit. 695.
Nicolaus Germanus, trapezförm. Proj. *219.
Nicolosi, Globularprojektion 237, Anm.
Nieboer, Slavery 784.
Niebuhr, Carsten, Ortsbestimmungen *87.
Nissen, Metrologie 51; Stadium 52. 105.
Nizze, Aristarch v. Samos 161.
Noë, de la, Formes du terrain 415.
Nokk, A., Aristarch v. Samos 161.
Nordenskiöld, A. v., Facsimile-Atlas 3; Periplus 3; Umfahrung Asiens *274.
Nordenskiöld, O., Fjordgebiete 471.

Oberbeck, A., atmosph. Zirkulation 618 ff.
Oberhummer, E., Jahresber. über alte Geogr. 2.
Oberländer, Geogr. Unterricht 15.
Oppel, O., Wandk. z. Entdeck.-Gesch. 270; Reis 726; Baumwolle 739.
Orelli, K. v., Religionsgeschichte 848.
Ortelius, Theatrum orbis terrarum 9.
Ortmann, A., Marine Tiergeographie 660. 677. 692; Zoogeogr. Jahresber. 661; Bipolarität mariner Tiere 692.

Palaczky, J., Verbreitung d. Fische 693.
Palmén, J. A., Zugstrassen d. Vögel 680.
Panckow, H., Zwergvölker 776.
Parmenides 66.
Parry, Polarforscher *274.
Partsch, J., Phil. Clüver 20.
Pascal, Barometer *594.
Paschinger, V., Schneegrenze 641.
Pascoe, Wallacegrenze 698.
Passarge, S., Physiologische Morphologie 344. 371. 497; Rumpfflächen 395; Kalahari 395.
Paulus, A., Reisen deutscher Segelschiffe 926.
Peary, R. N., Polarreisen *274.
Pechar, J., Kohle u. Eisen 947.
Pelseneer, Weberlinie 698.
Penck, A., Deutsche Handatlanten *13; Geogr. Handbücher 42; Einheitskarte 208; Handb. d. Morphologie 264. 371; Landhalbkugel 276; Mittl. Höhe d. Kontinente 285; Karstphaenomen 324; Alpen im Eiszeitalter 343; Uebertiefung d. Alpentäler 343; Löss 370; Geomorpholog. Nomenklatur 371; Formen d. Landoberfl. 378; Deutsches Reich 395; Vergletscherung d. D. Alpen 415; der Pyrenäen 435; Morphometrie d. Bodensees 440; Periodizität d. Talbildung 496; Eiszeitl. Flächen 500; Klimaklassifikation 651; Mensch u. Eiszeit 757.
Peppler, A., Winde im Nordpassatgebiet 619.

Pernter, J. M., Krakatoawolke 619.
Perrier, G., La figure de la terre 123.
Perthes, J., Geogr. Anstalt 5.
Peschel, O., Gesch. d. Erdk. 2; Zeitalter d. Entd. 3; Geograph *24; Neue Probleme d. vergl. Erdk. 24. 264; Phys. Erdkunde 41; Völkerkunde 753.
Peschel-Leipoldt, Phys. Erdkunde 41.
Peter, Br., Venusdurchmesser 176.
Petermanns geogr. Mitteilungen 5.
Petermann, Aug., geogr. Mitteilungen 5; Handatlas 12; Höhenziffern auf Karten 244; Messung v. Flusslängen 461; Golfstrom 554.
Peters, J., Sawitsch' prakt. Astron. 45; Monddurchmesser 181.
Peters, C. F. W., Müllers kosm. Physik 154.
Petri, E., Anthropologie 778; Jadrinzews Sibirien 913.
Pettersson, O., Eisschmelzströme 553; Hydrogr. d. Nordatl. Ozeans 555.
Petzet, L. G., Geogr. Grenze 827.
Peucker, K., Schattenplastik u. Farbenplastik 245; Theoret. Kartographie 250; Atlas f. Handelsschulen 249; Orometrie 258. 431; Mittl. Böschungswinkel 260; Seentabelle Europas 442; Bergschatten 581.
Pfeffer, G., Entwickl. unserer Tierwelt 692.
Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie 668.
Philip, G., Marine-Atlas 755.
Philipps, Imperial-Atlas 13; Systematical Atlas 14.
Philippson, A., Morph. Berichte 320; Russ. Flachland 389; Küstenformen 347. 463; Wasserscheiden 412; Kopaissee 444.
Picard, Jean, Erdmessung *107.
Pietsch, W., Nil 332.
Pigafetta, Reise um die Welt 90.
Pilgrim, L., Die Crollsche Theorie 657.
Pizetti, P., Höhere Geodäsie 45.
Plinius, Historia naturalis 102.
Pockels, Anna, Uebersetzung v. Darwins the Tides 189. 540.
Pöhlmann, R., antike Grossstädte 881.
Pokorny, A., Biogeographie 42. 659.
Pola-Expedition 521.
Polak, Teheran 884.
Pollak, V., Seeuferrutschungen 326.
Polo, Marco *272.
Pomponius Mela *17.
Ponze de Leon *546.
Porena, F., Flavio Gioja 50.
Posch, L., Gesch. der Breitengradmessungen 103.
Posidonius, Erdmessung 105.
Postel, Projektion 230.
Pouillet, Sonnenkonstante *180.
Poulett-Scrope, Vulkane 313.
Pourtalès, Floridastrasse 554.
Powell, Abtragungsfläche 390.
Poynting, J. H., Density of the Earth 132.
Prantl, C. v., Uebers. v. Aristoteles de coelo 102.
Pratts Hypothese der Attraktion v. Bergmassen 135.
Precht, W., Horizontale Gliederung 285; Normaltemperaturen 588.
Prescott, W., Gesch. d. Erob. v. Peru 914.
Prestwich, J., Tiefentemperaturen 137.
Prichard, Naturgesch. d. Menschen 752.
Proceedings of the R. Geogr. Society 6.
Proescholt, H., Thüringer Wald 409.
Prophatius, Ekliptikschiefe *152.
Prschewalski, N., Waldgrenze 718.
Ptolemaeus *18; Längenbest. *84; Almagest 102. 149; Projektionen *222; Weltbild 272.
Puff, A., Auftriebwasser 551.
Puissant, Projektionen *201.
Puls, C., Pazifische Strömungen 557.
Pytheas *271.

Quad, Fasciculus geographicus 20.
Quatrefages, Les Pygmées 776.
Quervain, A. de, Hebung d. Isothermen in den Alpen 592.
Quitzow, W., Tiefentemperaturen 137.

Radau, Absorption 570.
Ramann, E., Bodenkunde 371.
Ramsay, A. C., Phys. Geol. of Gr. Britain 393.
Ramsay, W., Halbinsel Kola 321.
Ranke, J., Der Mensch 752.
Ranke, K. E., Einwirkung des Tropenklimas 780.
Raper, H., Practise of Navigation 15.
Ratzel, Fr. *25; Erde und Leben 41; Geogr. Handbücher 42; Küstenformen 463; Verein. Staaten 469; Fjorde 471; Schneegrenze 641; Höhengürtel 716; Anthropogeogr. 659. 751; Polit. Geogr. 752. 800. 803. 827. 830; Völkerkunde 752. 857; Ethnogr. Methode 792; Kulturkarte v. Afrika 826.
Rausch v. Traubenberg, P., Persien 911.
Raveneau, Bibliographie de géogr. 4.
Ravenstein, E. G., Systemat. Atlas 14; Ertragsfähigkeit d. Erdbodens 723. 899.
Reade, Mellard, Origin of mountain ranges 308; Hoangho 336.
Reclus, E., La Terre 8. 41; Nouv. géogr. univ. 8; L'homme et la terre 753.
Reeves, E. A., Map Making 195.

Regel, Fr., Lehrmittel 15; Panamakanal 929.
Registrande, geogr.-statistische 4.
Reich, Erddichte 132; Erdrotation 154.
Reichard, P., Karawanenausrüstung 912.
Reichenow, A., Zoogeogr. Regionen v. ornithol. Standpunkt 701.
Reichmann, P., Fläche des Kontinentalabhangs 279.
Rein, J. J., Koralleninseln 489.
Reinaud, J. T., Géogr. d'Aboulfèda 2.
Reinhertz, Jordans Vermessungskunde 45; Niedere Geodäsie 45.
Reiss, arabische Elle 106.
Reiter, H., Oekologie der Gewächse 702.
Remmers, Fjorde von Maine 471.
Rennel, Meeresströmungen 548.
Reusch, H., Täler u. Fjelde Norwegens 472.
Reyer, Ed., Theoret. Geologie 265. 306; Geol. Experimente 306.
Riccioli, Geogr. ref. *21; Almag. nov. 149.
Ricchieri, G., fusi orari 89. 1021.
Richarz, Fr., Erddichte 132.
Richer, Jean, Sekundenpendel *109.
Richter, E., Geomorph. Untersuch. i. d. Hochalpen 344; Desgl. in Norwegen 472; Temperatur der Alpenseen 534; Gletscher d. Ostalpen 641; Ergebn. d. Gletscherforsch. 642; Gletscherschwankungen 653.
Richthofen, F. v. *25; Aufgaben d. Geogr. 24; Führer f. Forschungsreisen 264; Geol. Beobacht. 266; Geomorph. Studien über Ostasien 364; China 369. 726; Klassifikation d. Inseln 481; Das Meer 519; Vorlesungen über Siedlungsgeogr. 753.
Riedel, Joh., Isochronenkarten 934.
Riggenbach, A., Wolkenatlas 627.
Rinne, F., Gesteinskunde 266. 296.
Risley, H. H., Census of India 878.
Ritter, Geogr.-statist. Lexikon 6.
Ritter, A., Kosmol. Probleme 139.
Ritter, Carl *23; Vergl. Erdkunde 23; Begriff d. Erdk. 27; Klassif. d. Hochländer *380; Vorlesungen über allg. Erdkunde 27. 450; Gesammelte Abhandl. 468; Asiat. Kulturpflanzen 720; Verbr. d. Baumwolle 739; Anthropogeogr. 751; Isochronen 934.
Rizzi, V., Menschenrassen 778.
Roder, K., Polare Waldgrenze 706.
Röger, J., Geländedarstellung 243; Bergzeichnung 243.
Röhl, Torb. Bergmanns phys. Geogr. 23.
Römer, Weserdurchbruch 424.
Rössler, C., Grundz. d. Ozeanographie 499.
Rohrbach, C., Math. Behandl. geogr. Probleme 252; Mittl. Grenzabstände 289; Karte der regionalen Bodenbedeckung 366.
Roon, A. v., Grundzüge d. Erdk. 498. 753.
Roscher, W., Nationalökonomie d. Ackerbaus 746. 785; Kolonien 836.
Ross, James, Magnet. Nordpol 144; Südpolarreisen *274.
Rotch, L,, Ballonbeob. über Meer 619.
Rothamel, Soldner-Proj. 228.
Rothe, C., Klimatologie 560.
Rothe, K. C., Erdkundeunterricht 16.
Rousselet, L., Dict. de géogr. 6.
Rudolph, E., Geophys. Jahresber. 265; Submarine Erdbeben 312.
Rudzki, M. P., Physik d. Erde 129. 669; Sur l'âge de la terre 305.
Rühl, Alfr., Jahresber. über Erosion 322; Methode d. Geomorphologie 495.
Rühlmann, M., Hydromechanik 330; barom. Höhenmessung 594; Gesch. d. Schiffahrt 922.
Ruge, S., Gesch. d. Geogr. 2; Gesch. d. Zeitalter d. Entd. 3; Ber. im Geogr. Jahrb. 3; Erdkunde 27.
Ruge, W., Ber. im Geogr. Jahrb. 3. 8.
Rundschau, deutsche, f. Geogr. u. Statist. 6.
Rung, R., Bananenkultur 730.
Rütimeyer, L., Tal- u. Seebildung 421; Fauna d. Pfahlbauten 742.
Ruppin, E., Reibungskoeffizient d. Seewassers 549.
Russel, J. C., Lahontan See 443.
Rutot, A., Le Préhistorique dans l'Europe centr. 758.

Sabler, kasp. Depression 379.
Salisbury, R. D., Topographic Maps 372.
Salomon, W., Gletschererosion 343.
Sandler, Chr., Reform. de Kartogr. *9; Strandlinienlit. 321; Volkskarten 875.
Sanson, Guill., Atlas 9.
Sanson, G. jun., Introd. à la géogr. 21.
Sanson, Nic., Projektion *220.
Santarem, Hist. de la cosmogr. 2; Atlas de mappemondes 2.
Sapodschnikow, Khan Tengri 383.
Sapper, K., Montagne Pélée 314.
Sarasin, P. u. Fr., Ursache d. Eiszeit 658.
Sargent, C. L., Prairies 713.
Sauer, Chr., Carte bathymétr. 505.
Saussure, H. B. de, Voyage dans les Alpes *23.
Sauter, F., Kartenknnde 195.
Sawitsch, A., Prakt. Astronomie 45; Kasp. Depression 379.
Schardt, H., Simplondurchstich 138; Exot. Klippen in den Alpen 401.
Scheiner, J., Popul. Astrophysik 45.
Schell, A., Erddichte 132.
Schellong, O., Tropenklima 646.
Schering, K , Erdmagnet. Jahresber. 142.

Schermeshorn, Kanad. Seen 443.
Scherzer, v., Wirtschaftsgeogr. 720. 755.
Schiaparelli, Umdrehungsgeschwindigkeit der Venus 175.
Schickhart, Vermessung Württembergs *95.
Schilling, Breusings Steuermannskunst 45.
Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie 660.
Schiötz, O. E., Pendulum Observations 134; Meeresströmungen 550.
Schjerning, W., Mittabstandstreue Projektionen 230; Isochronenkarten 934.
Schlagintweit, Gebr., Karakorum 664.
Schlee, P., Regen im Ozean 639.
Schlegel, Fr. W., Einteil. d. Sprachen 770.
Schleicher, dasselbe 770.
Schlichter, H., Ophir 951.
Schlözer *22.
Schlüter, O., Anthropogeographie 752; Richthofens Siedelungsgeogr. 753; Siedelungsgeogr. 882; Grundriss der Städte 882.
Schmarda, Verbreitung der Tiere 660; Tiergeogr. 661; Jahresber. 661.
Schmauss, A., Obere Inversion 580.
Schmeisser, C., Goldfelder in Südafrika 951; in Australien 954.
Schmid, E., Lehrb. d. Meteorologie 559.
Schmidt, C., Schlammführung des Amu Darja 332.
Schmidt, Ed., Math. Geographie 44. 589.
Schmidt, Emil, Mongolische Rasse 773.
Schmidt, v., Theorie d. Planimeters 258.
Schmidt, Wilh., Astron. Erdkunde 44.
Schmiedeberg, W., Gesch. der Flächenmessung 256.
Schöne, Th., Uebersetzung v. Ptolemaeus Buch I 222.
Schokalsky, v., Oberfläche Russlands 454.
Schott, G., Südl. Eismeer 515; Karte des Salzgehalts im Meer 520; Forsch. z. See 524; Isoamplit. des Meeres 527; Atlas z. Valdivia-Exped. 525; Flaschenposten 546; Salzgehalt in Westind. Gewässern 554; Neufundlandsbank 556; Wärmeverteilung in der Tiefe des Stillen Ozeans 557; Wege der Segler 924; Der Atlantische Ozean 1022.
Schouw, Atlas d. Pflanzengeographie 659.
Schoy, C., Polhöhebestimmungen 74.
Schrader, F., Atlas 13; Année cartogr. 270.
Schrader, O., Hehns Kulturpflanzen 720.
Schreiber, P., Barometr. Höhenmessung 594; Normalmittel d. Regens 632.
Schück, A., Segelrouten 924.
Schütt, Fr., Hochseepflanzen 691.
Schütz, E. H., Wanderungen der magnetischen Pole 144.
Schu, F., Wärmeverteilung in d. Tiefe d. Stillen Ozeans 557.
Schullern, R. v., Statist. Tabellen 754.
Schulten, Ad., Berichte ü. Röm. Welt 2.
Schulze, Br., Militär. Aufnahmen 239.
Schurtz, H., Völkerkunde 753.
Schwager, Fr., Heidenmission 859.
Schweinfurth, G., Schrittmass 51; Im Herzen von Afrika 714; Schotterterrassen Aegyptens 757.
Schwerdfeger, J., Varenius 20.
Schwind, Fr., Riasküsten 469.
Sclater, Vögelverbreitung 695.
Scobel, A., Geogr. Handbuch 8; Handelsatlas 720. 755.
Scrope, Poulett, Vulkane 313.
See, J. J., Planetendurchmesser 176.
Seebach, K. v., Stratovulkane 317.
Seeck, O., Schätzung antiker Bevölkerungen 808.
Seewarte, Atlanten der Ozeane 499.
Segelanweisungen 499.
Seleukus 149.
Semler, H., Trop. Agrikultur 719.
Semon, R., Austral. Säugetiere 686.
Semper, K., Existenzbeding. der Tiere 677.
Senft, F., Humusbildung 371.
Sering, A., Landwirtschaft Amerikas 833.
Shaler, N. S., Geol. Hist. of Harbours 473.
Shakleton, Südpolarfahrer *274.
Sibirtzew, Les sols de la Russie 369.
Sieberg, A., Erdbebenkunde 309.
Siebert, Lydekkers geographical History of the Mammals 697.
Sieger, R., Seeschwankungen 321; Geogr. d. Welthandels 755.
Sieglin, W., Atlas antiquus 820.
Siemens, W. v., Atmosphär. Zirkulation 618.
Sievers, W., Samml. d. Länderkunde 8.
Simroth, H., Entstehung der Landtiere 676.
Smoluchowski, M. v., Höhe der Atmosphäre 563.
Snellius, W., Tiphys Batavus 70; Triangulation *95. *107; Eratosthenes Batavus 95.
Soetbeer, A., Ophir 951; Edelmetallproduktion 952.
Sohr-Berghaus, Atlas 12.
Sokolow, N., Dünen 391; Limane 475.
Soldner'sche Projektion 228.
Solerio, Portulankarte 212.
Solger, F., Dünenbuch 391.
Solms-Laubach, Graf v., Allg. Pflanzengeogr. 659; Feige 730.
Soley, J. J., Golfstrom i. Golf v. Mex. 554.
Sonklar, C. v., Allg. Orographie 264. 431; Hohe Tauern 434.
Soskin, S., Oelpalme 738.
Spamer, Handatlas 13.
Spencer, J. W., Hudson River 340; Kanadische Seen 450.
Spindler, J. B., Schwarzes Meer 511.

Spitaler, R., Wärmeverteil. auf d. Erde 589; Karte d. Isanomalen 591.
Sprecher v. Bernegg, H., Volksdichte im Rhein. Deutschland 889.
Spring, W., Farbe des Meeres 522.
Spruner-Menke, Hist. Handatlas 13.
Sprung, A., Lehrbuch d. Meteorol. 158. 559; Grundzirkulation 618.
Stab, Joh., Projektion *200. *226.
Stapff, Temperatur im Gotthardtunnel 137.
Statemans Year-Book 754.
Stauber A., Studium der Geographie 15.
Staunton, Sir, Hoangho 336.
Stavenhagen, Kartenwesen v. Europa *14.
Stechert, Tafeln d. Sternbedeckung 85.
Steeb, v., Terraindarstellung 248.
Stein u. Hörschelmann, Handbuch 7.
Steinen, K. v. d., Naturvölker Zentralbrasiliens 786.
Steinhauser, A., Wagners Tafeln d. Erddimens. 120; Karte d. Schwerkraft 125; Landkartenproj. 196; Stabius redivivus 226.
Steinmann, G., Jura 397; Geol. Probleme in d. Alpen 401.
Steinthal, Ch. H., Typen des Sprachbaus 770.
Stenin, Petri's Anthropologie 778.
Stephan, H., Verkehr im Altertum 932.
Sterneck, R. v., Halbsekundenpendel 133.
Stevenson's Gesetz ü. d. Gradienten 606.
Stieler, Handatlas 11.
Stiny, J., Die Muren 337.
Stockwell, Ekliptikschiefe *153.
Stoll, O., Zoogeogr. d. Wirbellosen 680.
Stolpe, P., Depressionen 380.
Stolze, F., Handelsverhältn. Persiens 912.
Strabo *7. *18 Ebbe u. Flut 189. 502.
Streit, K., Kathol. Missionsatlas 860.
Strelbitski, Zonentabellen nach Clarke 124; Seentabelle Europas 442; Superficie de l'Europe 442; Oberfläche des russ. Reiches 442; Meeresstrassen 492.
Struve, F. W., Kaspische Depression 379.
Studer, B., Lehrb. d. phys. Geogr. 128.
Stübel, A., Vulkanismus 315. 318; Vulkane Südamerikas 410.
Stürmer, Gesch. d. Eisenbahnen 918.
Süring, Luftfahrt 564.
Suess, Ed., *25; Antlitz d. Erde 265; Schrumpfungstheorie 305; Heisse Quellen 316; Nomenklatur d. Strandverschiebungen 319; Entstehung der Alpen 398; Zukunft d. Goldes 951; Zukunft des Silbers 951.
Supan, A., Lit. Berichte 4; Bevölk. d. Erde 15; Spezialgeogr. 35; Phys. Erdkunde 41. 265; Talbildungen 414; Tiefenk. d. Weltmeeres 505; Tiefseesedimente 517; lokalklimatol. Beitr. 560; Wärmezonen 585; Statist. d. Luftströme 609; Regenkarten d. Erde 632; Regen a. d. Meer 639; Entwickl. d. Kolonien 836.
Swainson, Tiergeogr. Reiche 695.
Swarowsky, Neusiedler See 448.
Sverdrup, Polarforscher 274.
Sydow, E. v., Meth. Handatlas 13; Flächenkolorit f. Terrainstufen *249.
Sydow-Wagner, Method. Atlas 13.

Tams, E., Geophysikal. Jahrbericht 313.
Tammann, G., Kristallisieren u. Schmelzen 140.
Tasman, Abel, *273.
Teisserenc de Bort, L., Les bases de la météorol. 559; Troposphäre 580; Thermodynam. Zyklonen 605; Ballonbeob. über dem Meer 619; Wolkenatlas 627; Bewölkung 628.
Thiene, H., Erdinneres 135.
Thomson, W. (Lord Kelwin), Elastizität d. Erdkugel 139.
Thomson, Wyv., The Depth of the Sea 498.
Thoroddsen, Th., Island 489.
Thoulet, J., Ozeanographie 499; L'Océan 499; Guide d'océanogr. prat. 499; Carte bathymétrique 505; Meeressedimente 515.
Thudichum, F. O., Hist. Grundkarten 833.
Tiele, C. P., Religionswissenschaft 848.
Tietjen, Astron. Ortsbestimmungen 88.
Tietze, E., Bildung der Quertäler 424.
Tillo, A. v., Hauptwasserscheide 294; Areal der Bodenbedeckung 366; Oberfl. d. asiat. Russland 454.
Times-Gazetteer 7.
Tisserand, Mécanique céleste 124.
Tissot, A., Projektionslehre 196. 202.
Topinard, P., l'Anthropologie 752.
Toula, F., Geologie 265; Geogn. Berichte 360; Steinkohlen 948.
Tour du Monde 6.
Tozer, H. F., Ancient Geography 2.
Trabert, W., Kosmische Physik 42; Ausstrahlung des Erdinnern 566.
Trognitz, Kartometer 255; Tanganjika See 443.
Tronnier, A., Volksdichtekarten 890.
Trouessard, E. L., Géogr. zoologique 661.
Tschermack, Vulkanismus 316.
Tschernyschew, Th., Russ. Eiszeit 387.
Tuckey, Kongo 332.
Turner, H. W., Yosemite Tal 419.
Turquan, densité de la population de la France 889.
Tuscarora-Expedition 498.

Uetrecht, A., Ablation der Rhone 335.
Uhlig, V., M. Neumayers Erdgeschichte 266; Gebirgsbildung 304; Bau d. Karpaten 398.

Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer 1.
Ule, O., Die Erde 41.
Ule, W., Kurvimeter 255; Apparate zu Tiefenmessungen in Seen 440.
Umlauft, Schlüssel f. Landkarten 196.
Unger, F., Pflanzenregionen 716; Botan. Streifzüge 720.
Upham, W., Lake Agassiz 443.

Valentin, W., Handwörterb. d. Astronomie 45.
Van Hise, C. R., Crustal shortening 306.
Varenius, Bernh., *20; Geogr. gen. *20; Arten der Seen 441.
Varnhagen, F. A. v., Vespucci 86.
Vasco de Gama *272.
Velain, J., Insel St. Paul 707.
Verbeek, R., Krakatoa-Ausbruch 314.
Vernerus, Joan., Annotationes 226.
Verworn, M., Archäolith. Kultur 758.
Vespucci, Am. Längenbestimmung 86.
Vidal de la Blache, Annales de géogr. 5; Atlas général 13.
Vierkandt, A., Naturvölker und Kulturvölker 782; afrik. Volksdichte 866. 893.
Vierordt, Anatom. Daten u. Tabellen 668. 781.
Vincent, Stadium 106.
Virchow, Rassenbildung 769; Akklimatisation 780.
Vital, Kartenentwurfslehre 106.
Vitruv, de architectura 48.
Vivien de St. Martin, hist. de la géogr. 2. 270; Année géogr. 6; Dict. de géogr. 6; Atlas universel 13. 1022.
Vogel, C., Landkartenherstellung 11; Handatlas 12; Karte d. Deutschen Reichs 338; Terraindarstellung 247.
Vogel, F., Topogr. Aufnahmen 92.
Vogel, Newcombs popul. Astronomie 45.
Vogel W., Grundlagen der Schiffahrtsstatistik 926.
Voit, C., Nahrung in versch. Klimaten 780.
Volz, B., Daniels Handbuch 7.

Wägler, C., Verbreitung d. Vulkane 410.
Wagner, Ad., Grundlegung d. Nationalökonomie 892.
Wagner, Arth., Temperatur der freien Atmosphäre 580.
Wagner, Herm., Method. Jahresber. 4; Geogr. Jahrb. 6; Indexkarten 10. 238; Meth. Atlas 14; Bevölk. d. Erde 15; Meth. Jahresber. 19. 25; Erddimensionen nach Bessel 120; Kartenzeichnen 190; Kartenmassstab 203; Rätsel der Kompasskarten 215; Einführung von Flächenzahlen 257; Areal d. Landfl. etc. 263; Schätzungen d. Bevölk. d. Erde 760; Wandk. v. Deutschl. 885; Entwickl. d. Seekarten 931.
Wagner, M., Entstehung d. Arten 682.
Wagner, P., Geol. u. Mineralogie 266.
Wagner, Rud., Prichards Naturg. d. Menschen 752.
Wahnschaffe, F., Ursachen d. Oberflächengestalt Norddeutschl. 392. 423.
Waitz, Th., Anthropol. d. Naturvölker 752.
Wallace, A. R., Island Life 483; Tiergeogr. 661.
Walther, Joh., Vorschule d. Geol. 266; Lithogenesis 266; Denudation der Wüste 322; Gesetz d. Wüstenbildung 322. 353; Adamsbrücke 495; Bionomie d. Meeres 515. 661. 687.
Wanach, B., Breitenvariationen 188.
Wangerin, A., Lamberts Beitr. z. Entwurf v. Karten 200.
Wappaeus, J. E., Handb. d. Geogr. u. Statist. 7; Polit. Geogr. 751; Bevölkerungsstatistik 754.
Warburg, O., Trop. Agrikultur 719; Muskatnuss 737.
Warming, E., Oekol. Pflanzengeogr. 660. 702.
Warneck, G., Missionsgeschichte 859.
Wauwermanns, Gesch. d. Kartogr. 197.
Weber, Tieles Religionswissenschaft 848.
Weber, M. A. v., Wasserstrassen Nordeuropas 917.
Weber, W., Arabischer Meerbusen 511.
Webersik, G., Geogr.-stat. Lexikon 6.
Wegener, Alfr., Entstehung der Kontinente 308; Erdatmosphäre 563.
Wegener, Kurt, Windgeschwindigkeit 607.
Weidenmüller, Schwemmlandküsten 468.
Weigelt, Geograph. Unterricht 15.
Weinschenk, E., Gesteinskunde 266. 296.
Weithase, Gesch. d. Weltpostvereins 955.
Wenz, G., Atlas d. Kartenentwurfslehre 196.
Werner, Joh., Paraphr. in Cl. Ptolem. 87; Projektion *199. *226.
Werner, Getreidebau 724.
Werth, W., Fjorde, Fjärde etc. 472.
Wessely, Kartographie 195.
Weule, K., Flachküsten 463; Völkerkunde 753.
Weyer, E., Great circle Sailing charts 923.
Weyprecht, K., Metamorph. d. Polareises 528.
Weyrich, E., Erdkundeunterricht 16.
Whewell, W., Gesch. d. induct. Wiss. 44; Flutlinien *542.
Whitney, W. D., Leben der Sprache 770.
Whitney, J. D., Yosemite-Tal 419.
Whymper, F., Aneroide 598.
Wichmann, A., Now. Semlja 486; Vitiarchipel 487.
Wiechert, E., Inneres der Erde 140; Ueber Erdbebenwellen 312.

Wiener, Chr., Bestrahlung 569.
Wieser, F. v., Portulankarten 212.
Wiesner, J., Lichtgenuss d. Pflanzen 672.
Wilberg, Ptolemaeus 17.
Wild, Anleit. zu erdmagn. Beob. 141; Kälteextreme 583.
Wildenow, Pflanzengeographie 659.
Wilke, H., Verbreitung des Weinstocks 733.
Wilkes, Antarkt. Entdeckungen *274.
Will, H., Südgeorgien 487.
Willberg, Ptolemaeus 18.
Willers, Th., Gesch. geogr. Flächenmessung. 118. 256.
Williams, Monier, Buddhismus 855.
Willis, Appalachian structure 402.
Winkel, O., Zylinderprojektion 228.
Wirtz, C. W., Naut. Astronomie 45; Geogr. Ortsbestimmung 74.
Wislicenus, W. P., Ortsbestimmung 74; Venus 175.
Wisotzki, E., Klassifikation d. Meeresräume 293; Hauptfluss 31. 451; Zeitströmungen i. d. Geogr. 3. 816.
Woeikof, A., Klimate d. Erde 369. 560. 581; Schneedecke 584. 640; Klima Zentralasiens 613; Gletscher u. Eiszeiten 656; Geolog. Klimate 656.
Wolf, R., Gesch. d. Astronomie 44; Handbuch d. Astronomie 45.
Wolf, Ozeanographie 499.
Wolfers, Newtons Prinzip. d. Naturl. 107. 149.
Wolff, W., Schleswigs Föhrden 472.
Wolkenhauer, A., Beitr. z. Kartographie 143; Itinerarliteratur 930.
Wolkenhauer, W., Leitf. z. Gesch. d. Kartographie 3. 197.
Woodward, Geographical Tables 124.
Wrangell, F. v., Schwarzes Meer 511; Theorie der Meeresströme 549.
Wright, Niagara 334.
Wundt, W., Völkerpsychologie 788.
Württemb. Gemeindestatistik 878.
Wuttke, Mittelalt. Seekarten 212.

Year-Book, The Statesmans 754.

Zacharias, O., Tier- u. Pflanzenwelt d. Süsswassers 692.
Zaffauk, Signaturen 240.
Zäpernik, H., Kokospalme 732.
Zedlitz, v., Preuss. Monarchie 887.
Zeitschrift d. Gesellsch. f. Erdkunde 5.
Zeitschrift, Geographische 5.
Zeitschrift f. Schulgeogr. 16.
Zeitschrift f. wiss. Geogr. 5.
Zeller, H., Religionsstatistik 862.
Zenker, W., Wärme a. d. Erdoberfl. 566; Therm. Aufbau d. Klimate 589.
Zeune, Gaea 887.
Zglinicki, v., Karte d. D. Reiches 247.
Ziegler, H., Kleomedes 102.
Ziegler, J., Klima Frankfurts 652.
Ziemer, H., Maximal-Niederschläge 632.
Zimmermann, A., Kolonialpolitische Studien 836.
Zimmermann, E. A. W., Malte-Bruns Précis. 1; Geogr. Zoologie 661.
Zittel, K. v., Handb. d. Palaeontologie 697. 757.
Zondervan, H., Kartenkunde 195.
Zöpfl, G., Ozean und Kontinent 942.
Zöppritz, K., Schreibw. v. Azimut 54; Geophys. Jahresb. 124; Erdinneres 139; Einfluss der Erdrotation 155. 339; Kartenentwurfslehre 195; Karte v. Afrika 228; Handb. d. Ozeanogr. 499; Theorie d. Meeresströme 549.
Zöppritz, K. jun., Ueber Erdbebenwellen 312.

Sachregister.

(Auch für die Anmerkungen.)

Seite

A.

Aardrijkskunde 28 Anm.
Abacus 19
Abango 769
Abbauten 868
Abbeokuta 867
Abdachung d. Landfläche 294
Abdachungsflüsse . 456
Abdachungstäler . . 418
Abendnebel . . . 627
Abendstern . . . 174
Abendweite . . . 47
Abessinien . . 381. 812
Abflusshöhe des Regens 630
Abflusslose Gebiete . 294
Abflussmenge . . . 330
Abhebung 324
Ablation 324
Ablenkung der Bewegungsrichtung . 155
Abplattung 110. 113. 119
Abplattungsziffer 110. 123
Abrasion 347
Abrasionsfläche 347. 390
Abrundung statistischer etc. Zahlen . 804
Absatzgesteine . . 297
Absorption d. Sonnenstrahlung . . . 569
Abspülung 324
Abtragung 322. 325. 340
Abweichung (Deklination) 60
Abweitung 67
Abweitungstreue . . 219
Abyssalregion . 688. 691
Abyssische Meeresbodenbedeckungen 516 Anm.
Achensee . . 415. 446
Achilles, Planet . . 174
Achse, magnetische der Erde . . . 144

Seite

Ackerbau 786
Ackerbauer . . . 785
Ackerbaugebiete, reine 894
Ackerbaukolonie . . 842
Ackerbauländer . . 877
Aconcagua 383
Acre, englischer . . 1018
Adamellogruppe . . 375
Adel im Gestein . . 951
Aden 480. 840
Aden, Golf v. . . 292
Adiabatischer Zustand der Luft 579
Admiralitätskarten . 9
Adria, Stadt . . . 477
Adriatisches Meer . 511
Adschi Darja . . . 449
Aegäisches Meer . . 404
Aenderungen, säkul. d. Ekliptikschiefe 152
— d. Länge d. Perihels 168
Aegypten . . 793. 812
Aequator d. Erde 65. 119
— d. Himmels . . 59
— magnetischer . 146
Aequatorgrad . . . 119
Aequatorhöhe . . . 60
Aequatorialgrenzen der Pflanzen . . 705
Aequatorial-Klima 587. 647
Aequatorialprojektionen . . . 211. 234
Aequatorialradius . 119
Aequatorialströmungen 553
Aequatorständige Projektionen 211 Anm. 226
Aequideformaten . . 254
Aequidistanz (Proj.) . 230
Aequinoktialkolur 62. 151
Aequinoktiallinie . . 168
Aequinoktialpunkte . 186
Aequinoktien . . . 61
Aequivalente Projekt. 202

Seite

Aestuarien 353
Aethiopisches Meer . 509
Aethiop. tiergeograph. Region 697
Aetna . . . 382. 717
Affectiones coelestes, terrestres etc. . . 21
Afghanistan . . . 812
Afrika 284. 289. 291. 364 763. 896
Afrika, transsaharisches . . . 365. 697
Afrikanische Rasse . 776
Afterkugel . . 110 Anm.
Agassiz-See . . . 443
Agave 735
Agglutin. Sprachen . 770
Agrumen 731
Agulhas-Strom . . 558
Airysche Wellentheorie der Gezeiten . 542
Akaba, Golf v. . . 419
Akklimatisation 674. 779
Akkumulation . . . 325
Akkumulationsebenen 386
Akkumulationsgebirge 385
Akropolis 872
Alaska 286
Alatau 718
Alb, schwäbische 318. 394
Albert-See 445
Albtraufe 395
Aletschgletscher . . 643
Aleuten 488
Aleuten-Graben . . 514
Alexandrien . 479. 638
Algerien, Küste v. 474. 842
Algier 812
Alhidade 75
Allas-Strasse . . . 494
Alleghanies . . 382. 402
Allier 458
Alluvialbildungen . 359
Alluvialboden . . . 368
Alluvium 359

Seite

Almagest . . 149 Anm.
Alpaca 745
Alpen . . 383. 643. 718
Altai 383
Altdorf 873
Alte Welt . . 283. 284
Altkastilische Hochebene . . . 363. 381
Altmühl 426
Altozeanisches Florenreich 694
Altona 879
Amalfi 50. 874
a. m. = ante meridiem 63 Anm. 575
Amazonas 332. 419. 461
Amazonasbecken 387. 454. 458. 916
Amerika 284. 289. 365. 763
Amerikan. Mittelmeer 284. 293. 511
Amerikanische Rasse 775
Ammer See . . . 447
Amplitude d. Temperatur 574
Amtsbezirke . 833 Anm.
Amtshauptmannschaften . . . . 833 Anm.
Amu Darja 332. 456. 458
Amur 454. 461
Analemma . . 230 Anm.
Ancylusmeer . . . 322
Andamanen 485
Andamanen See 293. 294. 512
Anden . . 365. 414. 642
Andesit 360
Andorra . . . 803. 814
Aneroid-Barometer . 597
Anfangsmeridian . 65. 67
Anfügende Sprachen 770
Angekok 851
Angiospermen . 684 Anm.
Angoraziege . . . 744
Animismus 850
Anomalie, thermische 590
Anotherme Schichtung des Wassers . . . 535
Anpassung d. Rassen an das Klima . . 779
Anreihende Sprachen 770
Anschwemmung . . 349
Ansiedelungen . . 864
Anspruchssphäre, politische 838
Anstehen d. Gesteins 298
Antarktis 366
Antarktischer Kreis . 60
— Gürtel 689
— Wald 708

Seite

Antarktische Zyklone 612
Antarktisches Festland . . . 274. 366
— Meer 514
Antezedenztheorie . 424
Anthrazit 948
Anthropogeographie 29. 33. 751
Anthropologie . . . 752
Anthropometrie . . 768
Anthropozoische Zeit 359
Antiklinale Faltung . 303
Antiklinal-Tal . . 417
Antillen . . 365. 485. 841
— kleine 408
Antillenstrom . . . 554
Antipoden 758
Antipodenland . . 272
Antizyklonen . . . 604
Antoeken 758
Apenninen 383
Apfelgebirge . . . 718
Aphelium 159
Apians Projektion . 219
Apogaeum 182
Appalachianland . . 366
Apsidenlinie . . . 159
Apuanische Alpen . 402
Arabien . . . 286. 364
Arabischer Meerbusen 292
Arabisches Weltreich 806
Aräometer 519
Arafura-See . 293. 512
Aral-See . 443. 447. 449
Aralokaspische Senke 362
Archäische Gesteine . 356
Archipel, griechischer 292
Areka-Nuss . . . 735
Arequipa-Puno-Bahn 919
Argentario, Monte . 474
Argentinien . . 812. 946
Arica, Golf v. . . 291
Arides Klima . . . 651
Arier 774
Aristokratie . . . 803
Arktischer Archipel . 486
Arktischer Kreis . . 60
— Gürtel 689
Arktisches Klima . 650
Arktisches Meer 293. 511
Arktische tiergeogr. Subregion . . . 701
Arktogaea 697
Arlberg-Tunnel . . 919
Armenisches Hochland 381
Arrondissements . . 834
Arrowroot 730
Arschin, russischer . 1019
Artbegriff 682
Artemisiasteppe . . 713

Seite

Artenstatistik . . . 684
Artois, Schwelle von 392
Åsar 392
Ascensio recta 61 Anm.
Ascension, Insel . . 488
Asiatischer Hochgebirgsgürtel . . 363
Asien 284. 289. 291. 763. 896
Aspirations-Psychrometer 574
Asteroiden 173
Astrolabien 75
Astronomie . . . 43. 45
Astronom. Dreieck . 64
Atakama-Graben . 513
Athabasca-See . . 443
Atlanten . . . . . 8 ff.
Atlant. Ozean 283. 294. 510. 512. 527
Atlantische Schwelle 512
Atlantische Strömung 555
Atlas, Name f. Kartensammlungen . . . 8
Atlasgebirge . . . 363
Atmosphäre . . 560 ff.
— homogene . . . 561
— reduzierte . 562 Anm.
—, Höhe der . . 562
Atmosphärendruck . 561
Atoll 490
Atollhafen 480
Atollseen 444
Auckland, Stadt . . 477
Auckland-Inseln . . 483
Auen 337
Aufbau der Erdrinde 296
Aufgangspunkte der Sonne 47
Aufgelagerte Täler . 426
Aufnahme des Geländes 92
Aufriss-Zeichnung . 241
Aufschüttungshäfen . . . 478 Anm.
Aufsteigung, gerade 60
Auftriebgewässer 526. 551. 557
Aullagas-See . . . 448
Aurillac 758
Ausbruchsgebirge . 385
Ausbruchsgesteine . 297
Ausgleichsküsten 464 Anm.
Ausgleichungsebenen 386
Auskeilung d. Schichten 299
Ausreisen der Schiffe 924
Ausschartung . . . 435
Aussenbesitzungen . 836
Aussenhandel . . . 942

	Seite
Aussenküste . . .	468
Aussenseite (Faltengebirge)	398
Aussenstrand . . .	476
Aussichtsweite . . .	98
Aussprache geograph. Namen	14
Aussterben d. Naturvölker	790
Ausstrahlung der Wärme	571
Australasiatisches Mittelmeer 284. 293.	511
Australien 273. 284. 289. 291. 365.	763
— Tafelland . . .	365
— biogeographisch .	685 [697
— Volksdichte . .	896
— Goldfelder . .	953
Australier	777
Australische Alpen .	382
Australischer Staatenbund	812
Auswanderung, europäische	941
Autochthone Gebirge	401
Autokratie	801
Auvergne	411
Azimut . . . 49. 50.	54
— astronomisches .	92
— magnetisches 92.	143
— bewegter Körper	155
Azimutale Projektionen . . 202 Anm.	228
Azimutalkompass . .	50
Azoren 272. 482. 759.	838
Azoren-Plateau . .	512

B.

Bab-el-Mandeb . .	493
Baculus geometricus	75 Anm.
Baden	813
Bänke, unterseeische	506
Baersches Gesetz . .	339
Bären-See, grosser	443. 449
Bär, Grosser, Sternbild . . . . 47.	56
— Kleiner, Sternbild	56
Baffin Bai . . 511.	513
Baffinland	288
Bahama See . . .	511
Bahrein-Inseln . .	840
Baikal-See 380. 443.	445
Bakony-Wald . . .	407
Baktrien	271
Balkasch-See . 443.	448
Ballonfahrten . . .	564
Baltischer Schild	362 Anm.
Bambuswälder . . .	711
Banane	730
Banda See	512
Bandmass	51
Bantusprachen . .	771
Bantuvölker . . .	776
Barabásteppe . . .	713
Barchane	392
Barische Windgesetze	601
Barmen	879
Barnaul	575
Barometer	561
Barometrische Höhenmessung . . 100.	594
— Höhenstufe . .	597
— Konstante . .	598
Barrenbildung . . .	340
Barren-grounds . .	715
Barrenmündung . .	353
Barrière-riff, grosses .	476
Basalt . . 297. 358.	360
Basel	815
Basin (im Meer)	506 Anm.
Basis bei Vermessungen	95
Basken	774
Bass-Strasse . 293.	494
Batate	730
Batavia . . . 478.	587
Baumfarrenwälder .	711
Baumgrenze, polare .	706
Baumwolle	739
Baumwollenboden .	369
Bayern . . . 813.	922
Beamtenstädte . . .	879
Beaufort-Skala . .	606
Becken, morpholog. Begriff . . 376.	439
— unterseeische .	506
—, das Grosse 376.	381
Beckenrandflüsse . .	451
Beleuchtung, schiefe	247
Belgien 813. 847. 878.	922
Belle-Isle-Strasse 492.	494
Bellinzona	873
Belte . . . . 492.	494
Benares . . . 577.	884
Bengalen, Meerbusen	291
Benguela-Strom . .	553
Benthos	516
Berg	376
Bergen . . . 480.	575
Bergbahnen . . .	919
Berggold	951
Berggruppe	376
Bergklima	591
Bergkrankheit . . .	564
Berglage von Städten	872
Berglauf der Flüsse .	462
Bergprofil	243
Bergrücken	377
Bergrutschungen . .	326
Bergschatten . . .	581
Bergstürze	326
Bergufer	339
Bergwerke, Temperatur in	137
Bergwerksstädte . .	874
Bergwinde	614
Berici, Monti . . .	402
Bering Meer . . .	512
Bering Strasse 492.	493
Berlin 465. 879. 883.	902
Bermudas Inseln 482. 489.	769
Berner Alpen . . .	435
St. Bernhard Pass, Gr.	592
Berufsarten	876
Berufsgliederung . .	878
Besançon	872
Bestand (vegetativer)	703
Besteckrechnung 93.	547
Bestrahlung . . .	566
Betäubungsmittel .	735
Beutelratten . . .	698
Beuteltiere	696
Bevölkerung der Erde	760
— relative . . .	887
Bevölkerungsdichte 762.	886
Bewässerung, künstliche	786
Bewegung der Erde	148
— der Bevölkerung	762
Bewölkung	628
Bezirksämter . . .	833
Biber	748
Bibliographie, geographische . . .	4
Biene	747
Bier	733
Bifurkation	453
Bildmesskunst . . .	94
Bimini-Engen . . .	554
Binnenkanäle . . .	916
Binnenlage, politische	817
Binnenprovinzen . .	818
Binnen-Randmeere .	293
Binnenschiffahrt . .	915
Binnenseen, Temperaturverteilung . .	534
Binnensenken . . .	378
Binnenständige Inseln	485
Biogeographie . . 28.	659
Biolog. Geographie 28.	659
Biosphäre	661
Biota . . . . 681 Anm.	

	Seite
Biotogenesis .	686 Anm.
Biotogenie . .	686 Anm.
Bipolarität	692
Birkenwälder . . .	710
Birs-Tal . .	417. 425
Bison	743
Blattverschiebung	303. 422
Blinde Täler .	416. 444
Blindseen	441
Blockdiagramm . .	252
Blütenpflanzen . .	684
Bochum	879
Boddenküste . . .	475
Bodenbedeckung, regionale d. Landes .	366
— des Meeresbodens	515
Bodennebel	626
Bodenschwankungen	320
Bodenschwingungen .	309
Bodensee, Grösse	442. 443
Bodenständige Bevölkerung	874
Bodentemperatur (Erdrinde) .	135. 573
— am Meeresboden	532
Bodenverlagerung .	325
Bodhisatvas. . . .	854
Böhmisches Mittelgebirge	410
Böschungsfluss	451 Anm.
Böschungsmassstab .	259
Böschungsplastik . .	245
Böschungswinkel . .	260
Bogenmass, Verwandlung in Zeitmass .	58
Bohrlöcher (Tiefentemperatur) . . .	137
Bolivia	381. 718. 812. 817
Bolsinischer See . .	444
Bombaceen	712
Bombay . .	478. 636. 903
Bonanza	951
Bonifacio-Strasse	492. 494
Bonin-Inseln . . .	488
Bonnesche Projektion	227
Bonneville-See	443. 448
Bora	615
Bore (Strömung) . .	545
Borealer Gürtel . .	689
Borealer Waldgürtel	718
Borneo . . .	288. 485
Borneo-See .	511. 512
Bornholm	484
Borysthenes . . .	271
Bosnien	838
Bosporus . .	492. 495
Boston	480
Botokuden	788
Bozen	873
Bracciano See . .	444
Brachykephalie . .	768
Brachyprosopie . .	768
Brackwasser . . .	298
Brackwasserseen . .	335
Brahmanismus . .	852
Brahmaputra .	458. 459
Brandung	346
Brasilianische Masse .	365
Brasilien . . .	368. 812
Brasilstrom	556
Braunkohle . .	358. 948
Braunschweig . . .	815
Breite, geograph.	66. 80. 116
— geozentrische .	116
— reduzierte . . .	117
— wachsende . .	217
— der Sterne . .	151
Breitenbestimmung .	80
Breitengrad	66
Breitengradmessung .	66
Breitenkreise . . .	66
Breitenminute, mittl.	122
Breitenparallelen . .	66
Breitenzonen . . .	117
Breitgesichter . . .	768
Breitsohlige Täler .	415
Breitenvariationen .	188
Bremen . .	576. 815. 879
Bremerhaven . . .	479
Brenner	430
Brennerbahn . . .	919
Brenta	454
Breslau	879
Brest	479
Brennpunkte d. Erdbahn	159
Briefverkehr . . .	908
Brieg	592
Bristol	881
Britisch-Indien . .	810
Britisches Kolonialreich . . .	807. 847
Bromator. Linien	721 Anm.
Brookesches Tiefenlot	504
Brotfruchtbaum . .	730
Brotfrüchte. . . .	725
Bruch (Verwerfung)	301
Bruch (Moor) . . .	716
Bruchgebirge . . .	385
Bruchtäler	420
Bruchzone d. Erde	283. 363
Brücken	907
Brückenstädte . . .	873
Brüder-Ströme	458 Anm.
Brüssel	903
Brunnen, artesische .	327
Buchengrenze . . .	710
Bucht	470. 506
Buchthäfen . .	478. 480
Buchweizen . . .	728
Budapest	903
Buddhismus . . .	853
Büffel.	743
Büschelförmiger Haarwuchs	769
Buenos Aires . . .	902
Bug	456
Bulgarien	813
Bun (Kaffee) . . .	733
Bundesstaat . . .	802
Buntsandstein .	357. 360
Buschland	704
Buschmänner .	769. 776
Bussole	49
Buys-Ballotsches Windgesetz . . .	607

C. (vergl. K)

Cabo dos Corrientes	546
Cala-Bucht .	472 Anm.
Caldera	318
Caledonian Kanal .	928
Callao	478
Calluna-Heide . .	714
Calvados-Klippen .	473
Campeche, Golf v. .	292
Campine.	392
Campos	714
— cerrados . . .	714
Canada s. Kanada.	
Canal du Midi . .	917
Canali	473
Cañons . . .	334. 419
Cantons, Frankreich .	834
Capbreton-Tiefe	507 Anm.
Cardiff	943
Cardo . . .	47 Anm.
Carpentaria-Golf	293. 512
Cassave-Strauch . .	729
Cassia-Baum . . .	737
Cassiquiare	453
Catingawälder . . .	712
Cauca.	458
Cawnpur	884
Celebes	485
Celebes-See .	512. 533
Cenoman	359
Ceres, Planet . .	173 ff.
Ceylon	486
Chablais	400
Chagos Rücken s. Tschagos.	
Challenger Expedition	498
Challenger-Rücken .	512
Champagne. . . .	393
Chaparals	715
Charleston, Erdbeben	312
Charybdis	545
Chatam Insel . . .	483
Cherbourg	478

Seite
Chesapeake Bai 475. 480
Chicago . . . 824. 902
Chile 643. 717. 812. 821
Chimborazo . . . 383
China 272. 763. 792. 810
Chinarinden-Baum . 735
China-See 293
Chinesische Mauer . 829
Chinesisches Meer . 512
Chinesisches Reich 810. 846
Chorographie . . . 18
Christentum . 858. 862
Christiania 480
Chromosphäre (Sonne) 179
Chronometer . . . 87
Chthon-Isothermen 137 Anm
Chur 873
Cinchonarinden-Baum 735
Circello, Kap . . . 402
Circondarii 834
Cirro-cumulus . . 628
Cirrus 627
Citrone 731
Clairautsches Theorem 113
Coatsland 274
Coir (Kokosfaser) . 732
Colorado s. Kolorado.
Colombia . . 812. 900
Colombo s. Kolombo.
Comitate 835
Como 873
Como-See 446
Compartimenti territ. 836
Coniferen . . 684 Anm.
Congregatio de propaganda fide . . 859
Cook-Inseln . . . 489
Cook-Strasse . . . 494
Coordinatens. Koordinaten.
Coruña 479
Coseguina 314
Cotidal lines . . . 542
Counties 834
Cramana 851
Cumuli 627
Cuxhaven 479
Cyclone s. Zyklone.
Cykladen s. Kykladen.
Cypern . . . 485. 843
Czuchow, Bohrloch . 137

D.

Dalai Lama . . . 854
Dalmatinischer Küstentypus . . . 473 Anm.
Dammfluss . . 350. 387
Dammhäfen . . . 478
Dampfdruck . 596. 623
Dampfschiffahrt . . 926
Dampfschiffahrtslinien 928
Dänemark 813. 847. 877. 922
— Strasse . . 492. 494
Dänische Inseln . . 484
Dänischer Sund . . 492
Dardanellen . 492. 495
Dattelpalme . . . 731
Datumsgrenze . . 88. 90
Davis-Strasse . 492. 493
Deckenförmige Lagerung . . . 297. 315
Decumanus . . 47 Anm.
Deeps . . . . 506 Anm.
Deflation 354
Dekan 365
Dekantrapp 315
Deklination, astronom. 60
— magnetische . . 142
Delisles Projektion . 224
Deltas . . . 350 ff. 386
— submarine . . 352
Deltahäfen 479
Deltaseen 444
Demarkationslinie . 838
Demokratie 802
Denudation 325
Departements . . . 834
Depression des Horizonts 79
— des Luftdrucks . 604
— morphologische 379
Depressionsgebiete d. Erdrinde . 73. 281. 379
Derbent, Tor von . 829
Despotie 801
Destruktion . . 325 Anm.
Dessjatina, russische 1019
Deutsches Reich 810. 819. 830. 878. 922
— Kolonialbesitz . 847
Devon-System 356. 360
Diabas . . . 357. 360
Diagramm 888
Dialekte 771
Diatomeen-Schlamm 516
Dichte der Eisenbahnnetze 920
— der Erde . 129. 135
— des Meerwassers 519
— der Planeten . 177
Dichteverteilung in d. Erdrinde 133
Didelphys 698
Dikotylen 684
Diluvialbildungen . 359
Diluvium 359
Dimensionen des Erdsphäroids 118
Diopter 75
Diorit 357. 360
Diskordante Küste 465 Anm.
— Lagerung . . . 301
Dislokation 301
Dislokationsbeben . 310
Distanz (Nautik) 50 Anm., 70
Divisions, statistische 836
Dnjepr 457
Dniestr . . . 456. 460
Dogger . . . 358. 360
Dolichokephalie . . 768
Dolichoprosopie . . 768
Dolinen . . . 324. 444
Dollart 475
Dolphin--Rücken . 512
Dombes, pays de la 392
Dominion of Canada 812
Donau 387. 419. 426. 453. 455. 457. 459
Doppelküste . . . 467
Dörfer 868
Doubs 456
Dover-Calais-Str. 492. 495
Downs 393
Drâvida 777
Drehwage 132
Dreieck, astronom. . 64
Dreigliederung d. Menschengeschlechts . 778
Dreiherrnspitze . . 413
Dreikanter 354
Drift currents . . . 548
Dromedar 745
Drontheim 480
Drumlins 392
Dschamna 455 Anm. 458
Dsungarische Mulde 376
Dualismus d. Erdkunde 35
Dün, der 393
Dünen . . . 354. 391
Dünenküste 474
Dünenzüge 370
Dünung des Meeres. 537
Dürrerze 951
Dufourkarte . . . 248
Dunstdruck 623
Durchbruchgesteine . 297
Durchbruchstäler 416. 422
Durchfuhrhandel . . 943
Durchgang durch den Meridian 55
Durchgangstäler . . 416
Durchgreifende Wasserscheide . . 414
Durchschnittstemperaturen 588
Durrha 728
Dwina . . 457. 458. 460
Dyas 357. 360

Seite

E.

East . . . 49 Anm. 610
Ebbe und Flut 189. 540
Ebenen 373
Ebrodelta 350
Ecuador . . . 381. 812
Edaphisch . . 672 Anm.
Edelmetalle 950
Edentaten 698
Egerdurchbrüche . . 423
Eiche 710
Eichsfeld 381
Eifel 409
Eigenwärme d. Erde 135
Einbruchshäfen 478 Anm.
Einbruchsmeer . . 292
Einfallswinkel d. Sonnenstrahlen . . . 566
Eingradfelder . . . 121
Einheit der magnet. Kraft . . . 144 Anm.
— des Menschengeschlechts . . . 764
Einheitskarte . . . 208
Einheitsmassstab . . 208
Einheitsstaat . . . 802
Einheitszeit 89
Einöden 868
Einsilbige Sprachen . 770
Einsturzbeben . . . 310
Einverleib. Sprachen 771
Einzelberieselung . . 787
Einzelhof 867
Einzelozeane . . . 283
Einzelsiedelung . . 864
Einzugsgebiet . . . 454
Eisack 428
Eisberge . . 341. 528. 547
Eisboden . . 369. 584
Eisen 947
Eisenbahnen . 910. 918
— Schnelligkeit derselben 53. 933
Eisenbahnkarten . . 930
Eisenbahnnetze . . 920
Eiserne Küste . . . 474
Eisgang 339
Eismeer, Nördl. 293. 514
Eispressungen . . . 529
Eisschmelzströme . 553
Eisseen 445
Eisströme 341
Eiszeit . . 344. 359. 694
Eiszungen 342
Ekliptik . . . 150. 169
— feste 152
— schiefe . . 151. 169
Elbe . . . 348. 458. 462
Elbsandsteingebirge . 395
Elbursgebirge . . . 383

Seite

Elefant . . . 741. 748
Elementargedanke 791 Anm.
Elevationstheorie . . 305
Elfenbein, fossiles . 749
Elle, arabische 106 Anm.
Elsass-Lothringen . 813
Else, Bifurkation . . 453
Eluvium 368
Emsmündung . . . 352
Endemisch . 482. 685. 695
Endländer 285
Endmoränen . . . 342
Endogene Vorgänge 308
Endschwemmkegel . 350
Endseen . . . 441. 448
Endständige Inseln . 485
Engadin . . . 592. 642
Engpässe 428
Entdeckungsfahrten . 904
Entfernung, geradlinige 50
—, Berechnung auf der Kugel . . . 70
— auf Karten . . 253
Entgasung der Erdrinde 316
Entlehnung kultureller Besitztümer . 791
Entwässerungsgebiet 454
Enzyklopädien, geographische . . . 6
Eocän 359
Eolithen 758
Ephemeriden . . . 45
— -Meridiane . . 68
Epigenetische Täler 426
Epilophische Meeresbodenbedeckung 516 Anm.
Epiphyten . . 703 Anm.
Epizentrum(Erdbeben) 311
Erdachse, Grösse . . 119
— Stellung zur Ekliptik 169
Erdaequator . . . 65
— Grösse des . . 119
Erdbahn 158
— Grösse der 160. 163
— Lage der . . . 167
Erdbeben . . 307. 309
Erdbebenbrücken . 311
Erdbebenfluten . . 312
Erdbebenkunde . . 311
Erdbeschreibung 28 Anm.
Erde, Eigenwärme . 135
— Entfernung v. d. Sonne 163
— Gestalt . . . 101 ff.
Erdferne(Apogaeum) 182

Seite

Erdgrad . . . 105. 106
Erde, Grösse . . . 119
— innerer Zustand 135
— Rotationsdauer . 156
Erdkern 139
Erdkörper 101
Erdkugel . 101. 103. 120
Erdkunde . . 27 Anm.
— allgemeine . 20. 36
— physische . . . 27
— spezielle . . 20. 36
Erdmagnetismus,Elemente des . . . 142
— Literatur . . . 141
Erdmessung . . . 103
— internationale . 123
Erdnähe (Perigaeum) 182
Erdnuss 738
Erdoberfläche . . 31. 65
— Grösse der . . 119
— empirische . . 267
— mathematische . 71
— physische . 260. 270
— topographische . 260
Erdpole 65
Erdprofil 119
Erdpyramiden . . . 324
Erdquadrant . . . 115
Erdradius, mittlerer 120
Erdräume 281
Erdrinde . . 138. 141
— Massenerhebungen der 277
Erdrotation 153
Erdscheibe 101
Erdsphäroid, Dimensionen des . . . 118
Erdteile . . . . 283 ff.
Erdumfang . . 105. 119
Erdumlauf 158
Erdumschwung . . 153
Erdvolumen . . . 119
Erdwissenschaft 27 Anm.
Erebus, Vulkan 382. 411
Erhebungsrichtungen 406
Erhebungsstufen der Erdrinde 279
Erie-See 443
Erlangen 879
Eroberungskolonie . 841
Eros, Planet . . . 174
Erosion 332
Erosionsgebirge 385. 394
Erosionstäler . . . 418
Erosionsterminante . 462
Ersatzströme im Meer 551
Erschütterungsgebiete 309
Eruptionszentrum . 410
Eruptivgesteine . . 297
Erythräisches Meer . 271

Seite

Erzgebirge . . 409. 901
Eskerrücken . . . 392
Esel 746. 913
Eskimos 775
Est . . . 49 Anm. 610
Etesienklima . 648 Anm.
Ethnograph. Methode 791
Ethnologie, Literatur 752
Ethnologische Gruppen 767
Etmal 52
Etsch 453
Etschtal 420
Euboea 408
Euganei, Monti . . 402
Euphrat 458
Eurasien . . 284. 289. 291
Euras. Faltengürtel . 363
Eurasisches Flachland 362
Eurasischer Scheitel 363
Euripus 492. 540
Europa 284. 289. 291. 763
— Volksdichte . . 896
Europäisches Nordmeer 514
Europäisierung der Erde 801
Evangel. Kirche . . 859
Evorsion 333
Evorsionsseen . . . 450
Exogene Kräfte . . 322
Exzentrizität d. Erdbahn 159
Exzentrizität der Meridianellipse . . . 116
Exzess, sphärischer . 96
Exzessives Landklima 588
Eyre-See 443

F.

Faden, engl. . . . 505
Fächerförm. Faltung 303
Fæmund-See . . . 446
Färöer 489. 638. 759. 838
Fahrbahn 910
Fahrrad 910
Fahrweg 910
Falaisen 473
Falken (Jagd-) . . 741
Falklandsinseln . . 487
Fallen d. Schichten 300
Fallinie 300
— nordamerikanische 391
Fallversuche . . . 153
Falte 385
Faltengebirge . 385. 395
Faltengürtel, Eurasischer 363
Faltenjura . . 397. 431
Faltenmulden . . . 396

Seite

Faltensättel 396
Faltenschollengebirge 407
Faltenzüge 403
Faltung 302
Faltungstäler . . . 420
Familie 764
Farbe d. Flusswassers 335
Farbe d. Meerwassers 522
Farbenplastik . . . 249
Farbepflanzen . . . 739
Fastebenen 390
Fastinsel 287
Fauna 681
Faustzeichnung 429 Anm.
Feder-Barometer . . 597
Federwolken . . . 627
Feige 731
Feldeis 528
Feldermethode . . 510
Feldmesskunst . . . 45
Felsbecken 449
Felsboden . . 348. 367
Felsengebirge . 366. 383
Felsküste 472
Fennoskandia . 321. 362
Fenster im Gebirgsbau 401
Ferdinandea . . . 488
Fernando Poo. 411. 488
Fernverkehr . . . 871
Ferrels Schwankungstheorie (Gezeiten) 544
Ferro, Meridian von 68
Festland 296
Festländer 284
Festlandslage . . . 377
Fetischismus . . . 850
Fettpflanzen . . . 674
Feuchtigkeit d. Luft 624
Feuerland . . 485. 643
Fieberrindenbaum . 735
Federförmiger Gebirgskamm . . . 429
Fidschi Inseln . . . 487
Filze 716
Finland . 286. 362. 812
Finsteraarhornmassiv 838
428 Anm.
Finsternisse 184
Firnboden 367
Firnfelder 341
Firnflecken 640
Firngrenze s. Schneegrenze 640
First 433
Firth of Lorne . . 472
Fjärde 471
Fjorde 470
Fjordinseln 484
Fjordstrasse . . . 494
Fjordtäler . . 421. 471

Seite

Fiumaren 330
Flachböden . . 373. 389
Flachbucht 470
Flachküste 346. 464. 478
Flachland, Eurasisches 362
— osteuropäisches . 362
— marines . . . 387
Flachlandstäler . . 419
Flachmuldenflüsse . 457
Flachmuldental . . 419
Flachlauf der Flüsse 462
Flachs 738
Flachsee . . 278. 507. 690
Flachseebildungen . 298
Flachseeinseln . . . 484
Flachseezone, biogeographische . . . 688
Flachtäler 416
Flächenabspülung . 324
Flächenberieselung . 787
Flächenkolorit . . . 249
Flächenmassstab . . 207
Flächenmessung . . 256
Flächennamen . . . 243
Flächenständige Bevölkerung . 875 Anm.
Flächentreue Karten 201
Flämische Hufe . . 870
Flamsteed's Projektion 220
Flaschenposten . . 546
Flechtentundren . . 715
Flektierende Sprachen 771
Flexur 303
Flexur-Gebirge . . 398
Fliehkraft . . 111. 154
Flöz 299
Flora 681
Florenreiche des Festlandes 693
Florida-Strasse 492. 494
Florida-Strom . 546. 554
Flügel (morpholog.) 303
Flüsse . . . . 450 ff.
Flugsand 368
Flurkarte 868
Flussalluvionen . . 475
Flussanschwemmungen . . 339. 475
Flussbarre 352
Flusserosion . 329. 332
Flussgabelung . . . 453
Flussgebiete 452. 453. 454
Flussgefäll 329
Flusshäfen 479
Flusslängen . 452. 461
Flussmündungen . . 350
Flussmündungshäfen 479
Flusspaare 458
Flussrinnen, unterseeische 507

Seite

Flusssedimente . . 335
Flussseen . . 338. 441
Flusstäler, unterird. 334
Flussvermischung . 453
Flusswasser, Farbe . 335
Flut 189. 510
Fluterzeugende Kraft 190
Fluthäfen 479
Flutmesser 541
Flutwechsel . . . 348
Fluvialregion, biogeographische . . . 688
Flysch 359
Föderativ-Republiken 802
Föhn 615
Föhrden . . . 472. 480
Folgeflüsse . . 451 Anm.
Formosa 482
Formationsgrenzen d. Vegetation . . . 705
Formenplastik . . . 245
Formlinien 249
Foucaults Pendelversuch 156
S. Francisco . 473. 480
Frankenhöhe . . . 393
Frankfurt a. M. 873. 881
Frankfurt a. O. . . 873
Frankreich 286. 810. 878. 922
Franz-Joseph-Land 274 [487
Französ. Hochland . 382
Französisches Kolonialreich 847
Freistaat 802
Fretum 492
Friesische Inseln . . 484
Fronwirtschaft . . 798
Frühling, astronom. 168
Frühlingspunkt . . 61
Fukien-Strasse . . 493
Fumarolen 315
Fundy Bay . . 348. 495
Furche 332
— am Meeresboden 506
Furchenberieselung . 787
Furchenpass . . . 430
Furten 907
Fuss, Altgriechischer 1019
— Altrömischer . 1019
— Englischer . 51. 1019
— Pariser 1019
— Preussischer . . 1019
Fussgänger 910
Fussmasse 1019
Fusspfade 909
Fusspunkte der Passlinien 431
Fussverkehr . . . 909

Seite

G.

Gabelung v. Flüssen 453
Gänge 297
Galápagos Inseln . . 759
Galeriewälder . . . 714
Ganges 271. 332 Anm. 336 454 ff.
Ganggestein . . . 297
Garda See 446
Gartenbau 787
Garúas 627
Gaue 834
Gault 359
Gaussberg . . 274. 411
Gausssche Einheit 144 Anm.
Gautama 853
Gebietsgliederung . 830
Gebirge . . 373. 384 ff.
— tektonische . . 384
Gebirgsbahnen . . 919
Gebirgsbasis . . . 451
Gebirgsbau 304
Gebirgsblock . . . 437
Gebirgseinteilung . 427
Gebirgsfuss 374
Gebirgsfussebene . . 390
Gebirgsflüsse . . . 462
Gebirgsgrenze . . . 427
Gebirgsgürtel . . . 295
Gebirgskamm . 374. 428
Gebirgsklamme 333. 415
Gebirgsknoten . . . 375
Gebirgspanoramen . 244
Gebirgsrücken . . . 378
Gebirgssaum . . . 427
Gebirgsseen . . . 445
Gebirgstäler . . . 415
Gefällskurve d. Flüsse 338
Gefässkryptogamen . 684
Gefrierpunkt d. Salzwassers 524
Gegenflüsse . . 451 Anm.
Gegenfüssler . . . 758
Gegenströmungen . 552
Gegenwohner . . . 758
Gehänge 374
Gehängeflüsse . . . 456
Gehängegletscher . 342
Gehängeneigung . . 438
Gehängetäler . . . 419
Gehängewinkel . . 438
Gekriech . . 326 Anm.
Gelände 239
Geländeformen . . 371
Geländezeichnung 239. 243
Gelber Fluss . 336. 340
Gelbes Meer . 340. 522
Gelsenkirchen . . . 879
Gemässigter Gürtel . 586
Gemarkungen . . . 833

Seite

Gemeinden . . 832. 865
General coast line 468 Anm.
Generalhandel . . . 943
Generalisieren d. Situation 242
Generalkarten . . 11. 241
Genf 815
Genfer See 540
Genossenschaften . . 764
Genua 939
Genussmittel . . . 732
Geodäsie . . 30. 43. 44
Geodätische Linie . 118
Geographie, Begriff . 26
— Methodik . . . 17
— Name 17
— allgemeine 20. 36. 40
— alte 20
— astronomische . 21
— biologische 29. 32. 659
— bürgerliche . . 22
— historische 21. 27. 33
— mathemat. 21. 28. 43
— natürliche . . 22
— neue 20
— physische . . . 27
— physikal. 28. 32. 264
— politische 21. 34. 800
— spezielle . . 20. 36
Géographie générale . 36
— régionale . . . 36
Geographische Gesellschaften . . . 5
Geograph. Horizont 270
Geograph. Karten . 241
Geoid . . . 101. 126
Geoisothermflächen . 137
Geologische Karten . 360
Geonomie . . 29 Anm.
St. Georgs Kanal 492. 494
Geosynklinalen . . 308
Geotektonik . . . 269
Geothermometer . . 136
Geophysik . 28. 30. 128
Geozentrische Breite 116
Gepard 741
Geradläufige Richtung 69
Geradlinige Entfernung 50
Geröll 296
Geröllwüsten . . . 368
Gerste . . . 727. 729
Gesamtwasserscheide 413
Geschiebe 298
Geschiebetransport . 336
Geschwindigkeit . . 110
Geschwisterströme 458 Anm.
Gesellschaften, geographische . . . 5
Gesellschaftsinseln . 489

Seite

Gespinstpflanzen . . 738
Gestadegürtel . 282. 466
Gestadetypus . . . 466
Gestaltslehre . . . 31
Gesteinsbildung . . 296
Gesteinslagerung . . 299
Gesteinsmagnetismus 142
Getreidearten . . . 725
Getreideexportländer 945
Getreidegrenze 717. 724
Getreidekammern . 945
Gewicht, spezifisches
— der Erde . . . 133
— des Meerwassers 519
— der Luft . . . 561
— der Planeten . 177
Gewitter 628
— magnetische . . 145
Gewölbe (Sättel) . . 303
Gewürzinseln . . . 488
Gewürznelkenbaum . 737
Gewürzpflanzen . . 735
Geysir 313
Gezeiten . . . 189. 540
— körperliche . . 309
Gezeiten-Strömungen 348. 545
Gezeiten-Uferlinie 468 Anm.
Ghor 419
Gibraltar 843
Gibraltar-Strasse 403. 492 [533
Gipfel 376
Gironde 352
Gissung 52
Glasgow 903
Glatteis 626
Gleicher 59. 65
Gleichförmige Faltengebirge . . 396 Anm.
Gleichförm. Lagerung 301
Gleichgewichtsflächen 390
Gleichgewichtstheorie (Ebbe u. Flut) . 540
Gletscher . . 341. 643
Gletscher-Erosion . 343
Gletscherlawine 342 Anm.
Gletscherschliffe . . 343
Gletscherschwankungen . . 343. 653
Gletschertor . . . 342
Gletschertöpfe . . . 333
Gletscherwirkungen . 341
Gliederung d. Gebirge 426
— kontinentale 285. 288
Gliederung d. Menschengeschlechts 764 ff. 782 ff.
— der Staatsgebiete 831
— der Ozeane . . 291

Seite

Glimmerschiefer . . 356
Globigerinen-Schlamm . . . 516
Globularprojektion . 237
Globus 66. 201
Gneis 356
Gnomon 74. 83
Gnomonische Projektion 231
Gobi-Wüste . 363. 448
Goldfelder 951
Goldseifen 951
Golf von Campêche . 292
— von Aden . . . 292
— von Arica . . 291
— Guinea 291
— Honduras . . . 292
— Kalifornien 293. 515 [522
— du Lion . . . 349
— Sansibar . . . 291
— Südaustralischer 291
— von Viszaya 292. 349
Görlitzer Zeit . 89 Anm.
Göta Elf 459
Göttingen 582. 598. 879
Göttinger Senke . . 419
Golfküsten 468
Golfstrom 554
Golfstromtrift . . . 555
St. Gotthardpass . . 431
Gotthardtunel 138. 919
Gouvernements . . 834
Grabentäler . . . 419
Grabenversenkung . 302
Gräben im Meeresboden 506
Grad im Meridian . 116
Gradabteilungskarten 237
Gradfeld . . . 67. 121
Gradient des Luftdrucks 606
Gradkreuz 211
Gradmessungen 103. 113 [122
Gradnetz . . . 66. 211
Gradnetzkarte . . . 205
Gradstock 75
Gradtrapez 67
Grafschaften . . . 834
Gran Sasso 402
Granit . 297. 351. 356
Granulitgebirge, sächsisches 409
Graphit 356
Grasland . . 704. 712
Grassteppe 712
Grat 429
Grauwacke 356
Gravitationskonstante 112

Seite

Great Circle Sailing Charts . . . 923 Anm.
Greco (Wind) . 49 Anm.
Greenwich, Meridian von 68. 89
Grenzabstand, mittl. 289
Grenzen, natürliche . 827
— politische . . . 825
Grenzentwicklung 289. 830
Grenzfläche . . . 299
Grenzgewässer . . 829
Grenzgliederung . . 830
Grenzgürtel . . . 826
Grenzkommissionen . 826
Grenzkreis (Horizont) 46
Grenzlinie 825
Grenzmarken . 828. 837
Grenzstrassen . . . 494
Grenzstrecken-Entwicklung 831
Grenzwälle 828
Griechenland . 813. 821
Griechisches Inselmeer 511
Griechische Inseln . 485
Grönland 274. 288. 362. 381
Grönlandstrom . . 555
Grössenklassen der Staaten 805
— der Städte . . 879
Grösster Kreis . . 69
Grossbritannien 287. 810 819. 830. 878. 922
Grosse Becken, das . 381
Grosser Ozean 282. 294 509. 510
Grossfamilie . . . 765
Grossformen . 285. 373
Grossmacht . 805. 809
Grossräumig . . . 807
Grossstaaten . . . 809
Grossstädte . . 880. 901
Gründe, unterseeische 506
Grünlandsmoore . . 716
Grundform, kontinentale 285
Grundkarten, bevölkerungsstatistische 891
— historische 833 Anm.
Grundlinie 95
Grundmoräne . . . 342
Grundplan d. Wohnplätze 868
Grundwasser . . . 326
Grundwerte, astronomische 148
Grundzirkulation der Atmosphäre . . . 616
Grunzochse 744
Gruppengebirge . . 376
Gruppensiedelung . 863

Seite

Guadalquivir . 455. 460
Guatemala 812
Guayana 368
Guayana-Massiv . . 365
Gudbrandsdalen 430. 452
Guinea, Golf v. . . 291
Guinea-Inseln . . 488
Guinea-Strom . . 553
Gutta-Percha . . . 738
Gymnospermen 684 Anm.
Gyps 323

H.

Haarwuchs 769
Haase, Bifurkation . 453
Hackbau 786
Hackbauer 789
Hadschi 856
Händler 937
Härtling 390
Hafenzeit 541
Hafer 727. 729
Haff 349
Haffküste 475
Haffmündung . . . 353
Hagel 628
Hainan, Insel . . . 482
Hainleite 393
Halbinseln 286
Halbkugel, östl., westl. 283
— pazifische . . . 283
Halbkultur 794
Halbkulturvölker . . 782
Halbsekundenpendel 133
Halbwinde 48
Halligen, die . . . 482
Halophyten . . . 715
Hamburg 815. 879. 902
Hamiten 774
Hammers Projektion 236
Hamum Sumpf . . 448
Handbücher d. Geogr. 6. 42
Handatlanten . . 11—13
Handelsflotten . . . 926
Handelskolonien . . 839
Handelsstädte . . . 879
Handelsstatistik . . 942
Handelsvölker . . . 937
Handlot 503
Hanf 738
Hangende, das . . 299
Hankau 902
Hansa 939
Hargita 410
Hartlaubhölzer . . 711
Harz . 405. 409. 430. 718
Haschisch 735
Haufendorf 869
Haufenwolken . . . 627

Seite

Hauptfluss . . 451. 455
Hauptkamm . . . 431
Hauptnivellement . 99
Hauptpunkt (Proj.) . 209
Hauptorientierungslinie 47
Hauptstadt 822
Hauptstrom . . . 451
Hauptwasserscheide der Erde 294
Hauptwinde . . . 48
Haustiere 740
Hauswirtschaft . . 797
Hawaii 314. 481. 489. 759
Hebungen d. Küsten 320
Hebungstheorie der Vulkane 317
Heeresstrassen . . . 915
Heiden . . . 849. 862
Heidn. Religionen . 850
Heimatsbezirke . . 833
Heimreisen d. Schiffe 924
Hela, Halbinsel . . 475
St. Helena . . 488. 843
Hekistothermen 645 Anm.
Herbst, astronom. . 168
Herd, vulkanischer . 315
Hering 749
Herkules, Säulen des 271
Herzförm. Projektion 226
Herzynisches System d. Gebirgsrichtung 406
Hessen 813
Hessisches Bergland 406
Heteromorphe Faltengebirge . . 399 Anm.
Himâlaja 271. 363. 414. 642
Himmelsachse . . . 55
Himmelsaequator . . 61
Himmelsgegenden . 46
Himmelsgewölbe . 53. 63
Himmelskugel . . . 53
Himmelspole . . . 55
Himmelswagen . . 56
Hinduismus . . 852. 862
Hindustan . . 387. 793
Hintergehänge . . 416
Hinterindien . . . 287
Hinterrhein . . . 425
Hirse 728
Hirtenvölker . 790. 795
Hoang-ho . 335. 455. 458
— Schlammführung 336
Hochebene 380
Hochfläche 380
Hochdruckgebiete (Luft) 608
Hochgebirge . . . 381
Hochgestade . . . 338
Hochküsten 465

Seite

Hochland 380
Hochlandsgürtel . . 363
Hochmoore 716
Hochplateau . . . 381
Hochsee, Lebensbezirk 691
Hochseen 445
Hochseewege . . . 923
Hochtäler 380
Hochwasser 189
Hochwasser-Stundenlinien 541
Höhe der Sterne . . 54
Höhe, absolute, relative, negative . . 73
Höhen, korrespondierende 88
Höhengrenzen . . . 717
Höhengürtel der Vegetation 716
Höhenklima . . . 591
Höhenkoten . . . 244
Höhenkreis 77
Höhenkurven . . . 99
Höhenmessung . . 72
— barometrische 100. 594
— trigonometrische 96
Höhenparallaxe . . 80
Höhenprofile . . . 99
Höhenschichtenkarten 248
Höhenstufe 9
— barometrische . 597
— thermische . . 581
Höhenstufe, anthropogeographische . . 900
Höhenwinkel . . . 96
Höhenziffer 244
Höhlen . . . 328. 334
Hohlformen . . . 376
Hölzer 740
Homalographische Projektion . . . 220
Homöomorphe Faltengebirge . 396 Anm.
Homogene Atmosphäre 561
Homogene Vulkane . 317
Homorhachien . 542 Anm.
Homoseisten . . . 311
Honduras, Golf v. . 292
Hongkong 840
Honolulu 478
Hopfen 733
Horizont 46. 53
— geographischer . 270
Horizont, künstlicher 76
— natürlicher . . 78
— scheinbarer . . 65
— wahrer 65
Horizontalen . . 99. 244
Horizontalglas . 54 Anm.

Seite

Horizontalintensität d. Magnetismus . 144
Horizontalkreise . . 228
Horizontalkurven . 99. 244
Horizontalmessungen 50
Horizontalparallaxe . 80
Horizontalpendel . . 309
Horizontalprojektionen 211. 234
Horizontkorrektion bei Höhenmessungen 98
Horoskopium . 231 Anm.
Horst 302. 404
Horstgebirge . . . 404
Hottentotten . . . 776
Hudson Bai 293. 362. 512
Hudson Bai-Gebiet 362. 366
Hudson Strasse 492. 494
Hügel 374
Hügelländer 391
Hülsenfrüchte . . . 732
Hufe, flämische . . 870
Humane Völker . . 795
Humides Klima . . 651
Humusboden . . . 371
Hund 742. 914
Hungaria, Planet 174 Anm.
Huron-See 443
Hurricans 609
Hut (bergmännisch) . 952
Hydrographie . . . 498
Hydroisothermen . . 525
Hydrometer . . . 330
Hygrophyten . . . 672
Hyperboräer . . . 789
Hypsikephalie . . . 768
Hypsographische Kurve 261
— der Erdrinde . 280

I.

Ibadan 867
Igname 730
Illyrische Alpen . . 404
Indifferente Meeresstrassen . . 493 Anm.
Indigo 740
Indikatrix 203
Indische tiergeogr. Region 697
Indischer Kulturkreis 793
Indischer Ozean 283. 294. 509. 510. 527
Ind. Kaiserreich s. Britisch Indien.
Indoatlantische Rasse 773
Indoeuropäer . . . 774
Indogermanen . . . 774
Indus 332, Anm. 455. 459
Industrieländer . . 877
Industriestädte . . . 879
Ingolstadt 879
Ingressionsmeer 292. 511
Ingwer 737
Inhalt der Erdkugel 108
— d. Erdsphäroids 118
Inhaltsbestimmungen von Massenerhebungen 261
Inka Strassen . . . 914
Inklination, magnet. 143
Inkorporierende Sprachen 771
Inlandeis 344
Inn 456
Innenküste 468
Innenmoräne . . . 342
Innenseite v. Faltengebirgen 398
Innsbruck 873
In Salah . . 583 Anm.
Inselberglandschaften 395
Inselguirlanden . . 485
Inselhäfen 478
Inseln. . . . 287. 480
— ozeanische . . 287
Inselstaaten . . . 818
Insolation . . 136. 566
Intensität, magnetische 148
Interessensphäre . . 838
Interkolline Täler . 418
Intermarine Kanäle . 928
Intermontane Täler . 418
Interozeanische Kanäle 928
Inversion d. Temperatur
— i. d. Atmosphäre 580
— in Binnenseen . 535
Ionische Inseln . . 485
Ionisches Meer . . 512
Irminger Meer 556 Anm.
Irische See 293
Irland . . 482. 878. 894
Irrigation 786
Irtisch . . . 454 Anm.
Isanomalen d. Temperatur 590
Ischia, Erdbeben v. . 311
Islâm 856
Island 481. 489. 759. 838.
Isländischer Rücken 513
Isoamplituden der Meerestemperatur . 527
— d. Lufttemperatur 587
Isobaren . . . . 598 ff.
Isobasen 321
Isobathen . . 245. 504
Isochimenen . 587 Anm.
Isochronen 934
Isodynamen . . . 145
Isogonen 145
Isohemeren 934
Isohyeten 633
Isohypsen 245
Isohypsenküsten 463 Anm.
Isoklinale Lage . . 303
Isoklinaltal 417
Isoklinen 145
Isolierende Sprachen 770
Isonephen 628
Isorhachien 542
Isoseisten 311
Isostasie . . . 135. 307
Isotheren . . 587 Anm.
Isothermen d. Meeres 524
— der Luft . . . 582
Isotherme, Schicht d. Atmosphäre . . . 580
Isthmus 286
— v. Korinth . . 929
— v. Krah . . . 929
Italien 810. 847. 878. 922
Itineraraufnahmen . 92
Itinerare 905

J.

Jadebusen 475
Jägervölker . 785. 788
Jagdfalken 741
Jahr, tropisches etc. 186
Jahresberichte, geographische . . . 6
Jahreszeiten 168. 525. 586
Jakobabad . 583 Anm.
Jakobstab 75
Jakutsk . . . 588. 591
Jang-tse-kiang 454. 458
Jap s. Yap. [461
Japan 710. 810. 819. 847
Japaner 781
Japanisches Meer . 512
Japanische Senke . 514
Java . 485. 841. 893. 897
Javanen 775
Java See 512
Jenissei . . . 454 ff. 461
Jenisseisk 588
Jerusalem 272
Jesso 486
Joche 430
Jochkämme . . . 439
Jordantal . . 380. 419
Juden 804
Judentum . . 857. 862
Jugor Strasse . . . 494
Jupiter, Planet 149. 160 [173 ff.
Jupiter Monde . 85. 178

Seite

Juragebirge . . . 397
Jurasystem . . 357. 360
Jute 739
Juvelines Wasser . . 316

K.

Kaaba 856
Kaare s. Kare.
Kabel, unterseeische 956
Kabellänge 52
Kältepole 585
Kälterückfälle . . . 649
Känozoische Zeit . . 358
Kaffee 733
Kaiserkanal Chinas . 917
Kaiserstuhlgebirge . 435
Kaiserwald 423
Kaiser Wilhelm Kanal 928
Kaiser Wilhelm II. Land 274
Kakaobaum . . . 734
Kalahari . . . 381. 448
Kalabrien 402
Kaledonischer Kanal 420
Kalema 538
Kalifornien 952
Kalifornischer Golf 293 511. 522
— Strom 557
Kalk 323
Kalkpflanzen . . . 672
Kalkutta . . 479. 902
Kalmen . . 609. 611. 635
Kalmenregion . . . 639
Kalo 730
Kalter Gürtel . . . 586
Kambrium . . 356. 360
Kamel . . . 745. 911
Kamelstunde . . . 52
Kamerunberg . . . 382
Kameshügel . . . 392
Kamilehre 855
Kamm s. Gebirgskamm.
Kammberg 378
Kammerschleusen . 917
Kammgebirge . . . 375
Kammhöhe 434
Kammlinie . . 374. 429
Kammprofil . . . 433
Kammscheitel . . . 433
Kammscheitellinie 429. 433
Kammwasserscheide . 413
Kamtschadalen . . 790
Kamtschatka . 286. 468
Kanada . . . 812. 818
Kanadisch. Schild 362 Anm.
Kanadische Seen 449. 829
Kanal, der 292
Kanalinseln 484

Seite

Kanalküste 473
Kanalmeer 292
Kanaltheorie v. Ebbe und Flut 542
Kanäle . . . 470. 928
Kanarien 272. 487. 638 759. 838
Kanarien-Strom . 553 ff.
Kanton . . . 636. 902
Kap Cod 474
Kapmulde 513
Kapgebirge 365
Kap Hoorn . . 282 Anm.
Kapland 637
Kapstadt . . 478 638
Kapverden . . 487. 759
Kara Bugas . . . 449
Kara See 293
Karakorum-Geb. 383. 718
Karawanenverkehr . 912
Karbon . . . 356. 360
Kare . . . 344. 416. 445
Kardamumstrauch . 737
Kardamum-Gebirge 382
Kardinalpunkte des Horizonts . . . 47
Kariben See . . . 511
Karolinen 488
Karpaten . . 383. 398
Karratschi 479
Karreeberge . . . 395
Karrenbildung . . . 324
Karseen 445
Karstseen 444
Karten 8
— nautische, mittelalterliche . . . 8. 30
Kartenentwurf . . . 195
—, Geschichte des . 198
Karteninhalt . . . 239
Kartenlesen . . . 252
Kartenmassstab . . 203
Kartenmesser . . . 206
Kartenmessung . . 252
Kartenprojektionen . 209
Kartenprojektionslehre 195
Kartenzeichnung . . 239
Kartoffel 729
Kartogramm . . . 888
Kartographie . . . 9. 30
Kartometer . . 206. 255
Kartometrie . . 30. 252
Karwân 912
Kaskaden Gebirge . 643
Kaspisches Meer 379. 443. 447. 449
Kassiabaum . . . 737
Kastanie 731
Kastilische Hochebenen 381

Seite

Kastilisches Scheidegebirge 382
Katarakten 333
Katavothren . . . 444
Katholische Kirche . 858
Katlamba-Gebirge . 382
Kattegat 292
Kaukasien 812
Kaukasische Rasse . 773
Kaukasus . . 383. 642
Kautschuk 738
Kegelberg 378
Kegelprojektionen 199. 212 [222 ff.
— unechte . 212. 225
Keilscholle 404
Kenia 382
Kentern d. Flutstroms 353. [545
Keplersche Gesetze . 165
Kerbtäler 415
Kerguelen-Inseln 489. 707
Kermadec-Graben 504 514
Kerngebiet d. Staates 822
Kernzone v. Faltengebirgen 399
Kertsch, Strasse von 492
Kessel (Relief des Meeresbodens) . . 506
Kesselbruch . . . 302
Kettengebirge . . . 375
Kettenjura 397
Keuper . . . 357. 360
Kiautschou 840
Kiefer 710
Kiel 480
Kieselpflanzen . . . 672
Kieselwüste 368
Kilima-Ndscharo 382. 409. [642
Kilometer 51
Kimm 78
Kimmtiefe . 79. 79 Anm.
Kjökkenmöddinger . 758
Kirchspiele 833
Kirgisensteppe . . 713
Kiushiu 485
Kiwis 483
Klamm 414
Klar Elf 459
Klastische Gesteine . 298
Kleinasien 286. 381. 466
Kleinformen 285. 373. 703
Kleinräumige Staaten 810
Kleinsiedelungen 863. 867
Kleinstädte 880
Kleinstaaten . . . 813
Kleinverkehr . . . 908
Kliff 347
Kliffküste . . 465. 473

Seite

Klima . . . 565. 644 ff.
— mathemat. 80. 566. 585
— physisches . 566. 585
— solares 566
Klimaänderung . . 653
Klimagürtel . . . 644
Klimaschwankungen . 653
Klimatik . . 650 Anm.
Klimatische Varietäten der Menschen . 779
Klimatologie . . 32. 560
Kliutschewskaja Sopka 409
Klondike, Goldfelder 953
Knollenfrüchte . . 729
Knoten (Nautik) . . 53
Knotenlinie . . 150. 183
Köln 873. 881
Königstrassen . . . 914
Körnerfrüchte . . . 725
Körpergewicht . . . 769
Körpergrösse . . . 769
Körpermerkmale . . 767
Kohlenbecken . . . 948
Kohlenreviere . 949 Anm.
Kohlenproduktion . 950
Kohlensandstein . . 356
Kohlensäuregehalt d. Luft . . 565. 657. 667
Kohlenstationen 843. 928
Koka, Kokain . . . 735
Kokospalme . . . 731
Kolanuss 735
Kolke (Seen, Teiche) 450
Kolombo 478
Kolonialbesitz . . . 836
Kolonialreiche . . . 806
Kolonie 837
Kolonisation, innere . 837
Kolorado, Fluss . . 419
Kolorado-Plateau 375. 381 395. 407
Kolumbia-Ebene . 389
— Plateau . . . 315
Koluren . . . 62 Anm.
Komantschen . . . 797
Kombinationstiden . 543
Kometen 178
Komoren . . 411. 488
Kompass . . . 48. 142
— bergmännischer . 300
Kompasskarten 212 Anm.
Kompasspeilung . . 92
Kompassrose . . 48. 198
Kompassstrich . . . 48
Kompensations-Ströme im Meere 551
Komplexion . . . 769
Konforme Karten . 202
Konfuzius 854

Seite

Konglomerate . . . 298
Kongo 332. 340. 454. 457. 461
Kongogebiet . . . 916
Kong-tse (Konfuzius) 854
Konjunktion der Gestirne 86. 183
Konkordante, Küste 465 Anm.
— Lagerung . . . 301
Konsequente Flüsse . 451
Konstante, barometr. 595
Konstantinopel . . 903
— Strasse v. . . . 495
Konstitutionelle Monarchie 802
Kontinent 284
Kontinentalabhang 280. 507
Kontinentalblock . . 278
Kontinentaldünen . 392
Kontinentalgestade . 465
Kontinentalinseln 287. 480 [483
Kontinentalität . . 377
Kontinentalklima . . 647
Kontinentalküsten 463. 470
Kontinentalstaaten . 807
Kontinentaltafel . . 280
Kontraktionstheorie . 305
Konvektionsströmungen 604
Konventionelle Projektionen 209
Koordinaten,
— azimutale . . . 229
— geographische . 66
— rechtw.-sphär. 55. 61
Kopais-See . . . 444
Kopalharz 738
Kopieren 241
Kopra 732
Korallenfels . . . 296
Koralleninseln . 481. 489
Korallenriffe . . . 476
Korallensand . 370. 388
Korallenschlamm . . 515
Korallensee . . . 512
Korân 856
Korea . . . 286. 813
Korea, Strasse v. 492. 493
Korinth, Landenge . 929
Korinthen 733
Kornkammern . . 945
Korona der Sonne . 179
Korrasion 333
Korrespond. Höhen . 88
Korsika . 486. 821. 838
Kosinussatz 71
Kosmographie . . . 19
Kosmopoliten . . . 683
Kosmos 20

Seite

Kraft, beschleunigende d. Erdrotation 158
— fluterzeugende . 190
Kraftwagen . . . 910
Krah, Isthmus v. . 929
Krakatoa-Ausbruch 312. 314. 482. 676
Kraniometrie . . . 768
Kraterhäfen . . . 480
Kraterinseln . . . 488
Kraterseen 444
Kraushaarig . . . 769
Krautmatten . . . 712
Krautsteppe . . . 713
Krebs, Sternbild . . 59
Kreide . . . 357. 360
Kreidezeit . . 358. 359
Kreise, polit. Bezirke 833
— Zeichnung grosser 223
Kreislauf der Luft . 616
Kreisnetze 237
Kreta 485
Krim 287
Krischna 852
Kristiania 480. 575. 588
Kronländer 835
Krümmungsradius . 116
— mittlerer . . . 120
Kryptodepressionen . 380
Kryptogamen . . . 684
Krystallin. Schiefer . 356
Kschatrijas 853
Küsten 463
Küstenaufnahmen . 94
Küstenentwicklung 289. 468
Küstenflüsse . . . 451
Küstengliederung . 466
Küsteninseln . 287. 483
Küstenkarten . . . 465
Küstenkartenniveau . 502
Küstenlänge . . . 290
Küstenlinie 463
Küstenlinien d. Erde . 275
Küstennebel . . . 627
Küstenschiffahrt . . 922
Küstenstrassen . . 494
Küstentypen . . 464 ff.
Küstenvermessungen 94
Küstenversetzung . 347
Küstenwasserweg . . 470
Kugel, Berechnungsformeln 107
Kugelgestalt der Erde 101. 107
Kugelmassstab . . 205
Kugelzonen . . 66. 108
Kukunor 718
Kulm 356. 360
Kulmination von Gestirnen 55. 84. 88 Anm.

Seite

Kulminationsgebiet der Erdrinde . . 280
Kulminationspunkt von Gebirgen . . 381
Kultivation 841
Kultivationsgebiete . 841
Kulturboden, Ausdehnung des . . 723
Kulturgeographie 29. 33
Kulturherde . . . 792
Kulturkreise . . . 792
Kulturland . . 705. 723
Kulturmittelpunkte . 792
Kulturpflanzen . . 720
Kulturstufen der Menschheit . . . 782
Kulturvölker . . . 782
Kumys 746
Kunststrassen . 910. 914
Kuppe (Berg) . . . 378
Kuppen (Meeresboden) 506
Kuppengebirge . . 410
Kurilen 488
Kurische Nehrung . 354
Kuro-Shiwo . . . 556
Kurs (nautischer) 50 Anm.
— loxodromischer . 215
Kursdreieck . . . 93
Kurve, hypsograph. . 261
— der Erde . . . 280
Kurven, magnet. . . 145
Kurvimeter 255
Kurzköpfe 768
Kusaie 488
Kykladen . . 411. 485

L.

Labrador . . 273. 286
Labradorbecken . . 513
Labrador Meer . . 292
Labradorstrom . . 556
Ládoga See . 443. 449
Länderkunde . . . 36
Länge, geograph. 66. 84
— des Perihels . . 169
— der Sterne . . 151
Längenbestimmung . 84
Längengrad . . 67. 117
Längengradmessung 67
Längenmessung auf Karten 253
Längentreue auf Karten 201
Längenunifikation . 68
Längsflüsse 459
Längshorst 407
Längsinseln . . . 485
Längsküsten . . . 465
Längsscholle . . . 407
Längsstrassen . . . 493
Längsströme . . . 459
Längster Tag . . . 170
Längstäler . . 415. 420
Lärchenwälder . . 710
Läufer 909
Lage, geogr, polit. . 816
Lagemessungen 50. 72. 91
Lagenplan 239
Lagerpflanzen . . . 684
Lagerung, diskordante 301
— dislozierte . . 301
— gestörte . . . 301
— gleichförmige . 301
— isostatische . . 135
— konkordante . . 301
— saigere 300
— söhlige 300
Lagerung, ungleichförmige 300
Lago maggiore . . 443
Lagune 490
Lagunenhafen . . . 479
Lagunen inseln . . . 490
Lagunenküste . . . 475
Lahontan-See 443. 448
Lakkolithen . . . 297
Lama 745. 912
Lamaismus 854
Lamberts Kegelprojektionen 225
Landblock 277
Landenge v. Korinth 929
Landengen 286
Landesvermessung . 95
Landfläche der Erde 275
Landformenküsten 463 Anm.
Landhalbkugel . . 276
Landklima . . 586. 649
Landkompass . . . 50
Landmasse 282
Landschaften . 373. 834
Landschwelle . 374. 392
Landsenken . . . 376
Landstädte . . 798. 879
Landstaffeln . . . 364
Landstufen 374. 392. 404
Landtiergruppen, geogr. Verbreitung 695
Landwege 914
Landwind 614
Landlose Völker . . 804
Langen See . . . 443
Langköpfe 768
Lao-tse 854
La Pérouse Strasse . 494
Lapilli 314
Laplata . . 278. 353. 454
Laplata Gebiet 387. 648
Lastenverkehr . . . 904
Lasttiere 909
Laterit 368
Laubwälder . 710. 719
Lava 315
Lavadecken 389
Lavierung 247
Lebensbedingungen der Pflanzen . . 671
Lebensbezirke . 671. 687
— marine 690
Leeseite 552
Legua, spanische . . 1019
Lehm 368
Lein 738
Leipzig . . . 865. 879
Leitha 827
Leithagebirge . . . 407
Leitlinien des Oberflächenbaues . . 361
— der Faltengebirge 403
Lena 454. 456
Leuchtkugeln . . . 178
Levante 47. 49
Levante Meer . . . 511
Levante, Wind 49 Anm.
Lias 358. 360
Libanon 382
Libeccio . . . 49 Anm.
Libelle 53
Lichtbedürfnis der Pflanzen 672
Liechtenstein, Fürstentum 814
Liegende, das . . . 299
Likatal 416
Limane 475
Limanhäfen . . . 479
Limanküste 475
Limbus 75
Limes, römisch-rätischer 829
Limnologie . . 438 Anm.
Linden b. Hannover 879
Linienmesser . . . 255
Lissabon, Erdbeben v. 312
Litorinameer . . . 322
Littoralzone . 688. 690
Liverpool . . 480. 903
Llanos 714
Lockmittel d. Völkerverkehrs 937
Löss . . . 297. 355. 369
Lofoten 484
Log (Logge) . . . 52
Loire 458
Lombok-Strasse . . 494
London 577. 881. 883. 902
Lop-nor 448
Lord Howe Insel . 483

Seite

St. Lorenz, Golf 293. 512
— Fluss . . 454. 459
Lotabweichungen 125. 130
Lotapparate . . . 503
Lotlinie 53
St. Louis, Senegamb. 636
Loxodrome 70
Loxodromische Karten . . . . 215 Anm.
Loxodromischer Kurs 923
Lübeck . . 815. 879. 881
Lückenpass 430
Luft s. Atmosphäre.
Luftdruck . . . 593 ff.
Luftdruckmaximum . 604
Luftdruckminimum . 604
Luftsattel 304
Lufttemperatur . 574 ff.
Luisiaden Archipel . 485
Lunarien 185
Lunarpraezession . . 188
Luvseite 552
Luxemburg 803
Lyttelton 480

M.

Maare . . . 318. 444
Macchie 714
Mackencie-Fluss 454. 459
Mc Kinley, Mount . 383
Madagaskar 288. 365. 382. 411. 486. 700
Madeira, Fluss . . 461
—, Insel 272. 759. 838
Madras . . . 478. 575
Maeander 338
Mächtigkeit d. Schichten 299
Mael-Strom . . . 545
Maëstro-Wind 49 Anm.
Magalhães-Strasse . 273 492. 494
Magdalenenstrom . 458
Magdeburg 873
Magma 139
Magnetische Kurven 145
Magnetische Meridiankurven . . . 145
Magnetisches Moment 144
Magnet. Variation . 144
Magyaren 773
Mahagoni 740
Maine, Küste . . . 471
Maira . . . 423 Anm.
Mais 726. 729
Makao 840
Makroseismische Erdbeben 310
Malakka . . . 286. 840

Seite

Malakka-Strasse 492. 493
Malayisches Flachmeer 512
Malayo-polynesische Rasse 775
Malm 358. 360
Maloja Pass . 423 Anm.
Malta 638. 821
Malwa, Plateau v. . 389
Manchester 903
Manchester-Kanal . 918
Mandiok 729
Mangarewa 489
Mangrovewälder . . 712
Manila . . . 587. 636
Manilahanf 739
Manioka 729
Manytsch 452
Maori 790
Maquis . . . 714 Anm.
Mar del Norte . . 508
— del Sur . . . 508
Marañon 461
Mare internum . . 271
Mareograph . . . 541
Marianen 488
Marianengraben 504. 514
Marine Küsten . . 463
Mariner Typus der Niederschläge . . 639
Marines Flachland . 387
San Marino . . . 814
Mariottesches Gesetz 594
Marken . . . 826. 832
Markt 798
Marktflecken . . . 803
Marokko 847
Marquesas-Inseln . . 489
Mars Planet 149. 160. 173 ff.
Marschen 712
Marschendorf . . . 870
Marschzeit 52
Marsupialier . . . 696
Maryland 820
Mascaret 545
Maskarenen 411. 488. 759 [841
Maskarenen-Schwelle 513
Mass der Zeit . . . 57
Massaua . . . 583 Anm.
Masse der Erde . . 133
Massendefekte in der Erdrinde 134
Massenerhebungen d. Erdrinde 277
Massengebirge . . 375
Massengesteine . . 297
Massentransporte . . 908
Massenverkehr . . 908
Massive 375

Seite

Massstab im Aequator 207
— f. wachs. Breiten 218
Mate 734
Mathematische Erdoberfläche . . . 71
Mathematische Geographie . . . 21. 29
Mathemat. Klimate 80 585
Matotschkin Scharr . 494
Mattentundren . . 715
Mauer-See 450
Maultier . . . 746. 913
Maulwurfshügel . . 243
Maunakea 382
Maximum des Luftdrucks 604
Maximumthermometer 136
Meerbusen 291
Meereis 528
Meerenge . . 292. 492
Meeresboden, Bedeckung 515
—, Gestalt des . . 505
Meeresbucht . . . 291
Meeresfläche . . . 275
Meereskunde . . . 32
Meeresniveau . . . 501
Meerespforten . . . 493
Meeresraum . . . 278
Meeresräume . . . 500
Meeressalze 517
Meeresstrassen . . 492
Meeresströmungen 546 ff.
Meerestore 493
Meerestiefen . . . 504
Meereswellen . . . 535
Meereszirkulation . 532
Meerferne, mittlere . 289
Meerwasser, Farbe . 522
— Menge 278
— spezif. Gewicht . 519
— Temperatur 523. 531
— Zusammensetzung 517
Megathermen . 615 Anm.
Meile, römische . . 52
— deutsche . . 52. 122
— englische . . . 122
— italienische . . 51
— geographische . 122
Meilenmassstab . . 203
Meissen 872
Meissner 406
Melanesien 777
Memelniederung . . 351
Menschengeschlecht . 756
— Alter desselben . 756
— Verteilung über die Erde . . . 895
— Zahl desselben . 760

Seite

Menschenrassen 766. 772
Mercatorprojektion . 214
Mer de glace . . . 644
Mergel 358
Meridian 54
— von Ferro . . 69
— von Paris . . . 69
— magnetischer . 143
Meridianbogen . . 117
Meridianellipse . . 119
Meridiangrad . . . 119
Meridiankreis . . . 54
Meridiankreise des Himmels 62
Meridiankrümmungsradius 116
Meridiankurven, magnetische 146
Meridianlinie . . . 47
Meridianprojektionen 233 Anm.
Meridianquadrant 117. 119
Meridianstreifen 67. 108
Meridies 47
Meridionalteile . . 217
Merkantilsystem . . 799
Merkur, Planet 149. 160 173 ff.
Meroë 271
Mesas 395
Mesokephalie . . . 768
Mesopotamien . . . 793
Mesothermen . 645 Anm.
Mesozoische Zeit . . 357
Messina, Strasse 492. 495
Messketten 51
Metamorph. Gesteine 296
Meteorologie . . . 559
— maritime . . . 498
Meter 51
Metermass 115
Meterstab 51
Methodik d. Geograph.
— ihre Geschichte . 3
— als Wissenschaft 17
Methodik des Unterrichts, Literatur . 15
Metrologie 51
Metz 879
Mexiko 286. 368. 381. 593. 636. 793. 812. 900
— Golf von . . . 511
— Hochland v. . . 381
Mezzodi 47
Michigan-See . . . 443
Migrationstheorie 692 Anm.
Mikroseismometrie 309 Anm.
Mikrothermen . 645 Anm.
Milch 743

Seite

Militärgrenzen . . 829
Milliare 52
Millionenstädte . . 902
Mindanao 486
Mineralwässer . . . 328
Minimum des Luftdrucks 604
Miocän 359
Mjösen-See . . . 446
Mischkulturen . . . 795
Mischlinge 780
Missfärbung d. Meeres 522
Mission 859
Missionare 850
Mississippi 330. 340. 387 419. 454 ff.
— Tafelland . . . 389
Missweisung, magnet. 143
Mistral 615
Mittabstandstreue Projektion . . . 230
Mittag 46
Mittagshöhe . . . 75
Mittagskreis . . . 54
Mittagslinie . . 47. 75
Mittagsverbesserung 88
Mittagszeit 75
Mittelamerika . . . 365
Mitteleuropäische Zeit 89
Mittelgebirge . . . 381
Mittelländische Rasse 773
Mittelländ. Meer 272. 533
Mittelmeere 284. 293. 294 [533
Mittelmeergebiet . . 708
Mittelmoräne . . . 342
Mittelpunktsgrosskreise 228
Mittelpunktsmassstab 207
Mittelstädte . . . 880
Mittelstaaten . 805. 811
Mittelwasser . . . 501
Mitternacht 46
Moas 483
Mobile Bai 475
Moçambique-Strom 546. 557
Mohammedanismus 855 — 862
Mohrenhirse . . . 728
Mokka 733
Molukken 485
Molukken-Seen . . 512
Mollweidesche Projektion 220
Moment, magnetisches 144
Monaco 814
Monadnocks . . . 390
Monarchie 801
Monat, siderischer . 182

Seite

Monat, synodischer . 184
Mond . . . . 149. 181 ff.
Mondbahn 182
Monde der Planeten 178
Mondfinsternis . 84. 185
Mondhöhen . . . 87
Mondparallaxe . . 183
Mondphasen . . . 183
Mondtafeln 87
Mongolische Rasse . 774
Mongol. Weltreich . 807
Monogenetische Faltengebirge . 396 Anm.
Monogene Vulkane . 318
Monoklinaltal . . . 417
Monoklinale Lage . 303
Monokotyle Pflanzen 684
Monotheistische Religionen . . . 849. 862
Monotremen . . . 696
Monsune 614
Monsungebiete 614. 636
Monsunklima . . . 647
Monsunströmungen 550. 558
Montblanc 383
Mont Cenis Tunnel . 919
Monte bajo . . 714 Anm.
Mont Pélée . . 314. 318
Moorboden 371
Moore 715
Moos (Bruch) . . . 716
Moostundren . . . 715
Moränen 342
Moränenlandschaft . 392
Moränenseen . 447. 450
Morgen, preussischer 1019
Morgenstern . . . 174
Morgenweite . . . 47
Morphologie . . . 31
Moskau . . . 588. 902
Motorwagen, s. Kraftwagen 910
Mount Mc Kinley . 383
Mozambique, Kanal v. 292
— Schwelle . . . 513
— Strom . . 546. 557
Mündungshäfen . . 478
Mündungstrichter . 353
Münstertal 417
Mulde . . . 303. 376
— unterseeische . 506
Muldental . . 417. 420
Muldensenke . . . 376
Mulmen 636
Mundarten 771
Mundus novus . . 273
Murgänge 336
Murray, Fluss . . . 455
Muschelkalk . 357. 360

Seite

Muskatbaum . . . 737
Mythen (Schweiz) . 400

N.

Nachfolgeflüsse 451 Anm.
Nachrichtenverkehr 904. 954
Nacht, längste 170. 172
Nachtbogen . . . 59
Nachtgleicher . . . 60
Nacktsamige Pflanzen 684
Nadas . . . 488. 494
Nadelholzwälder . . 710
Nadelkap . . 282 Anm.
Nadir 54
Nagelfluhe 358
Nahbeben 310
Nahrung in versch. Klimaten 780
Nahrungspflanzen . . 725
Nahständige Bevölkerung . . . 875 Anm.
Nahverkehr 871
Namen auf d. Karte 242
Namenforschung . . 868
Namengebung, geogr. 816
Namenkunde, geogr., 14
Namenschrift auf Karten 884
Nation 765
Nationalstaat . . . 766
Nationalzeit . . . 89
Natürliche Grenzen . 827
Naturmass . . . 57. 115
Naturnamen . . . 816
Naturreligion . . . 851
Naturvölker 782 Anm. 787
Naturwege 906
Nautik 44
St. Nazaire 479
Neapel, Bucht von . 474
Nearktische Region . 697
Nebenflüsse 451
Nebengezeiten . . . 543
Nebenkämme . . . 431
Nebenländer . . . 836
Nebenmeere . 291. 292
Neerströme 552
Negerrasse 776
Negritos . . . 777. 788
Negroiden 778
Nehrung . . . 349. 475
Nekton 516
Nells Projektion . . 237
Nelson Fluss . . . 458
Neocom 359
Neogen 359
Neolithische Zeit . . 756
Neotropische Region 697

Seite

Nepal 812
Neptun, Planet 160. 174 ff.
Nestorianer 858
Neu Amsterdam Insel . . 488. 707. 760
Neue Welt . . 283. 284
Neufundland 486. 812 Anm.
Neufundland Bank . 344
Neuguinea 288. 383. 486
Neuhebriden . . . 486
Neuholland 273
Neukaledonien . . 486
Neukastilische Hochebene 381
Neuland 349
Neumond 183
Neu-Orleans . . . 479
Neuschottland . . . 466
Neuseeland 365. 483. 486 701. 759. 812
Neuseeland Meer . 293
Neuseeländische Alpen 383
Neusibirische Inseln . 274
Neusiedler See . . 448
Neutrale Küsten 466 Anm.
Neutrale Meeresstrassen 494
Neu-York 480. 639. 902
Newa 459
Ngami See 448
Niagarafall 334
Njassa-See . . 443. 445
Nicagarua See . . . 444
Nichtnormale Projektionen 210
Niederlande 813. 878. 922
— Kolonialbesitz . 847
Niederländisches System der Gebirgserhebung 406
Niederschläge . . . 626
— Maximalzonen . 633
Niederung 379
Niederungsmoore . . 716
Niedrigwasser . . . 189
Niger (Nigris) 271. 351. [454
Nil 330. 336. 350. 454. 461
Niltal 897
Nimbus (Regenwolke) 627
Nippflut 193
Nirwana 853
Nivales Klima . . . 651
Niveau, d. Erdkruste 278
Niveaufläche . . . 126
Niveaulinien . . . 244
Nivellement, astronomisches 135
Nivellierung . . . 99
N. N. (Normal-Null) 502

Seite

Nomaden 795
Nomarchien . . . 835
Nord, Norden . . . 47
Nordamerika 284. 289. 291 365. 699. 896
Nordatlant. Felsplatten 362
— Zyklone . . . 612
Nordeurasien . . . 700
Nordfjord 471
Nordhessisches Bergland 406
Nordkanal 492
Nordmeer 509
— europäisches . . 514
Nordost-Passat 609. 614
Nordpassattrift . . 553
Nord-Pazifikstrom . 557
Nordpunkt 47
— magnetischer . 143
Nordsee . . . 293. 512
Nordsee (Mar del Norte) 508
Nordseekanal . . . 918
Nordwelt 697
Norfolk-Insel . . . 483
Normale des Erdsphäroids 116
Normale Projektionen 210. 226 Anm.
Normal-Null . . . 502
Normal-Temperatur der Luft . . 576. 588
Normalzeit 89
Normannen . . 272. 923
Normännische Inseln 838
North Downs . . . 393
Norwegen 638. 643. 717 812. 878
Notialer Gürtel . . 689
Nowaja Semlja . . 486
Nürnberg . 815. 872. 881
Nullmeridian . . . 65. 67
Nullpunkt, absoluter der Temperatur . 563
Nullpunkt für Höhenmessungen . . . 502
— spezifischer der Vegetation . . . 673
Nummulitenkalke . 359
Nutation 188
Nutzpflanzen . . . 720
Nutztiere 740
Nyassa See s. Njassa See.

O.

Ob . 362. 454. 457. 461
Oberalppass . . . 430
Oberämter . . 833 Anm.
Oberer See 443

Seite

Oberdeutsche Hochfläche . . . 381. 395
Oberfläche des Erdsphäroids 118
Oberfläche, topographische 260
Oberflächenmoränen . 342
Oberlauf der Flüsse 462
Oberrhein. Tiefebene 302
Obrabruch 453
Obsequente Flüsse . 451
Occidens 46
Ochotsk 612
Ochotsker Meer . . 512
Ochsengespann . . 913
Oder 457
Oedland . . . 704. 723
Oekologie der Gewächse 702
Oekologische Gruppen 702
Oekumene . . 271. 758
Oelpalme 738
Oelpflanzen 737
Oesterreich-Ungarn 810
819. 830. 878. 922
Oeta 408
Oetztaler Alpen . . 429
Ohio 387
Oikumene s. Oekumene.
Oka, Fluss 457
Oligocän 359
Olive 737
Olymp. griech. 383. 408
Omatako, Südafrika . 382
Omnivoren 676
Onega-See . . 443. 449
Onomatologie s. Namenkunde.
Ontario-See . . . 443
Ophir 951
Opium 735
Opposition d. Mondes 183
Orange 730
Oranjefluss 455
Orbital-Bewegung . 536
Organogene Gesteine 296
Orgeln, geologische . 324
Oriens, Oriente . . 47
Oriental. Christen . 858
Orientieren 46
Orientierung 46. 48 Anm.
Orinoko . 387. 419. 455
Ormus, Strasse v. 492. 493
Ornamentum . . . 20
Orographie 374
Orographische Täler 418
Orometrie 431
Oroya-Bahn . . . 919
Orthodoxe Kirche . 858
Orthodrome . . . 69

Seite

Orthodromischer Kurs 923
Orthognathie . . . 768
Orthographische Projektion 230
Ortler 375
Ortler-Alpen . . . 717
Ortsbestimmung, astronomische . 72. 73
— geodätische . 72. 91
— geographische . 71
Ortslage (von Wohnplätzen) 871
Ortsnamen 869
Ortsnamenschrift . . 885
Ortsständige Bevölkerung 874
Ortsverzeichnisse . 7. 14
Ortszeichen . . 241. 884
Ortszeit . . . 68. 87. 89
Osaka 902
Ossa 408
Ost, Osten 46
Ostafrikanisches Seenplateau 381
Ostasiatischer Kulturkreis 793
Ostasien 364
Osterinsel 759
Osteuropäisches Flachland . . . 362
Osteuropäische Zeit . 89
Ost-Passate, Zone der 609
Ostpunkt 47
Ostro, Wind . 49 Anm.
Ostsee . . 293. 512. 521
Ostsee (Ind. Ozean) . 508
Ostsibir. Tafelland . 363
Ost-Westlinie . . . 47
Othrys 408
Otranto, Strasse von 492. 493
Ouest . . . . 49 Anm.
Ozeane, Name der . 508
— Atlantischer 273. 283 293. 508
Ozeane, Grosser 273. 282. 294. 508
— Indischer 273. 294. 508
Ozeanographie . . 32. 498

P.

Packeis 528
Paco 745
Paje 851
Palaearktische Region 697
Palaeogen 359
Palaeokrystisches Meer 529
Palaeolithische Zeit . 757

Seite

Palaeozoisches Zeitalter . . . 356. 360
Palau-Inseln . 487. 488
Palk-Strasse . . . 495
Palmenwälder . . . 711
Pamirhochland . . 381
Pamlico-Sund . . . 475
Pampas 713
Panama-Bucht . . 478
Panama, Landenge . 286
— Kanal 929
Panamerikanische Bahn 919
Pandschab 793
Pantschan 854
Panzerdecke der Erde 315
Papua 777
Paraguay 818
Paraguay, Fluss . . 457
Paraguaytee . . . 734
Parallaxe 79
— der Sonne . . 163
Parallelgrad . . 67. 121
Parallelkreise des Himmels . . . 57. 59
— der Erde . . 66. 67
— Länge derselben 108. [117
Paralometrie . 468 Anm.
Paralometrische Werte 468
Paris 884. 902
— Meridian von . 69
Pariser Becken . . 393
Parish 833
Parklandschaft . . 712
Passagen (Meeresstrassen) 494
Passate 609
Passatregionen . . 639
Passau 872
Passlinien 430
Passseen 445
Passübergänge . . 430
Pässe 430
Passus, römischer 52. 987
Passzugangstäler . . 431
Patagonier 768
St. Paul 488. 707 Anm. 760
Paumotu-Inseln . . 490
Pays de la Dombes . 392
Pazif. Gestadegürtel 466
Pazifisches Meer . . 508
Pazifik-Bahnen . . 919
Pegel . . 330. 502. 541
Pegu, Meerbusen v. 293
Pehuelches 797
Peilung 92
Peking 902
Pelagischer Lebensbezirk . . . 688. 691

Seite

Pélée, Montagne 314. 318
Pelion 408
Pelztiere . . . 679. 748
Pendelgesetze . . . 109
Pendellängen . . . 112
Pendelversuche . . 153
Peneplain . . 390. 496
Peperin 314
Perigaeum 182
Perihel 159
—, Länge des . . 169
Periodizität der Talbildung . . 338. 496
Perioeken 758
Periplen 923
Permsystem . 356. 360
Perserreich 806
Persien 812
Persischer Golf . . 512
Persisches Meer . . 293
Personenverkehr 904. 938
Perspektivische Projektionen 230
Peru . 697. 793. 812. 900
Perustrom 557
St. Petersburg 577. 588. 824. 902
Pfahlbauten . . . 756
Pfannenmeere . . . 293
Pfeffer 737
Pferd 746. 913
Pflanzenfress. Tiere . 676
Pflanzengenossenschaften 702
Pflanzengeographie 23. 659
Pflanzen-Phänologie . 652
Pflanzenregionen 716 Anm.
Pflanzenvereine . . 702
Pflanzenwanderung . 674
Pflanzungskolonien . 840
Phanerogamen . . 684
Phänologie 652
Philadelphia . . . 902
Philippinen . . 273. 485
Philippinengraben 504. 514
Phönizier 271. 839. 914
Photogrammetrie . . 94
Photosphäre d. Sonne 179
Phreatisches Klima . 651
Phyllit 353
Physikal. Geographie 21. 28
Physiognomie der Städte 882
Physiognomik der Pflanzen 702
Piave 425. 454
Pic von Tenerife . 382
Piedmont 390
Pilatus-Bahn . . . 919
Pilgerfahrten . . . 850

Seite

Pillau 479
Piment 737
Pitcairn 489
Pinax, Karte . . . 17
Pisang 730
Plains . . . 389. 713
Plan 211. 240
Planeten 173
Planetenbahnen
— Exzentrizität der 160
Planetoiden . . . 173
Planimeter 257
Planisphaerium 232 Anm.
Plankarte . . 198. 211
Plankton 516. 667. 680
Plantagenbau . . . 840
Plateau 375
— unterseeische . 506
Plateauklima . . . 591
Plateauströme . . . 462
Platte 388
Plattkarte 213
Platykephalie . . . 768
Plazentale Tiere . . 696
Pliocän 359
Pluvialzeiten . . . 655
Point (Strich) . . . 49
p. m. = post meridiem 63 Anm. 575
Po-Ebene 387
Po, Fluss 352. 419. 454. 457. 459
Polabstand . . . 55. 57
Polarer Gürtel . . 586
Polargrenzen der Vegetation . . . 705
Polargrenze des Getreides 717
— der Menschheit . 760
Polarkoordinaten . 50. 57
— sphärische . . 55
Polarkreise d. Himmels 60
Polarlichter . 147. 564
Polarnebel 626
Polarprojektionen 211. 233
Polarstern 47. 55. 61 Anm. [84
Polarwelt 282
Polder 349
Pol der Ekliptik . . 150
Poldistanz 55
Pole des Himmels . 55
— der Land- und Wasserhalbkugel . 276
— magnetische . 144
Polhöhe 55. 82
Polhöheschwankungen 188
Poljen 444
Politische Geographie 21. 34. 800

Seite

Politische Lage . . 816
Politischer Raum . 815
Polnischer Staat . . 819
Polständige Kegelprojektionen 211. 222
— Projektionen 211 Anm.
Polyederprojektion . 238
Polygene Vulkane . 318
Polygenetisches Faltengebirge 399 Anm.
Polynesien 273
Polynesier 775
Ponape 488
Ponente . . 47. 49 Anm.
Ponente-Meer . . . 511
Ponore 444
Population agglomerée . . 861 Anm.
Pororoca 545
Porphyr . . . 357. 360
Portages 452
Port Jackson . 477. 480
Portugal . 813. 847. 922
Portugalete . . . 901
Portulane . . 212 Anm
Portulankarte . . . 212
Posen 873
Poststrassen . . . 915
Postverkehr . . . 938
Post- u. Reisekarten 930
Potosi 901
Potsdam 879
Praezession 185
Prag 881
Prairien . . . 374. 713
Prismatoid, Inhalt . 262
Profil (Aufriss) 251. 258
Profilkarten . . . 931
Prognathie 768
Projektionen 209
— perspektivische . 209
— konventionelle . 209
— normale 210
Protuberanzen der Sonne 179
Provinzen 835
Proximity . . 887 Anm.
Pruth 456
Przibram, Bergwerk 136. [952
Psycholog. Methode in der Völkerkunde 791
Psychrometer . . . 626
Pteropodenschlamm 516
Puertorico-Graben . 513
Pufferstaaten . . . 819
Pustertal 415
Puyform der Vulkane 317
Puzzolanerde . . . 315
Pyrenäen 383. 399. 435

Seite

Q.

Quadrant, astronom. 75. 83
Quadratmeile,
— deutsche . 122. 1019
— englische . . . 1019
Quadraturen d. Mondes 183
Quadrat-Werst . . 1019
Quadrieren d. Karten 242
Quartärperiode . . 359
Quarz 323
Quecksilber-Barometer 597
Quellen 326
Quellenorte 874
Quellfluss . . 457. 460
Quellseen . . 441. 458
Quelltopf 453
Querachsige Projektionen 210. 226 Anm. 228
Querinseln 486
Querkrümmungsradius 116
Querküste 466
Querscholle 407
Querstrassen . . . 493
Querströme . . . 459
Quertäler 420
Quito 587

R.

Radfahrer 910
Radfahrerkarten . . 931
Radiolarienschlamm . 516
Radkarten d. Mittelalters 8
Randgebirge . . . 378
Randlage, politische 817
Randmeere 293
Randseen 446
Randsenken . . . 378
Randständige Inseln 485
Randvölker 788
Rapilli 314
Ras Daschan . . . 382
Rassen 772
Rauhfrost 626
Raum, politischer . 815
Raumbewältigung . 931
Raummessungen . . 258
Raupenform d. Bergzeichnung . . . 243
Ravenna 477
Rechtachsige Projektionen . . 226 Anm.
Rechtläufige Richtung 69
Rechtschreibung geographischer Namen 14
Reduktion, kartogr. . 241
Reduktion a. d. Mittelpunkt d. Gestirne 77
Reduktion d. Lufttemperatur 582
— der Regenhöhen 632
Reduktionszirkel . . 242
Reduzieren 241
Reede, offene . . . 478
Referenzsphäroid . . 128
Reflexion, diffuse . 569
Refraktion 77
Refraktionskoeffizient 77
Refraktometer . . . 519
Regen 628
Regenarme Gebiete . 637
Regenhöhe 629
Regenkarten . . . 632
Regenmenge . . . 633
Regenmesser . . . 629
Regenregionen . . 634
— über d. Meer . 639
Regenreiche Gebiete etc. . . . 640
Regenschatten . . 633
Regenwahrscheinlichkeit 631
Regenwälder . . . 711
Regenwolke . . . 627
Regenzeiten . . . 634
Regierungsbezirke . 835
Regionen, Begriff 361. 685 Anm.
— morphologische . 361
— der Bodenbedeckung . . . 366
— glazialer Abräumung 367
— — Aufschüttung 367
— der Seen . . . 447
— der Vergletscherung 419
— d. Meeresbodens 515
— der Winde . . 609
— des Regens . . 634
— klimatische . . 644
— biogeographische 692
— der Landtiergruppen 695
— d. Vegetation 685 Anm.
— der Religionen . 848
— der Volksdichte 896
— des Wasserverkehrs 916
— d. Wegegattungen u. Transportmittel 910
Regionalfarben . . 249
Regressionstheorie . 423
Regur 369
Reibungskoeffizient des Meerwassers . 549
Reif 626
Reife der Landschaft 496
Reihendorf 870
Reis 726. 729
Reisekarten 930
Reisewege 905
Reittiere 909
Rekatal 416
Rektaszension . . 60. 62
Relative Bevölkerung 886
— Feuchtigkeit . . 624
Reliefkarten . . . 250
Religionen 848
Religionsgebiete . . 848
Religionsgemeinschaften 848
Reliktenseen . . . 450
Rentier . . . 743. 914
Republik 802
Reschenscheideck 415. 430. 431. 446
Resequente Flüsse . 451
Restinseln . . 481. 486
Restvölker 767
Réunion, Insel . . 488
Rhätische Schichten . 357
Rhein 330. 455
Rheindelta 351
Rheintal 425
Rheinisches System d. Gebirgserhebung . 406
Rhein-Rhone-Kanal 917
Rhodos 485
Rhone 336. 341. 455. 456
Rias 472
Riasbuchten . . . 472
Riashäfen 479
Riasinseln 484
Richtung, rechtläufige 69
— schiefläufige . . 69
Richtungswinkel . . 49
Riede 717
Riesengebirge . . . 382
Riesenvögel 483
Riffe 506
Rigi 592
Rind 743
Rindenverschiebung . 304
Ringwall, vulkan. . 318
Rinnen (Meeresboden) 506
Rio Grande . . . 459
Rio de Janeiro 480. 903
Robbenschlägerei . . 750
Rodriguez, Insel . . 488
Roggen . . . 727. 729
Roheisen 947
Rohrsümpfe . . . 714
Roller 538
Rom 824. 881
Romanisches Mittelmeer . . 284. 533. 571
Römerschanzen . . 829

Seite

Römisch-katholische Kirche . . 858. 862
Römisches Reich . . 806
Roraima 382
Rosinen 733
Rostgebirge . . . 376
Rotationsdauer
— der Erde . . . 156
— der Sonne . . 179
Rotationsellipsoid . 110
Rotationssphäroid . 108
Rotes Becken (China) 396
Rotes Meer 293. 294. 511. [521. 522
Rothenburg a. d. T. 872
Rotliegendes . 357. 360
Rotuma 488
Routen 905
Routenaufnahmen . 92
Routenkonstruktion . 92
Rubico 827
Ruck, Insel . . . 488
Rübenzucker . . . 732
Rücken, unterseeischer 506
Rückenberg . . . 376
Rückengebirge . . 375
Rückgang der Aequinoktien 185
Rückland 398
Rückschreitende Erosion . . . 334. 423
Rückseite d. Faltengebirge 398
Rügen 484
Rudolph-See . . . 445
Ruhla 865
Rumänien 813
Rumpf (Kontinental-) 285
Rumpffläche . 386. 389
Rumpfgebirge . 385. 402
Rumpfhorste . . . 408
Rumpfschollengebirge 408
Rundbucht 470
Rundbuchtküsten . . 473
Runddorf 869
Rundhöcker . . . 344
Russische Tafel 362. 389
Russland 810. 818. 877. 922 [950
Russisches Reich 763. 807. [846

S.

Sabanilla 479
Sachsen . . 813. 830. 922
Sächs. Granulitgebirge 409
Säntis 642
Sättigungsdefizit . . 625

Seite

Sättigungszustand der Luft 622
Saftpflanzen . . . 674
Sagopalme 732
Saifnitz-Pass . . . 431
Sajanisches Gebirge . 383
Saigere Schichtstell. 300
Saigon 479
Salomonen 486
Salzboden 369
Salzgebirge 357
Salzgehalt d. Meeres 517 ff.
Salzgehaltskonstante 520
Salzpflanzen . 672. 715
Salzsee, Grosser 388. 448. [449
Salzseen . . . 335. 448
Sambaquis 758
Sambesi . . . 351. 454
Samland 472
Sammelströme . . . 458
Sammelvölker . . . 788
Samoa-Inseln . . . 488
San Fluss . . 455 Anm.
San Marino . 803. 814
Sandsteine 298
Sandwüste 368
San Francisco . 473. 480
Sansonsche Projektion 219
Santander 479
Santorin 488
Saône 455
Saprophyten . 703 Anm.
Sardinien 486
Sargans 415
Sargasso-Meer 522. 555
Saschehn, russ. . . 1019
Saskatschewan . . . 454
Satelliten d. Planeten 178
Sattel 303
Sattelgebirge . . . 398
Sattelkamm . . . 303
Sattelpass 430
Satteltal . . . 417. 421
Saturn, Planet 149. 160. 173 ff.
Saumfluss 456
Saumpfade . . 909. 911
Saumriffe 476
Saumtal 419
Saumverkehr . 909. 911
Saumwege . . 909. 911
Savannen 714
Schaf 744
Schädel 768
Schädelindex . . . 768
Schädelinnenraum . 768
Schären . . . 472. 484
Schaffhausen . . . 821
Schamanen 851

Seite

Schartenpässe . . . 430
Schartung 435
Scharung (Gebirgs-) . 404
Schat-el-Arab . . 353
Schattenlänge, Messung der 83
Schattenmesser 47. 74. 83
Schattenplastik . . 245
Schattentemperatur . 574
Scheidegebirge . . 378
Scheidetäler . . . 417
Scheitel (Gebirgs-) . 433
Scheitel Eurasiens 363 Anm.
Scheitelkanal . . . 917
Scheitelpunkt (Zenit) 53
Scheiteltunnel . . . 919
Schelf . . . 280. 507
Schelfbuchten . . . 291
Schichtfläche . . . 300
Schichtenfaltung . . 303
Schichtengesteine . 298
Schichtenköpfe . . 299
Schichtenlinien . . 99
Schichtungs-Tafelländer 388
Schichtvulkane . . 317
Schichtwolken . . . 627
Schiefachsige Projektionen . 210. 226 Anm.
Schiefe Beleuchtung 247
Schiefe der Ekliptik 151
Schiefer, krystall. . 356
Schieferung . . . 323
Schiefläufige Richtung 69
Schienenweg . . . 910
Schiff 909
Schiffahrtsküste . . 468
Schiiten 856
Schild, baltischer 362 Anm.
— kanadischer 362 Anm.
Schladebach (Bohrloch) . . . 136. 138
Schlammführung 334. 340
Schlammvulkane 313. 391
Schleppung 304
Schleuderthermometer 574
Schlichthaarig . . . 769
Schlick . . . 370. 515
Schlifflächen . . . 354
Schlitten . . . 909. 913
Schlucht 415
Schmalgesichter . . 768
Schmiedeeisen . . . 947
Schnabeltiere . . . 696
Schnee 628
Schneedecke . . . 640
Schneefall 640
Schneegrenze . . 640 ff.
Schneide (Grat) . . 429
Schnellverkehr . . 908

Seite

Scholle 302
Schollengebirge 385. 404
Schollen inseln . . . 486
Schollenküste . . . 466
Schollenland . . . 302
— westeuropäisches 362
Schollenrandgebirge. 404
Schotts, afrikanische 379
Schraffenmanier 245. 247
Schräge Beleuchtung 247
Schrägscholle . . . 407
Schranken, biogeogr. 685
Schrattenbildung . . 324
Schrift auf Karten 242. 885
Schritt 51
Schrittmasse . . . 51
Schrittzähler . . . 52
Schrumpfungstheorie 305
Schummerung . . . 247
Schussenried . . . 757
Schutthalden . . . 325
Schutzeinrichtungen der Pflanzen gegen Verdunstung . . 674
Schutzfarben d. Tiere 678
Schutzhütten . . . 901
Schutzkruste . . . 323
Schutzlage von Orten 872
Schutzstaaten . . . 839
Schwäbische Alb . . 394
Schwanken d. Meeresspiegels . . 320. 502
Schwankungstheorie Ferrels d. Gezeiten 544
Schwarzerde . . . 369
Schwarzes Meer 511. 523
Schwarzwald 405. 435 ff. 717
Schwebende Lage v. Schichten . . . 299
Schweden . 812. 818. 877
Schwein 745
Schweiz 813. 818. 830. 878. 922
Schwellen (Meeresgrund) 506
Schwemmberieselung 787
Schwemmgold . . . 951
Schwemmlandinseln . 484
Schwemmlandküsten 464. 474
Schwerekorrektion 596
Schwerezunahme nach den Polen . . . 110
Schwerkraft . . . 109
— auf d. Planeten 178
Schwingungen d. Erdbodens 308
Scirocco . . . 49 Anm.
Sedimentablagerung . 337
Sedimentgesteine . . 297

Seite

Seebär 540
Seebeben 312
Seebebenwellen . . 538
Seebecken . . 377. 386
Seeböden 388
Seefischer 789
Seefischerei 749
Seegang 537
Seegaten 349
Seehäfen 476
Seekarten . . . 9. 218
Seeklima 587
Seelenwanderung . . 853
Seelöss 370
Seemächte 824
Seemeile . . 52. 122. 1019
Seen 439
Seengebiete 444
Seenkunde . . 439 Anm.
Seenregionen . . . 447
Seeotter 748
Seeplätze 874
Seequadrant . . . 75
Seeraub 938
Seeschiffahrtskanäle . 917
Seeuferrutschungen . 328
Seewarte, Deutsche . 499
Seewege 923
— auf Karten . . 931
Seewind 614
Segelhandbücher . . 499
Segeln im grössten Kreise 69
Segelschiffahrt . . 924
Segelschiffahrtswege 924
Segelstriche . 70 Anm.
Sehkreis von Leuchtfeuern 922
Seiches 539
Seidenraupe . . . 747
Seine 457
Seismograph . . . 311
Seismologie 311
Seitenfluss 455
Seitenmoränen . . . 342
Seitenständige Inseln 485
Sekundenpendel 109. 112
Selbständige Flüsse . 451
Selenga . . . 455 Anm.
Semiten . . . 774. 793
Sendboten 850
Senegalmündung . . 353
Senkel 53
Senken 375
Senkungen d. Küste 320
Senkungsfeld . . . 302
Senkungseen . . . 445
Senon 359
Septentrio 47
Serafschan 454
Serbien . . . 813. 818

Seite

Sereth 456
Serpentin 358
Serpentinenbildung . 338
Sesam 737
Seter 321
Severn 461
Seychellen . . 487. 759
Shikoku 485
Shintoismus . . . 855
Siam 812
— Golf von . . . 512
Siangtan 903
Sibirische Bahn . . 919
Sicheldünen . . . 392
Sicilien s. Sizilien.
Siderischer Monat . 182
Siderisches Jahr . . 186
Sidon 478
Siebengebirge . 376. 410
Siebengestirn . . . 47
Siedelungen . . . 863
Siedelungsdichte . . 887
Siedelungskarten . . 890
Siedelungskolonien . 842
Siedelungskunde . 33. 753
Siedepunkts-Thermometer 597
Sierra de Córdova . 403
— Nevada . . . 383
— de St. Marta . 375
— von Kalifornien 383
Signaturen 240
Signum . . 150 Anm.
Silbergruben . . . 952
Sils-Maria 592
Silurisches System 356. 360
Simplon Pass . . . 592
Simplon Tunnel 137. 919
Simpsonsche Formel 262 Anm.
Sinae 271
Singapore 577. 632. 840
Singjan 902
Sinope 874
Sinterkegel . . 328. 391
Sinterterrassen . . 328
Sinuslinige zylindrische Projektion . . . 220
— Erdkartenproj. . 221
Sippe 765
Sitka 612
Situation 239
Situationszeichnung . 239
Siwas 852
Sizilien 485
Sizilisches Meer . . 511
Skager Rak . . . 292
Skandinavien 287. 362. 878
Skandinavisches Gebirge 382

Seite

Sklaven, Sklaverei 784. 797
Sklavenfluss, Gr. . . 458
Sklavenhandel. 938. 940
Sklaven-See, grosser 443
Sklerophyllen 711 Anm.
Skrub 715
Skulpturtäler . 418 Anm.
Skylla 545
Smith Sund . . . 274
Sockel der Gebirge . 436
Sockelhöhe, mittlere 437
Sog 349
Sognefjord 471
Söhlige Schichtstellung 300
Sohlentäler 415
Solingen 879
Solstitialkolur . . 62. 151
Solstitiallinie . . . 168
Solstitium 170
Somaliland 287
Somma (Vesuv) . . 318
Sommer, astronom. . 168
Sommerdürre . . . 637
Sommergrüne Laubwälder 704
Sommerhalbjahr . . 169
Sommerheisser Gürtel 586
Sommerkühler Gürtel 586
Sommerregengebiete 648. 707
Sommerwege der Schiffahrt . . . 928
Sommerschlaf der Pflanzen 673
Sonderfamilie . . . 765
Sonderung, räumliche der Organismen . 682
Sonne 178
Sonnenabweichung . 60
Sonnenbahn . . . 61
Sonnenbestrahlung . 566
Sonnenferne . . . 159
Sonnenfinsternis . . 185
Sonnenflecken . . . 179
Sonnenhöhe . . 83. 88
Sonnenkonstante 180. 566
Sonnen-Kulmination 88
Sonnennähe . . . 159
Sonnenparallaxe . . 163
Sonnenpraezession . 188
Sonnenstand . . . 63
Sonnensystem . . . 172
Sonnentag . . . 57. 167
Sonnenwende . . . 60
Soolen 328
Sorghum 728
Sorghumzucker . . 732
South-Downs . . . 393
Spaltenfrost . . . 323

Seite

Spaltental 420 Anm. 422
Spaltentheorie der Vulkane 316
Spanien . . . 811. 813
Spanisches Kolonialreich . . . 807. 847
Speiseverbote . . . 850
Spelz 727
Sperenberg 138
Spezialgeographie . 35
Spezialhandel . . . 943
Spezialkarten . . . 241
Spezifisches Gewicht
— der Luft . . . 561
— des Meerwassers 519
Spezifische Wärme . 523
Sphaera obliqua . . 65
Sphaera parallela . 65
Sphaera recta . . . 65
Sphärischer Exzess . 96
Sphäroid . 101. 110. 115
— abgeplattetes . 114
— typisches . . . 128
— verlängertes . . 114
Sphagnummoore . . 716
Spiegelinstrumente . 75
Spiegelsextant . . . 75
Spielraum der Organismen 665
Spiralförmig gedrehtes Haar 769
Spithead 478
Spitzbergen . . 487. 643
Sprachen 770
Sprachstämme . . . 771
Sprachverschiedenheit 770
Springflut . . 193. 541
Springquellen . . . 313
Sprunghöhe bei Verwerfungen . . . 302
Sprungschicht (Seen) 534
Spurbahn 918
Spurwege 910
Square mile . . . 1019
Staaten . . . 766. 800
Staatenbeschreibung, (statist. geographische) 22
Staatenkunde . . . 753
Staatsgrundmacht . 803
Staatsgebiet . 800. 803
Staatshandbücher . 754
Stab-Wernersche Projektion . . . 226
Stadiasmen 923
Stadium . . 52. 105. 1019
Stadtgrundriss . . . 884
Städte 863
Städtelagen . . . 872
Städte, Physiognomie 882
— Weichbild . . 882

Seite

Stadtstaaten . . . 814
Stadtwirtschaft . . 798
Staffelbrüche . . . 302
Staffettendienst . . 914
Stahl 947
Stamm 765
Stammisolierende Sprachen 770
Stammtäler 424
Standlinie b. Vermess. 95
Standort, biogeogr. . 683
Stangenzirkel . . . 223
Stargarder Zeit 89 Anm.
Starnberger See . . 443
Stat, Kap 472
Stationen (kolonialpolitische) . . . 843
Statute mile . . . 1019
Staub in der Luft . 565
Steigerwald . . . 393
Steigküste 464
Steilküste 464
Steinbock, Sternbild 59
Steinfälle, kosmische 178
Steinkohlen . . . 948
Steinkohlensystem 356. 360
Steinplatte, südruss. 389
Steinsalz 323
Steinwüsten . . . 368
Steinzeit 756
Stella maris . . . 48
Steppe 723
Steppenboden . . . 369
Steppengebiete . . 638
Stereographische Projektion . . . 231
Sternbedeckungen . 85
Sternbilder 150
Sternhöhen, korrespondierende . . 88
Sternkataloge . . . 62
Sternkulmination . 55
Sternörter 62
Sternschnuppen 178. 564
Sterntag . . 57. 156. 166
Sternwarten . . . 14
Sternzeit 59. 62
Stettin 479
Stiller Ozean 273. 509. 527
Stillwasser 545
Stipa-Steppe . . . 713
Stirnmoräne . . . 342
Stirnseite, politische 818
Stöcke (morpholog.) 297
Stockfisch 749
Störung d. Lagerung 301
Störungen, planetare 172
— magnetische . . 145
Stosswellen 538
Strahlenbrechung . . 77

Seite

Strahlenförmiger Gebirgskamm . . . 429
Strahlige Projektionen . . 202. 229 Anm.
Stralsunder Bodden . 494
Strand . . . 347. 463
Strandbildungen . . 298
Strandentwicklung . 469
Strandlinie 469
Strandlinien, alte . 321
Strandriff 491
Strandseen . . 349. 444
Strandterrassen 321. 347
Strandvegetation . . 676
Strandverschiebungen 308. 318
Strandwälder . . . 712
Strandwälle . . 349. 352
Strassen 913
Strassenbau 913
Strassendorf . . . 869
Strassenmeer . . . 292
Strato-cumulus . . 628
Stratosphaere . . . 580
Stratovulkane . . . 317
Stratus 627
Strauchhalden . 704. 714
Strauss 747
Stream currents . . 548
Streckenmessung . . 50
Streichend. Schichten 300
Streichungslinie . . 300
Streichungsrichtung . 300
Strich der Strichrose 48
Strichmanier . . . 245
Strichrose 48
Strichtafel 547
Ströme (im Eruptivgestein) 297
Strömungsgeschwindigkeit in Flüssen 329
— bei Meeresströmungen 548
Strombecken . . . 454
Strombett 333
Stromentwicklung . 459
Stromflachland . . 386
Stromgebiet . 413. 452
Stromkammern . . 458
Stromschnellen . . 333
Stromseen . . 385. 444
Stromstrich 339
Stromsysteme . . . 451
Stromversetzung . . 547
Stubbenkammer . . 473
Stützpunkte kolonialen Besitzes . . . 843
Stufe (Landstufe) . 374
Stufenflüsse 462
Stufenmessungen . . 99

Seite

Stufenrandflüsse 451 Anm.
Stundenkreise . . . 57
Stundenwinkel 55. 57. 62
Stutzschwanzkreis 61 Anm.
Subaërische Gesteinsbildung 296
Subantarktischer Gürtel 689
Subarktischer Gürtel 689
Submarine Deltas . 352
Suboekumenische Gebiete 760
Subsequente Flüsse . 451
Subtropisch 689
Subtrop. Gürtel 586. 689
Subtropisches Klima 648
Succulente Gewächse 674
Sudanneger 776
Südamerika 284. 289. 291
365. 896
Südaequatorialstrom . 557
Südatlant. Rücken . 512
Südchinesisches Meer 293
Süd, Süden 47
Süder See 475
Südgeorgien . . . 487
Süd-Nordlinie . . 47
Südorientierung 48 Anm.
Südostmonsun . . . 614
Südostpassat . . . 610
Südozean 509
Südpass (Felsengeb.) 431
Südpassattrift . . . 553
Südpolarmeer . . . 510
Südpunkt 47
Südsee 508
Südwelt 697
Südwestmonsun . . 614
Südwasser-Gebiet 688. 692
Sues-Kanal . . . 929
Sues, Landenge von 286
Sulina 479
Sulu See . . 512. 533
Sumatra . . 288. 383. 635
Sund, dänischer . . 492
Sunda Graben . . 513
Sunda-Strasse . 492. 495
Sunde 467
Sundregionen, arktische 467
Sunniten 856
Swinemünde . . . 479
Sydney 477
Syenit 360
Symmetr. Faltengeb. 399
Synklinale Faltung . 303
Synklinal-Tal . . . 417
Synodischer Monat . 192
Syr Darja . . 456. 458
Syrien 286

Seite

Syzygien 183
Szylla s. Skylla.

T.

Tabak 735
Tabellenstatistik . . 887
Tabu 867
Tabula, Karte . . . 17
Tabula Peutingeriana 929
Tachometer . . . 330
Täler 415
Tafel, Russische 362. 389
Tafelabbiegung . . 303
Tafelabknickung . . 303
Tafelberg 376
Tafelgebirge . 394. 406
Tafeljura 397
Tafelland 375
— Ostsibirisches . 363
Tafellandtäler . . . 419
Tafelschollengebirge . 406
Tagbogen 59
Tag, Dauer 170
— längster . . 81. 172
Tagemarsch . . . 52
Tagereise 52
Taggleicher . . . 60
Taglänge 170
Tag- u. Nachtgleiche 47
Tahiti 489
Tahoe-See 449
Taimyr, Halbinsel . 468
Talbucht . . 470. 480
Tal, blindes . . . 416
Talfurche 415
Talgefälle 438
Talgletscher . . . 342
Talleisten 338
Talseen . 338. 446. 450
Talstufen . . 338. 458
Talung 417
Talwasserscheiden 414. 431
Talweg . . . 330. 829
Talwinde 614
Talzug 416
Tambora, Vulkan . 314
Taminaschlucht . . 422
Tanganjika-See 443. 445
Tangenten-Apparate 255
Taoismus 854
Tarent, Golf von . . 467
Tarimbecken . 376. 381
Taro 730
Tarvis Pass . . . 431
Tasmanien 486
Tasmanier 790
Tatarischer Sund . 493
Tatra 446
Tau 626

Seite

Taubach 757
Tauern (Pässe) . . 430
Tauern, hohe . . . 435
Taupunkt 625
Taurus . . . 271. 363
Taurus Indicus . . 271
Teakbaum s. Tikbaum 740
Tauschverkehr . . . 798
Teestrauch 734
Teheran . . . 884 Anm.
Teifun 609
Tektonische Vorgänge 301
Tektonische Gebirge 384
Tekton. Erosionstäler 418
Tektonische Täler . 418
Telegraph 955
Telegraphennetz . . 956
Tellurien 185
Temperatur, kritische 140
Temperaturabnahme in der Höhe . . 578
Temperaturextreme . 586
Temperaturgegensätze 583
Temperaturkorrektion 596
Temperaturmittel 575. 586
Temperaturschwankungen im Meere . . 523
— in der Luft . . 566
Temperaturumkehr in Binnenseen . . 535
— in der Luft 580. 592
Temperaturzonen 583. 585
Terminator . . 46 Anm.
Terra Australis . . 272
— cognita . . . 269
Terrain 239
Terraindarstellung . 239
Terrigene Sedimente 515
Terror, Vulkan . . 411
Tertiärbecken v. Paris 458
Tertiärperiode . . . 358
Tessindelta 351
Teutoburger Wald . 375
Theodolit 76
Theodulpass . . . 592
Thermal-Tag . . . 571
Thermen 328
Thermische Anomalie 591
— Höhenstufe . . 581
Thessalisches Küstengebirge 408
Thinklithen-Bucht . 292
Thomaschristen . . 858
Thomsons Tiefenlot . 503
Thüringer Hochfläche 381
Thüringer Wald 375. 409. 435
Thule 271
Tiberias-See . . . 445
Tibet 381. 812

Seite

Tidal shore line 468 Anm.
Tiden 189. 540
Tiefbohrung . . . 136
Tiefdruckgebiete . . 601
Tiefe (Einsenkung im Meer) 506
Tiefebene 379
Tiefenlote 503
Tiefenmessungen . . 503
Tiefenstufe, geothermische . . . 137
Tiefentemperaturen in der Erdrinde . 136
— im Meere . . . 531
Tiefland 379
Tieflandflüsse . . . 462
Tiefs, Lücken in Nehrungen 353
Tiefsee 507
— Lebewesen der . 691
Tiefseebecken . . . 278
Tiefseebildungen . . 298
Tiefseeregionen . . 279
Tiefseeschlamm . . 516
Tiefseetafel 280
Tiefseethermometer . 532
Tiefseeton 516
Tiefsenken 379
Tieftäler 415
Tienschan . . 363. 383
Tientsin 903
Tiergeographie . 23. 660
Tierkreis 150
Tierkreisebene . . . 150
Tierkreiszeichen . . 150
Tierphänologie . . 652
Tigris 458
Tikbaum 740
Timor-See 292
Titicaca-See . . . 448
Toblacher Feld . . 415
Tobol, Fluss . . . 457
Tobolsk 588
Toise du Pérou 115. 1019
Tokio . . .474. 480. 902
Tok Dschalung . . 901
Tolima 383
Tomsk 577
Tonerde 323
Tongestein 323
Tonga Graben . . 514
Tonga Inseln . . . 488
Topographie 18. 33. 239
Topographische Karte 240
Topolias See . . . 444
Torneå 453
Torfbildung . . . 948
Torfmoostundra . . 716
Toskanisches Hügelland 402

Seite

Totalintensität des Erdmagnetismus . 144
Totes Meer 380. 445. 449
Townships 833
Trace 930
Trachyt . . . 358. 360
Trägerverkehr . 909. 911
Tragfähigkeit (Schiffe) 927
Tragplätze . . 452 915
Tramontana . 49 Anm.
Transandinische Bahn 919
Transgression . 280. 301
Transgressionsmeere 292. 512
Transkontinentalbahnen 919
Transleithanien . . 828
Transmissionskoeffizient der Sonnenstrahlen 571
Transportmittel . . 910
Transsaharisches Afrika . . . 365. 697
Transvaal, Goldfelder 953
Transversale (querachsige) Projektionen 210. 227
Trapezmaschige Projektion 218
Trapezunt 874
Treibeis 529
Treibeisgrenzen . . 530
Treibprodukte . . . 546
Triangulierung . . 94
Trias 357. 360
Trichterbucht . 470. 472
Trier 879
Trochoide 535
Trockengebiete 707. 709
Trockentäler . . . 424
Tropenklima . 635. 645
Tropenwald . . . 711
Tropfsteinbildung . 328
Tropischer Gürtel . 586
Tropisches Jahr . . 186
— Klima 645
Tropophyten . 672 Anm.
Troposphäre . 564. 580
Trümmergesteine . . 298
Tsad-See, Tschad-See, 442. 448
Tschagos Inseln . . 759
Tschagos Rücken . 513
Tschernosjom . . . 369
Tscherrapundschi . . 633
Tschuktschenhalbinsel 286
Tsingling-Gebirge . 428
Türkisches Reich 812. 846
Tubuai 489
Tuff 314

Seite

Tundren . . . 704. 715
Tundrengürtel . 701. 709
Tunis, Strasse von . 492
Tunneltemperaturen 138
Turon 359
Tuscarora-Expedition 498
— Tiefe 514
Tyrus 478. 872

U.

Ucayali 457
Ueberdeckungsschollen 400
Ueberfaltungstheorie 400
Uebergangsklima . . 588
Uebergusstafelländer 389
Ueberhöhung . . . 250
Ueberkippte Flügel . 303
Ueberlandtelegraph . 956
Ueberschiebung 301. 303 [400
Uebersichtskarten . 241
Ueberspringende Wasserscheide . . 414
Ueberspülungsmeer . 292
Uebertiefung der Alpentäler . 343. 415
Uebertragung kultureller Güter . . . 792
Uferböschung (Meer) 347
Uferflora 675
Ufermoräne . . . 343
Uintah-Gebirge . . 398
Umlauf d. Erde 158. 164
Umlaufzeit, siderische
— des Mondes . . 182
— der Erde . . . 156
Umsetzung d. Meere 320
Umsichtsbilder . . 244
Umwohner 758
Ungarn 878
Ungleichförmige Faltengebirge . 399 Anm.
— Lagerung . . . 301
Ungleichheiten d. Gezeiten 192
Universum 20
Unselbständige Flüsse 451
Unstäte Wohnplätze 865
Unterbau v. Gebirgen 436
Untergangspunkt der Sonne 47
Unterlauf v. Flüssen 462
Unterseeische Plateaus 506
Ur 743
Ural 382. 402
Uranus, Planet 160. 173 ff.
Urmiah-See . . . 449
Urstromtäler . . . 417
Uruguay 812

V.

Vadoses Wasser . . 316
Vallum Antonini etc. 828
Valparaiso . . 478. 638
Vancouver, Insel . . 485
Vancouver, Stadt . 480
Vanille 737
Variation, magnet. . 145
Vardö 575
Varietäten d. Organismen 682
— klimatische . . 779
Veden, die 852
Vegetation 702
Vegetationsformationen 703
Vegetationsgürtel . 706
Vegetationslinien . . 705
Vegetationsperiode . 673
Vegetationsregionen 706 [709
Vegetationstypen . . 703
Vegetationszonen . . 706
Veluwe 392
Venedig . . . 479. 939
Venetianer Alpen . 424
Venezuela 812
Venus, Planet 149. 160. [173 ff.
— Vorübergang . 162
Veracruz 593
Veränderlichkeit der Temperatur . . . 576
Verbreitungsmittel d. Tiere 680
Verdichtungsmöglichkeit d. Bevölkerung 892
Verdunstung . . . 621
Vereinigte Staaten . 810. 819. 846. 878. 918. 950
Verkehrsarten . . . 908
Verkehrsbetten . . 905
Verkehrshindernisse . 906
Verkehrslage . . . 871
Verkehrslinien . . . 905
Verkehrsmittel . . 904
Verkehrsnetze . . . 941
Verkehrswege . . 33. 904
Vermessung . . . 95
Vermessungskunde . 30
Vermittelnde Projektionen 237
Vermurung 336
Verschleppung der Flussmündungen . 353
— der Organismen 670
Verschub (Parallaxe) 79
Verteilung der Menschen, regionale . 895

Seite

Vertikal, Erster . . 55
Vertikalintensität des Magnetismus . . 144
Vertikalkreis . . . 54
Vertikalverschiebung 302
Verwaltungsbezirke . 832
Verwerfung . . . 301
Verwitterung . . . 322
Verzerrungsellipse . 203
Verzerrungsgesetz d. Karte 202
Vesuv 318
Victoria-Hafen . . 478
Victorialand . 274 643
Victoria-Njansa . . 443
Viehzüchter . . . 785
Viehzuchtskolonie . 842
Viertel (Mond) . . 183
Viertelwind . . . 48. 49
Vierwaldstädter-See 443. 446
Vilajets 835
Virgation der Faltengebirge 403
Viti Levu 487
Vizcaya, Golf von 292. 319
Völkergedanke . . 791
Völkerkreise . . . 767
Völkerkunde, Literatur 752
Völkersitze 34
Völkerwanderungen . 836
Vogelsberg 419
Vogesen . . . 405. 718
Volk 765
Volksdichte . . 762. 886
Volksdichtekarten . 888
Volkswirtschaft . . 798
Volkszählungen . . 761
Vollformen (morphologische) 376
Vollkultur 794
Vollmond 183
Volumen der Erde . 120
Volumetrie 261
Vorderindien . 286. 364
Vorderseite d. Faltengebirge 398
Vorhäfen 479
Vorland 398
Vorlandseen . . . 446
Vorläufer d. Erdbeben 312
Vorposten, biogeogr. 705
Vorübergang d. Venus 162
Vulkane . . 307. 313 ff.
— homogene . . 317
— monogene . . 318
— polygene . . . 318
Vulkanische Gebirge 409
Vulkanische Tätigkeit 313

Seite

Vulkanismus, Theorie des 315
Vulkanberginseln . 487
Vulkandeckeninseln . 487
Vulkaninseln . . . 487
Vulkanrümpfe . . . 488

W.

Wachstum d. Staaten 819
— der Städte . . 880
Wadis 334
Wälderkohle . . . 358
Wärmebedürfnis der Pflanzen 673
Wärmeeinheit . . . 180
Wärmekapazität . . 523
— der Gesteine . . 573
Wärmeleitungsvermögen der Steine 138
Wärmeschwankung 524. 527. 586
Wärmezonen . . . 586
Wage 132
Wagenverkehr 910. 913
Waigatsch-Strasse . 494
Wald, Einfluss d. W. auf den Regenfall . 631
Wald, Höhengrenze 718
Waldboden 723
Waldgrenze . . . 707
Waldgürtel, borealer 708
Waldhufendorf . . 870
Waldland . . 704. 709
Waldzonen 718
Walfischfang . . . 750
Wall, kalter . . . 554
Wallace-Grenze . . 698
Wallfahrtsorte . . . 850
Wallhäfen 478
Walliser Alpen . . 429
Wallpass 430
Wallriffe . . . 476. 490
Wanderung d. Pflanzen 670
— der Tiere . . . 679
Wanderung, innere . 881
Wannen . . . 377. 439
Wannenlandschaften 294. [388 Anm.
Wan-See 449
Warschau 903
Waschgold 951
Wasserblock . . . 277
Wasserdampf . 565. 579
Wasserfälle 333
Wasserfläche d. Erde 275
Wasserführung von Flüssen 330
Wasserhalbkugel . . 275
Wasserpest 675

Seite

Wasserreis 726
Wasserscheiden . . 412
— die grosse . . 294
Wasserteilung . . . 452
Wasserwage . . 53. 309
Wasserwege . 461. 909
Watten 349
Wattenhäfen . . . 479
Wattenküste . . . 475
Weald 393
Wealdenkohle . 358. 948
Weber-Linie (Tiergeogr.) . . 698 Anm.
Wechselpass . . . 431
Wedda 788
Wege 904
— auf der Karte . 929
Wegeaufnahmen . . 92
Wegegattungen . . 910
Wegekarten . . . 929
Wegemass 50
Wegenetz 470
Wegestunde . . . 52
Wegsamkeit . . . 906
Weichbild der Städte 882
Weichbildgrenze . . 883
Weichsel . . 455 Anm.
Weichselniederung . 351
Weiden 712
Weiler 868
Weinstock 733
Weissfichte 710
Weisse Rasse . . . 774
Weisses Meer . . . 523
Weizen . . . 727. 729
Wellen des Meeres . 536
— in d. Atmosphäre 621
— stehende . . . 539
Wellungsebenen 390 Anm.
Welt, alte und neue 283
Weltbild 269
Weltgegenden . . . 46
Welthandel . . 936. 938
Welthandelsgüter 936. 943
Weltmeer 282
Weltpost 954
Weltpostverein . . 955
Weltreiche 806
Weltsysteme . . . 149
Weltverkehr . 799. 936
Weltwirtschaft . . 799
Wendekreise des Himmels 60
Wener-See 449
Werchojansk 577. 583. 588
Werst, russische . . 1018
Weser . . . 352. 457
West, Westen . . . 47
Westasiatischer Kulturkreis . . . 793

Seite

Westeuropäisches Schollenland . . 362
Westeuropäische Zeit 89
Westfalen 888
Westpunkt 47
Westsibirien . . . 362
Westsee 508
Westwindtrift . . . 556
Wetter-See . . 443. 449
Wetterkarten, synoptische 601
Wetterwarten . . . 901
Widderpunkt . . 61. 150
Wien . . 576. 824. 902
Wiesen 712
Wiesenufer 339
Wiesenmoor . . . 716
Wilde 787
Wildtiere, jagdbare . 748
Wilhelmshaven . . 479
Wilkes Land . . . 274
Winddrehungsgesetz 608
Winddruck 354
Windgesetze, barische 601
Windgürtel 609
Windregionen . . . 609
Windrose 48
Windsee 537
Windscheide, grosse 609
Windstärke 606
Windtheorie der Meeresströme . . 549
Windtriften 548
Windwärtspassage . 495
Winkelgeschwindigkeit der Erde . . 156
Winkelmess-Instrumente 74
Winkeltreue Karten . 201
Winnipeg-See 443. 449. 452
Winter, astronom. . . 168
Wintergewitter . . 628
Winterhalbjahr . . 168
Winterregen . . . 637
Winterregengebiete . 708
Winterschlaf . 673. 679
Winterwege d. Schiffe 928
Wirbelstürme . . . 608
Wirtschaftsformen . 784
Wirtschaftsgebiete . 798
Wirtschaftsgeographie 35. [754
Wirtschaftsstufen . . 797
Wischnu 852
Wisent 743
Wohndichte . . . 883
Wohngebiete . . . 683
Wohnplatz 864
Wohnplätze auf der Karte 884

Seite

Wohnstätte 863
Wolga 339. 419. 454. 457. [459
Wolken 627
— leuchtende . . 563
Wollbäume 712
Wolle 744
Wörterbücher, geogr. 6
Wuchern d. Pflanzen 675
Würm-See 443
Württemberg . . . 813
Wurzelfrüchte . . . 729
Wurzellose Lagerung 400
Wüsten 368
Wüstensteppen . . 715
Wüstensteppen-Gürtel 295
Wüstentafel, grosse . 364 [389
Wutschang 903

X.

Xerophil. 645 Anm. 674
Xerophile Laubwälder 711
Xerophyten . . 672 Anm.
Xerovuni . . 714 Anm.

Y.

Yak 744. 912
Yamswurzel . . . 730
Yap, Insel 488
Yellowstone See . . 444
Yoldiameer 322
York 881
Yosemite-Tal . . . 419
Yucatan Strasse . . 492
Yucatan Strom . . 554

Seite

Z.

Zahl der Menschen . 760
— der Sprachen . 771
Zahlenabrundung . . 804
Zambesi s. Sambesi.
Zanzibar s. Sansibar.
Zechstein . . 357. 360
Zehngradstrasse . . 494
Zeichen d. Tierkreises 150
Zeit, mittlere . . . 58
Zeitbestimmungen . 87
Zeitgleichung . . . 58
Zeitmass 57
Zeitschriften, geograph. 5
Zellenpflanzen . . . 684
Zenit 53
Zenitabstand . . . 55
Zenitdistanz d. Mondes 87
Zentralamerika . . 365
Zentrale Projektion . 231
Zentrum d. Bevölkerung (Ver. Staaten) 823
Zerrung (Tektonik) . 304
Zeugen 392
Ziege 744
Zigeuner 804
Zimmtbaum . . . 737
Zirknitzer See . . . 444
Zirkummeridianhöhen 83
Zirkumpolare Sterne 55
Zirkustal . . 344. 415
Zobel 748
Zodiakus 150
Zonen, Grösse der math., klimat. und vegetativen . . . 585

Seite

Zonen, junger Kettengebirge 295
Zonenmethode bei Flächenmessung . 257
Zonenverteilung von Wasser und Land 276
Zonenzeit . . . 68. 88
Zuckerrohr 732
Züricher See . . . 447
Zufluchtstätten der Organismen . . . 684
Zugangstäler . . . 430
Zugstrassen der Luftdruckminima . . 608
— der Vögel . . 680
Zugtiere 742
Zugvögel 680
Zungenbecken . . . 447
Zusammendrückbarkeit des Seewassers 500
Zuwachsberechnung d. Bevölkerung 763 Anm.
Zwergstaaten . . . 814
Zwergstrauchheiden . 714
Zwergvölker . . . 769
— Afrikanische . . 776
Zwillingsflüsse . . . 458
Zwischengebirgstäler 419
Zwischenlage, polit. . 819
Zwischenländer . . 286
Zwischenmeer . . . 292
Zwischenständige Projektionen 211 Anm.
Zylinderprojektion. 199. 213
— unechte . . . 218
Zyklonen . . . 604. 609
Zyklus, geographischer 495

Anhang.

Wichtigere geographische Masse im Verhältnis zum Metermass.

(Vergl. die ausführlichen Angaben und Umrechnungstabellen im Geographischen Jahrbuch I—III, Gotha 1866—70.)

1. Fuss- und Schrittmasse.

Einzelmasse	Meter	Zur Verwandlung von Fussmassen: Fusse	Engl. Fuss	Pariser Fuss
Altrömischer Fuss . .	0,296	1	0,30479 m	0,32484 m
Englischer Fuss . . .	0,30479	2	0,60959 „	0,64968 „
Altgriechischer Fuss . .	0,308	3	0,91438 „	0,97452 „
Preussischer (Rhein.) Fuss	0,31385	4	1,21918 „	1,29936 „
Pariser Fuss	0,32484	5	1,52397 „	1,62420 „
Russ. Arschin	0,71119	6	1,82877 „	1,94904 „
Röm. Passus	1,479	7	2,13356 „	2,27388 „
Engl. Faden (s. S. 505)	1,829	8	2,43836 „	2,59872 „
Franz. Toise	1,94904	9	2,74315 „	2,92355 „
Russ. Saschehn . . .	2,13356	Log. =	9,48401 „	9,51167 „

2. Wegemasse.

Wegemasse	Kilometer	Zur Verwandlung von Wegemassen: Meilen	Seemeilen	D. geogr. Mln.
Attisches Stadium . . (s. S. 105. Anm. 15)	0,1775 / 0,185	1	1,852 km	7,42044 km
		2	3,704 „	14,84088 „
Kabellänge	0,185	3	5,556 „	22,26132 „
Kilometer	1,000	4	7,408 „	29,68175 „
Russ. Werst	1,06678	5	9,260 „	37,10219 „
Altrömische Meile . .	1,479	6	11,112 „	44,52263 „
Engl. Statute Mile . .	1,60931	7	12,964 „	51,94307 „
Seemeile	1,852	8	14,816 „	59,36351 „
Span. Legua (16. Jahrh.)	5,916	9	16,668 „	66,78395 „
Deutsche geogr. Meile .	7,42044	Log. =	0,26764	0,87043

3. Flächenmasse.

Einzelmasse	Hektar / Q.-Kilometer	Zur Verwandlung von Flächenmassen: Q.-Meilen	Engl. Q.-M.	Geogr. Q.-M.
	Hektar			
Preuss. Morgen . . .	0,25532	1	2,5899 qkm	55,06291 qkm
Engl. Acre	0,40467	2	5,1798 „	110,12582 „
Hektar	1,00000	3	7,7697 „	165,18872 „
Russ. Dessjatina . . .	1,09250	4	10,3596 „	220,25163 „
	Q.-Kilometer	5	12,9495 „	275,31454 „
Quadrat-Werst . . .	1,13802	6	15,5394 „	330,37745 „
Engl. Square Mile . .	2,58989	7	18,1293 „	385,44036 „
Deutsche oder geographische Quadr.-Meile .	55,06291	8	20,7192 „	440,50326 „
		9	23,3091 „	495,56617 „
		Log. =	0,41328	1,74086

Tabelle der Meridian- und Parallelgrade

nach Bessels Dimensionen des Erdsphaeroids.

(S. oben S. 121; aus H. Wagners Tabellen im Geogr. Jahrbuch III, 1870.)

Breite	Meridiangrade Kilometer	Breite	Parallelgrade Kilometer	Breite	Meridiangrade Kilometer	Breite	Parallelgrade Kilometer
		0°	111,3066			45°	78,8373
0—1°	110,5638	1	111,2897	45—46°	111,1292	46	77,4539
1—2	110,5645	2	111,2392	46—47	111,1487	47	76,0468
2—3	110,5658	3	111,1550	47—48	111,1681	48	74,6163
3—4	110,5678	4	111,0372	48—49	111,1875	49	73,1629
4—5	110,5705	5	110,8858	49—50	111,2068	50	71,6870
5—6	110,5739			50—51	111,2260		
6—7	110,5779	6	110,7009	51—52	111,2451	51	70,1891
7—8	110,5826	7	110,4824	52—53	111,2640	52	68,6696
8—9	110,5879	8	110,2305	53—54	111,2828	53	67,1290
9—10	110,5939	9	109,9452	54—55	111,3014	54	65,5677
10—11	110,6005	10	109,6266	55—56	111,3197	55	63,9863
11—12	110,6077	11	109,2748	56—57	111,3379	56	62,3851
12—13	110,6156	12	108,8900	57—58	111,3557	57	60,7647
13—14	110,6241	13	108,4721	58—59	111,3733	58	59,1256
14—15	110,6331	14	108,0214	59—60	111,3906	59	57,4682
		15	107,5379			60	55,7931
15—16	110,6428			60—61	111,4075		
16—17	110,6531	16	107,0219	61—62	111,4241	61	54,1008
17—18	110,6639	17	106,4734	62—63	111,4403	62	52,3918
18—19	110,6752	18	105,8926	63—64	111,4562	63	50,6665
19—20	110,6871	19	105,2797	64—65	111,4716	64	48,9257
		20	104,6348			65	47,1697
20—21	110,6996			65—66	111,4866		
21—22	110,7126	21	103,9582	66—67	111,5011	66	45,3991
22—23	110,7260	22	103,2500	67—68	111,5152	67	43,6145
23—24	110,7399	23	102,5105	68—69	111,5289	68	41,8163
24—25	110,7543	24	101,7398	69—70	111,5420	69	40,0052
		25	100,9382			70	38,1818
25—26	110,7692			70—71	111,5546		
26—27	110,7844	26	100,1059	71—72	111,5666	71	36,3465
27—28	110,8001	27	99,2432	72—73	111,5782	72	34,4999
28—29	110,8162	28	98,3502	73—74	111,5891	73	32,6427
29—30	110,8326	29	97,4274	74—75	111,5995	74	30,7753
		30	96,4748			75	28,8984
30—31	110,8494			75—76	111,6094		
31—32	110,8666	31	95,4929	76—77	111,6186	76	27,0125
32—33	110,8840	32	94,4819	77—78	111,6271	77	25,1182
33—34	110,9018	33	93,4421	78—79	111,6351	78	23,2162
34—35	110,9198	34	92,3738	79—80	111,6425	79	21,3069
		35	91,2773			80	19,3910
35—36	110,9380			80—81	111,6492		
36—37	110,9565	36	90,1529	81—82	111,6553	81	17,4691
37—38	110,9752	37	89,0010	82—83	111,6608	82	15,5418
38—39	110,9940	38	87,8219	83—84	111,6655	83	13,6097
39—40	111,0131	39	86,6160	84—85	111,6695	84	11,6733
		40	85,3836			85	9,7333
40—41	111,0322			85—86	111,6729		
41—42	111,0515	41	84,1251	86—87	111,6757	86	7,7903
42—43	111,0708	42	82,8408	87—88	111,6777	87	5,8448
43—44	111,0902	43	81,5311	88—89	111,6791	88	3,8976
44—45	111,1097	44	80,1965	89—90	111,6798	89	1,9491
		45	78,8373			90	0

Tabelle der abnehmenden Gradfelder und Breitenzonen.

in Quadratkilometern nach Bessels Dimensionen des Erdsphaeroids.
(S. oben S. 121; nach H. Wagners Tabellen im Geogr. Jahrbuch III, 1870.)

Breite	Q.-Kilom.	Breite	Q.-Kilom.
	Eingradfelder		
0—1°	12305,9	45—46°	8684,5
1—2	12302,2	46—47	8530,9
2—3	12294,9	47—48	8374,7
3—4	12284,0	48—49	8215,8
4—5	12269,4	49—50	8054,4
5—6	12251,2	50—51	7890,4
6—7	12229,3	51—52	7723,9
7—8	12203,8	52—53	7555,0
8—9	12174,7	53—54	7383,6
9—10	12142,0	54—55	7210,0
10—11	12105,6	55—56	7034,0
11—12	12065,7	56—57	6855,8
12—13	12022,1	57—58	6675,4
13—14	11975,0	58—59	6492,9
14—15	11924,3	59—60	6308,3
15—16	11870,1	60—61	6121,7
16—17	11812,3	61—62	5933,1
17—18	11750,9	62—63	5742,6
18—19	11686,1	63—64	5550,2
19—20	11617,7	64—65	5356,1
20—21	11545,9	65—66	5160,2
21—22	11470,6	66—67	4962,7
22—23	11391,8	67—68	4763,5
23—24	11309,6	68—69	4562,8
24—25	11224,0	69—70	4360,7
25—26	11135,0	70—71	4157,1
26—27	11042,7	71—72	3952,1
27—28	10947,0	72—73	3745,9
28—29	10847,9	73—74	3538,5
29—30	10745,6	74—75	3329,9
30—31	10640,0	75—76	3120,2
31—32	10531,2	76—77	2909,5
32—33	10419,2	77—78	2697,8
33—34	10303,9	78—79	2485,2
34—35	10185,5	79—80	2271,9
35—36	10064,0	80—81	2057,8
36—37	9939,4	81—82	1843,0
37—38	9811,7	82—83	1627,6
38—39	9681,0	83—84	1411,7
39—40	9547,3	84—85	1195,3
40—41	9410,7	85—86	978,5
41—42	9271,1	86—87	761,4
42—43	9128,7	87—88	544,0
43—44	8983,4	88—89	326,5
44—45	8835,3	89—90	108,8

Breite	Q.-Kilom.
	Zweigradfelder
0—2°	49216,1
2—4	49157,8
4—6	49041,1
6—8	48866,2
8—10	48633,3
10—12	48342,5
12—14	47994,2
14—16	47588,7
16—18	47126,3
18—20	46607,6
20—22	46032,9
22—24	45402,9
24—26	44718,1
26—28	43979,2
28—30	43187,1
30—32	42342,5
32—34	41446,1
34—36	40499,1
36—38	39502,3
38—40	38456,7
40—42	37363,7
42—44	36224,2
44—46	35039,6
46—48	33811,2
48—50	32540,3
50—52	31228,5
52—54	29877,1
54—56	28487,9
56—58	27062,4
58—60	25602,3
60—62	24109,5
62—64	22585,6
64—66	21032,6
66—68	19452,4
68—70	17847,1
70—72	16218,5
72—74	14568,8
74—76	12900,1
76—78	11214,5
78—80	9514,2
80—82	7801,5
82—84	6078,5
84—86	4347,5
86—88	2610,8
88—90	870,6

Breite	Q.-Kilom.
	Fünfgradfelder
0—5°	307281,6
5—10	305004,5
10—15	300463,4
15—20	293685,0
20—25	284709,4
25—30	273591,1
30—35	260399,0
35—40	245217,5
40—45	228146,3
45—50	209301,2
50—55	188813,8
55—60	166831,8
60—65	143518,0
65—70	119049,8
70—75	93617,4
75—80	67422,6
80—85	40676,1
85—90	13595,9

Breite	Q.-Kilom.
	Zehngradfelder
0—10°	1,224572,3
10—20	1,188296,8
20—30	1,116600,9
30—40	1,011233,1
40—50	874894,8
50—60	711291,0
60—70	525135,7
70—80	322079,9
80—90	108544,2

Breite	Q.-Kilom.
	Zehngradzonen
0—10°	44,084604
10—20	42,778686
20—30	40,197632
30—40	36,404393
40—50	31,496213
50—60	25,606477
60—70	18,904884
70—80	11,594878
80—90	3,907590

Halbkugel
254,975357 qkm

Erdoberfläche
509,950714 qkm

Nachträge zu den literarischen Wegweisern.

E. Debes, Neuer Handatlas. 4. Aufl. mit 65 Haupt- und 131 Nebenkarten. Leipzig 1912 (zu S. 12).

Vivien de St. Martin u. Schrader, Atlas universel, Paris (zu S. 13), jetzt vollendet.

H. Martus, Astronomische Geographie. 4. Aufl. Berlin 1912 (zu S. 44).

H. Credner, Elemente der Geologie. 11. neubearbeitete Auflage. Leipzig 1912 (zu S. 265).

W. M. Davis, Die erklärende Beschreibung der Landformen. Leipzig 1912 (zu S. 372).

G. Schott, Geographie des Atlantischen Ozeans. Mit 28 Tafeln und 90 Figuren. Hamburg 1912 (zu S. 499).

M. Groll, Tiefenkarten der Ozeane mit Erläuterungen. Berlin 1912 (Karten in flächentreuer Projektion 1 : 40 000 000; zu S. 505, Anm. 17).

J. G. Bartholomew, W. E. Clarke und P. H. Grimshaw: Atlas of Zoogeography (Bartholomew's Physical Atlas, Vol. 5). A. Series of maps illustrating the distribution of over seven hundred families, genera and species of existing animals. Edinburgh 1911 (zu S. 660).

Druckfehler.

S. 89. Zeile 10 v. u. lies: Ricchieri statt Richieri.
S. 115. Zeile 14 v. u. lies: J. J. Baeyer statt Bayer.
S. 152. Zeile 16 v. o. lies: Albategnus statt Albategnius.
S. 189. Zeile 3 v. u. lies: S. Hough statt Hugh.
S. 261. Zeile 4 v. u. lies: hypsographische Kurve statt Karte.
S. 271. Mitte lies: Pytheas um 345 v. Chr. statt 325.
S. 454. Mitte lies: Jang-tse-kiang statt Jan-tse-kiang.
S. 461. Zeile 14 v. o. lies: Jang-tse-kiang statt Jan-tse-kiang.
S. 471. Zeile 12 v. o. lies: Drontheim statt Trondheim.
S. 479. Mitte lies: Saigon statt Saigun.
S. 499. Zeile 6 v. u. lies: Anleitung statt Anweisung.
S. 650. Zeile 2 v. u. lies: K. Dove satt R. Dove.

Wr. inw. 3842

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Polit.-Wych.

In unserm Verlage sind ferner an geographischen, naturwissenschaftlichen und geschichtlichen Werken erschienen:

Behme, Dr. Frd., **Geologischer Führer** durch die Umgebung der Stadt **Clausthal** im Harz. 2. Aufl. Mit 321 Abbildgn. u. 3 geolog. Karten. 8°. (221 S.) 1909. **3 M.**

— **Geologischer Führer** durch die Umgebung der Stadt **Goslar** am Harz, einschliesslich Hahnenklee, Lautenthal, Wolfshagen, Langelsheim, Seesen u. Dörnten. 3. Aufl. mit 226 Abbildn. u. 2 geolog. Karten. 8°. (165 S.) 1903. **1.40 M.**

— **Geologischer Führer** durch die Umgebung der Stadt **Harzburg** einschliesslich Ilsenburg, Brocken, Altenau, Oker und Vienenburg. 2. Aufl. Mit 137 Abbildgn. u. 1 geolog. Karte. 8°. (151 S.) 1903. **1.40 M.**

— **Geologischer Führer** durch die Umgebung der Stadt **Blankenburg** am Harz, einschliesslich Benzingerode, Elbingerode, Rübeland und Thale. Mit 133 Abb. u. geolog. Karten. 8°. (139 S.) **2.50 M.**

— **Geologischer Führer** durch die Lüneburger Heide erscheint 1913.

Beiche, Ed., **vollständiger Blütenkalender der deutschen Phanerogamen-Flora.** 2 Bde. 8°. (VIII, 354 u. VIII, 580 S.) 1872. **(9 M.)** herabges. **4 M.**

Black, William George, **Helgoland** und die nordfriesischen Inseln. Deutsch bearb. u. verm. v. B. v. Werlhof. gr. 8°. (VII, 136 S.) 1889. **2 M.**

Brackebusch, Prof. Dr. Ludw., **Geologische Karte der Provinz Hannover** und der angrenzenden Landesteile, nebst Angabe der Mineralvorkommen, Mineralquellen, Hüttenanlagen, Zementfabriken, Mineralmühlen usw. 1 : 500 000. 62,5 × 75 cm. Farbendr. 1899. **8 M.**

Dannemann, Realsch.-Dir. Dr. Frdr., **Der naturwissenschaftliche Unterricht** auf praktisch-heuristischer Grundlage. Lex. 8°. (XII, 366 S.) 1907. **6 M.,** geb. in Lwd. **6.80 M.**

Dittmer, R., Kais. Kapt. z. S., **Das Nord-Polarmeer.** Nach Tagebüchern und Aufnahmen während der Reise m. Sr. Maj. Schiff „Olga". Herausgegeben vom Deutsch. Seefisch.-Ver. (Mit 7 Karten u. 101 Abb.) gr. 8°. (XVI, 361 S.) 1901. **6 M.,** geb. **7.50 M.**

Dorneth, J. v., **Die Letten unter den Deutschen im Baltenlande.** 3. verm. Aufl. (III, 91 S.) 8°. 1906. **1.20 M.**

Ellis, Bernard, **Aus England.** Aphoristische Skizzen über Land und Leute. 8°. (IV, 131 S.) 1885. **2.40 M.**

Lerch, L., **Geologische Wanderungen in der Umgegend von Hannover.** Mit 36 Lichtdr.-Taf., Leiffersilien u. 1 Karte. 8°. 1912. **4.50 M.**

Leunis, Dr. Joh., **Synopsis der drei Naturreiche.** Zum Selbstbestimmen aller Naturkörper. 7 Bände, eleg. gebunden **85 M.** 3. Aufl. Bearbeitet von Dr. **Ludwig,** Prof. Dr. **Frank** und Dr. **Senft.** Jeder Band einzeln käuflich!

Navier, Prof. Louis, **Lehrbuch der Differential- u. Integralrechnung.** Mit Zusätzen von Lionville. Deutsch herausgegeben u. m. Anmerkungen u. e. Abhandlung der Methode der kleinsten Quadrate vermehrt von Prof. Dr. Th. Wittstein. 4. Aufl. 2 Bde. à **6 M.** gr. 8°. (VIII, 360 u. 394 S.) 1875. **12 M.**

— **Lehrbuch der höheren Mechanik,** deutsch herausg. v. L. Meyer, mit Vorrede von Prof. Dr. Th. Wittstein. gr. 8°. (XII, 459 S.) 1858. Supplem. z. vorigen.) **6 M.**

Rinne, F. u. E. Rinne, **Kasana, Kamari.** Eine Celebesfahrt. gr. 8°. (III, 194 S. m. 46 Abb.) 1900. **3.50 M.,** geb. **4.50 M.**

Schmidt, Wilh., u. Dr. Chr. **Grotewold, Argentinien** in geographischer, geschichtlicher und wirtschaftlicher Beziehung. 8°. (XXXII, 397 S. u. 56 S. Abb. nebst 3 Karten.) broch. **12 M.,** eleg. i. Lwd. geb. **13 M.**

Senft, Hofr. Prof. Dr., **Wanderungen in das Reich der Steine.** Allen Freunden der Mineralogie, welche die Wohnstätten, Gesellschaftungen, Umwandlungsweisen u. Körperbildg. d. Mineralien im allgem. nach ihrer gesetzmässigen Entwickelung kennen lern. woll., gewidm. gr. 8°. (XIII, 219 S. m. 45 Abb.) 1891. **4 M.**

Senft, Der Erdboden nach Entstehung, Eigenschaften und Verhalten zur Pflanzenwelt. Ein Lehrbuch für alle Freunde des Pflanzenreiches, namentlich aber f. Forst- u. Landwirte. gr. 8°. (X, 158 S.) 1888. **3.20 M.**

— **Geognostische Wanderungen in Deutschland.** Ein Handbuch für Naturfreunde u. Reisende. I. Bd. II. Bd., 1. Abt. u. 2. Abt., 1.—7. Tl. gr. 8°. 1894. **9.10 M.**

Stenzel, A., weil. Kapitän z. See, **Seekriegsgeschichte** in ihren wichtigsten Abschnitten mit Berücksichtigung der Seetaktik. Unter Mitwirkung des Admiralstabs der Marine, bearbeitet durch Hermann Kirchhoff, Vize-Admiral z. D. 8°. 5 Bde. in Lwd. geb. komplett **79 M.**

Teil I. Bis 500 Jahre vor Christus. Mit Vorwort von R. Dittmer. (II, 284 S. m. 10 Taf.) 1907. geb. in Lwd. **10 M.**

Teil II. Von 400 vor Christus bis 1600 nach Christus. (XVIII, 321 S. m. 13 Taf.) (Karten u. Schlachtenskizzen) u. 1 Abb., sowie Inhaltsverzeichnis zu Bd. I. (VI. S. m. 1 Abb.) 1909. in Lwd. geb. **15 M.**

Teil III. Von 1600—1720. Mit 32 Karten u. Schlachtenskizzen, 1 Abb. (XIV, 514 S.). 1910. eleg. in Lwd. geb. **18 M.**

Teil IV. Von 1720—1850. Mit 27 Taf., Karten und Schlachtenskizzen. (VII, 475 S. u. 1 Abb.) 1911. eleg. in Lwd. geb. **18 M.**

Teil V. Von 1850—1910. Mit 27 Taf., Karten und Schlachtenskizzen. (XV, 439 S. u. 1 Abb.) 1911. eleg. in Lwd. geb. **18 M.**

Struckmann, C., **Der obere Jura der Umgegend von Hannover.** Eine paläontologisch-geognostisch-statist. Darstellung. Mit 8 lithogr. Taf. 4°. (VIII, 169 S. u. 8 Bl. Taf. m. Erkl.) 1878. **(16 M.)** herabges. **8 M.**

— **Die Wealden-Bildung der Umgegend von Hannover.** Eine geognostisch-paläontolog.-stat. Darstellung. Mit 5 lith. Taf. 4°. (VIII, 122 S. u. 5 Bl. Taf. m. Erkl.) 1880. **(12 M.)** herabges. **6 M.**

Ward, Adolphus William, **Gross-Britannien und Hannover.** Betrachtungen über die Personalunion. Vorlesungen, geh. an der Universität zu Oxford. Berechtigte Uebersetzg. von K. Woltereck. (VI, 241 S.) 8°. 1906. **4 M.**

Weber, Prof. Dr. L., **Aus dem Irrgarten des Wünschelrutenglaubens.** (Sonderabdr. aus d. Wochenschr. d. Verbandes d. techn.-wissenschaftl. Vereine.) 8°. 24 S. (In Comm.) **60 Pfg.**

Wehmer, Privatdoz. Dr. Carl, **Beiträge zur Kenntnis einheimischer Pilze.** I. Zwei neue Schimmelpilze als Erreger e. Zitronensäure-Gärung. Mit 2 Taf., 1 Holzschn. u. 1 Tab. gr. 8°. (VII, 92 S.) 1893. **4 M.**

Wiedhan, Otto, **Geologische Tafeln** f. Sammler, Schule und Haus. (VII S., 12 Taf., 7 u. 60 S. Register.) 32,5 × 22 cm. 1907. Geb. i. Halblwnd. **6 M.**

Willers, Heinr., **Neue Untersuchungen über die römische Bronzeindustrie v. Capua u. v. Niedergermanien** besonders anf die Funde aus Deutschland u. dem Norden hin. Gedruckt m. Unterstützg. der hannov. Prov.-Verwaltg. gr. 4°. (XII, 111 S. m. 56 Abbildgn. u. 8 Lichtdr.-Taf.) 1907. **8 M.**

— **Die römischen Bronzeeimer von Hemmoor.** Nebst e. Anhange über d. röm. Silberbarren aus Dierstorf. gr. 4°. (VII, 251 S. m. 82 Abb. u. 13 Lichtdr.-Taf.) 1901. **15 M.**

Wittstein, Prof. Dr. Theod., **Vier Briefe aus Samoa** und die Bedeutung überseeischer Kolonien f. die fortschreitende heutige Wissenschaft, an einem Beispiele nachgewiesen. gr. 8°. (24 S.) 1889. **50 Pfg.**

Zweck, Prof. Dr., Dir. Dr. **Alfred Lentz** und Lehrer **Ernst Seedorf, Erdkunde für Höhere Mädchenschulen** in 3 Teil. geb. 1912. Teil I. Stoff f. Klasse V—VII. **2 M.** Teil II. Stoff für Klasse IV. **1.80 M.** Teil III. Stoff für Klasse I—III. **4 M.** Neu bearbeitet unter Berücksichtigung der neuesten Bestimmungen des Geopraphieunterrichts von 1908. (Das Buch erschien bisher in 2 Bdn. in 6 Auflagen und enthält keine Bilder.)

Biblioteka AP W
1
24792/1
2