

Grey Scale #13



A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



Inches 1 2 3 4 5 6 7 8

Centimetres 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black

Colour Chart #13

DANES-PICTA.COM



N<sup>o</sup> 54.

II 199  
d. 30 (V)

Die

# Theorie der Laffeten und Artillerie-Fahrzeuge

von

**Migout und Bergery,**

Capitaine der Artillerie und Professoren an der Applicationschule  
zu Metz.

Aus dem Französischen

von

**Hoffmann,**

Premier-Lieutenant in der 3. Artillerie-Brigade.

379 F



*A. Depot Neisse.*

Magdeburg, 1840.

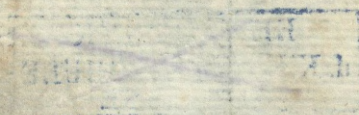
Crenk'sche Buchhandlung.



355(323.82) 358.1

29000/2

Druck: Faber'sche Buchdruckerei in Magdeburg.



## **Vorwort.**

---

Das Original dieses Werkes wurde auf Veranlassung des Kriegsministers geschrieben; es füllt eine längst bemerkte Lücke in der Militair-Litteratur aus und wird Jedem eine reiche Fundgrube des Wissens erschließen, der sich mit der Konstruktion des Artillerie-Materials beschäftigt. Sein Werth ist durch die literarischen Blätter anerkannt worden. Bei den neueren Bestrebungen der deutschen Artillerien, in der Vervollkommnung des materiellen Theiles der Artillerie fortzuschreiten, glaubt der Uebersetzer eine verdienstliche Arbeit unternommen zu haben; er hat sich derselben mit Fleiß und Ausdauer hingegeben und die vorkommenden Schwierigkeiten seinen Kräften nach möglichst zu überwinden gesucht. Trägt diese Uebersetzung auch nicht das Gepräge der Vollkommenheit an sich, so glaubt er dennoch sich der Hoffnung überlassen zu dürfen, sie werde, selbst in ihrer Unvollkommenheit, ein wesentliches Mittel sein, alle diejenigen seiner Herren Kameraden mit den Ideen des vortrefflichen Originals bekannt zu machen, welche der französischen Sprache nicht kundig genug sind, um aus der reinen Quelle selbst schöpfen zu können. Verständlichkeit, getreue Ueberlieferung und eine die Ansprüche der Zeit befriedigende Sprache sind sein Hauptaugenmerk gewesen. Finden seine Leser Befriedigung,

\*

er selbst aber eine milde Critik, so werden die auf diese Arbeit verwandten Stunden, welche er seinen Berufs-Geschäften er-müßigt hat, ihm nicht gereuen.

Da diese Uebersetzung nicht für die preußische Artillerie allein bestimmt ist, so ist die Beibehaltung der französischen Maße und Gewichte für zweckmäßig erachtet worden; durch die beigefügte Vergleichs-Tabelle wird es leicht sein, die französischen Verhältnißzahlen nöthigenfalls auf landesübliche zu bringen.

Magdeburg im Herbst 1840.

Der Uebersetzer.



	Seite
Feste Hindernisse . . . . .	75
Einfluß des Halbmessers des Rades auf die Anstrengung	60
Einfluß des Halbmessers der Räder auf den Verlust an lebender Kraft . . . . .	61
Das Rollen auf einem nachgiebigen Erdboden . . . . .	66
Das Rollen auf geneigtem Erdboden . . . . .	71
<b>Zweites Kapitel. Theorie der Fahrzeuge . . . . .</b>	<b>75</b>
Erste Abtheilung. Die Fahrzeuge mit zwei Rädern . . . . .	75
Ruhe auf einem horizontalen Erdboden . . . . .	76
=    =    = geneigten Erdboden . . . . .	77
Bewegung auf einem horizontalen Erdboden . . . . .	81
=    "    = geneigten Erdboden . . . . .	85
Seitendruck auf das Gabelpferd . . . . .	88
Zweite Abtheilung. Die Fahrzeuge mit vier Rädern . . . . .	89
Fahrzeuge mit Gegenstöße . . . . .	90
=    = Deichselträger . . . . .	96
Grundsätze für die Formen . . . . .	100
der Zugwinkel . . . . .	100
die Lage der Schwerpunkte . . . . .	101
die Verbindung von Vorder- und Hinterwagen . . . . .	102
der Befestigungspunkt der Zugtaue . . . . .	105
die Entfernung der Achsen von einander . . . . .	105
der Schwerpunkt der ganzen Last . . . . .	107
die Stabilität der Deichsel . . . . .	112
die Freiheit der Deichsel . . . . .	118
die Unabhängigkeit zwischen Vorder- und Hinterwagen	123
die Gränzen der Unterbäume . . . . .	125
die Gränzen für die Entfernung beider Achsen von einander . . . . .	126
Versuche von Edgeworth . . . . .	128
der Winkel des geringsten Widerstandes . . . . .	129
Dritte Abtheilung. Geleise, Wendung und Hemmung der Fahrzeuge . . . . .	134
Das Geleise der Fahrzeuge . . . . .	134
Die Wendung der Fahrzeuge . . . . .	136
der Lenkungswinkel . . . . .	140
Hemmungs-Arten . . . . .	148
die Hemmung der Frachtwagen . . . . .	148
der Griseauval'sche Hemmschuh . . . . .	149
die Hemmung mit dem Hemmschuh . . . . .	152
= des neuen Materials . . . . .	153
= der Karren . . . . .	154



	Seite
<b>Drittes Kapitel. Die Detailformen . . . . .</b>	244
Erste Abtheilung. Allgemeine Grundsätze . . . . .	244
Zweite Abtheilung. Die Formen der Verbindungen . . . . .	246
Das Aufblatten . . . . .	248
Das Verzapfen . . . . .	250
Die Verbindungen der Speichen . . . . .	253
Die Verbindung der eisernen Achsen . . . . .	255
Dritte Abtheilung. Die Formen der Beschläge . . . . .	255
Die Bolzen . . . . .	256
Die Nägel und Holzschrauben . . . . .	259
<b>Vierter Theil. Die Artillerie-Systeme . . . . .</b>	262
<b>Erstes Kapitel. Das System von Valliere . . . . .</b>	262
<b>Zweites Kapitel. Das System von Gribeauval . . . . .</b>	269
Die Positions-Artillerie . . . . .	269
Die Feld-Artillerie . . . . .	273
<b>Drittes Kapitel. Die Modificationen des Jahres XI. . . . .</b>	283
<b>Viertes Kapitel. Die Modificationen aus den Jahren     1816 bis 1824 . . . . .</b>	286
<b>Fünftes Kapitel. Das System des Jahres 1827 . . . . .</b>	293
Vorbereitende Arbeiten . . . . .	294
Das neue Material . . . . .	299
Die Feld-Artillerie . . . . .	300
Die Belagerungs-Artillerie . . . . .	304
Die Festungs- und Küsten-Artillerie . . . . .	308
Die Gebirgs-Artillerie . . . . .	312
Die Brücken-Equipage . . . . .	314

# Theorie

der

## Kasseten und Artillerie-Fahrzeuge.

---

Diese Abhandlung zerfällt, wie es der Titel andeutet, in zwei Haupttheile: der erste behandelt die Artillerie-Fahrzeuge, worunter auch die aufgeproksten Geschütze mit begriffen sind, der zweite betrachtet die Kasseten während des Schießens. In einem dritten Theile werden zuvörderst die Grundsätze für die Einrichtung und Form der Fahrzeuge gegeben und dann die hauptsächlichsten Verbindungsmittel beschrieben, welche man bei der Construction des Materials braucht; endlich werden wir im vierten und letzten Theile die im dritten Theile entwickelten Grundsätze zu einer gedrängten Prüfung der verschiedenen bisherigen Artillerie-Systeme anwenden.

### Erster Theil.

#### Die Artillerie-Fahrzeuge.

Die Theorie der Fahrzeuge kann nur erst dann mit Erfolg untersucht werden, wenn man sich zuvor mit Allem bekannt gemacht hat, was mit ihrem Fortbewegen in Verbindung steht. Wir werden uns demnach zuerst mit dem Zuge beschäftigen.

## Erstes Kapitel.

### Theorie des Zuges.

1. Die Kraft, welche man anwenden muß, um den Widerständen das Gleichgewicht zu halten, die sich der Bewegung eines im Stande der Ruhe befindlichen Fahrzeuges entgegen setzen, kann stets durch ein Gewicht ausgedrückt werden. Es mögen also die angespannten Pferde eine Kraft von  $Q$  Kilogrammen äußern, wenn die Bewegung des Fahrzeuges beginnt.

Hat einmal das Fahrzeug die Geschwindigkeit erreicht, mit der es sich fortbewegen soll, so kann es dieselbe nur vermöge einer andern Kraft  $Q'$  beibehalten, welche sich, wie die letztere, in Kilogrammen ausdrücken läßt, und im Stande ist, den Widerständen das Gleichgewicht zu halten, die sich der Fortsetzung einer gleichförmigen Bewegung entgegen stellen. Sind diese Widerstände stets dieselben, so ist die Kraft  $Q'$  constant; ändern sie sich, so ist die anzuwendende Kraft ebenfalls veränderlich; alsdann kann man aber nur ihren mittleren Werth betrachten und dieselbe als constant ansehen.

Man muß die Kraft  $Q$  kennen, wenn man wissen will, ob es der Besspannung gelingen wird, einen beim Anziehen sich ergebenden bestimmten Widerstand zu überwinden, und für diesen besondern Fall kann man die ganze Kraft in Anspruch nehmen, deren die Pferde überhaupt fähig sind. Handelt es sich aber darum, das Fahrzeug auf eine gegebene Entfernung fortzuschaffen, so findet dies nicht mehr statt, und dann ist es die Kraft  $Q'$ , welche beachtet werden muß. Geht diese Kraft mit der Ebene, auf welcher sich das Fahrzeug bewegt, parallel und drückt  $l$  die Länge des zurückzuziehenden Weges aus, so ist  $Q'l$  das Kraft-Quantum, welches man verwenden muß, um den Transport zu bewirken. Bildet aber die Richtung der Kraft mit der Ebene, auf welcher sich das Fahrzeug bewegt, einen Winkel  $\phi$ , so zerlegt sich die Kraft  $Q'$ ; das hervorgebrachte Kraft-Quantum wird nur  $Q'l \cos \phi$  sein, und die andere Kraft  $Q' \sin \phi$  vermindert den Druck der Räder auf den Erdboden, belastet aber auch die Schultern des Pferdes und vermehrt den Druck der Vorderfüße gegen die Erde.

In allen Fällen ist es wichtig, daß das Kraft-Quantum, welches der Motor verwenden muß, um einen gegebenen Transport in einer bestimmten Art auszuführen, so gering als möglich gemacht wird. Hierzu gelangt man, wenn man  $Q$  zu einem Minimum macht, d. h. wenn man die Widerstände, welche sich der Bewegung entgegen stellen, möglichst verringert und für den Motor die vortheilhafteste Anspannungsart wählt.

Wir haben demnach das Pferd als Motor zu betrachten, die verschiedenen Anspannungsarten zu prüfen und die Bedingungen festzusetzen, die man erfüllen muß, um das Ziehen zu erleichtern.

## Erste Abtheilung.

### Das Pferd als Motor.

2. Das Pferd dient zum Transport von Lasten auf zwei verschiedene Arten: als Packpferd, wenn es die Last auf dem Rücken trägt, und als Zugpferd, wenn es angespannt ist. Diese beiden in der Artillerie üblichen Transportarten sind seit der ältesten Zeit angewandt worden, und dennoch haben wir über die Tagesarbeit, welche das Pferd in diesen beiden Verhältnissen zu leisten vermag, keine bestimmten Daten. Die Ungewißheit, in welcher wir uns in dieser Hinsicht befinden, entsteht aus der Schwierigkeit, Beobachtungen anzustellen; denn das Gewicht, welches ein Thier tragen, und die continuirliche Kraft, welche es äußern kann, sind abhängig von dem physischen Zustande des Motors, von der Art und der Gestalt des Erdbodens, von der Geschwindigkeit und der Dauer des Transports. Alle diese Dinge aber können ins Unendliche sich verändern.

Man muß daher mit annähernden Daten sich begnügen und darauf gefaßt sein, daß die durch die Erfahrung gefundenen mittleren Werthe um ein Viertel, und selbst um ein Drittel, entweder darüber oder darunter, von einander abweichen, je nachdem die genannten Umstände auf den Motor einwirken.

3. Ehe wir von der Arbeit des Pferdes reden, müssen wir die Geschwindigkeit, mit der es sich der Erfahrung nach in den verschiedenen Gangarten bewegen kann, kennen lernen.

### Geschwindigkeit des Pferdes.

Die mittleren Geschwindigkeiten des Reit- oder Packpferdes, das auf einem gut erhaltenen horizontalen Wege arbeitet, sind:

im Schritt 1,10 bis 1,80 Meter in der Secunde

= Trabe 2,20 = 3,50      dto.

= Galopp 5,00 = 5,50      dto.

Nur in den beiden ersteren Gangarten kann das Pferd während einer Tagesarbeit ausdauern, und dann kann man für diese beiden Gangarten doch nur das Minimum der Geschwindigkeiten annehmen.

Das Exercir-Reglement der Kavalerie setzt für die verschiedenen Geschwindigkeiten der Pferde andere Werthe fest. Es schreibt vor für den Schritt 1,60 bis 1,80 Meter in der Secunde

= = Trab 3,20 = 3,40      dto.

= = Galopp 5,00      dto.

Die mittlern Geschwindigkeiten eines Zugpferdes, welches unter den vorhin näher angegebenen Umständen arbeitet, sind:

im Schritt 1,10 Meter

= Trabe 2,20      dto.

Es muß indessen bemerkt werden, daß nicht alle Zugpferde im Trabe arbeiten können.

4. Bewegt sich das Pferd auf einer geneigten Ebene, so muß die so eben angegebene Geschwindigkeit sich anders gestalten, wenn man will, daß die Anstrengung dieselbe bleiben soll. Ueberdies darf die Neigung eine gewisse Gränze nicht überschreiten, denn das Pferd kann nicht, wie der Mensch, sehr steile Abhänge herauf- oder herunter steigen. Die Erfahrung lehrt, daß es unvorsichtig ist, mit einem Fahrzeuge einen Abhang von mehr als 30° Böschung herauf oder herunter zu fahren, wenn derselbe einigermaßen lang ist. Beinahe dieselbe Neigung bildet auch für den Reiter die Gränze.

### Arbeit des Packpferdes.

5. Auf einer guten Straße kann ein tüchtiges Packpferd 100 bis 150 Kg. tragen und so belastet in 10 Stunden 40 Km. oder 10 Postmeilen (lieus de poste) im Schritt zurücklegen. Der Ruß-Effect, den man möglicherweise täglich von demselben erhalten

kann, läßt sich demnach durch ein Gewicht von 4000 bis 6000 Kg., 1 Km. weit bewegt, ausdrücken.

Soll aber dasselbe Pferd beständig traben, so muß man seine Last auf 80 Kg. herabsetzen, damit es 36 bis 40 Km. in einem Tage zurücklegen kann, und der Nutz-Effect ist dann 2880 bis 3200 Kg., 1 Km. weit bewegt.

Wenn hingegen, statt einer todten Last, das Pferd mit einem Reiter und seiner Ausrüstung beschwert ist, so kann das Thier auf einer guten Straße nur 40 Km. täglich zurücklegen, obgleich es nur ungefähr 90 Kg. trägt. Dagegen gebraucht es zur Zurücklegung dieses Weges nur 7 bis 8 Stunden, statt 10. Der Nutz-Effect ist also in diesem Falle nur 3600 Kg., 1 Km. weit bewegt.

6. Es ist wichtig, die Tagesarbeit des Packpferdes mit der eines Menschen zu vergleichen, welcher ohne Maschinen Lasten fort schafft. Ein Lastträger kann während seines Tagewerks eine Last von 44 Kg. 20 Km. weit tragen, oder einen Nutz-Effect von 880 Kg., 1 Km. weit bewegt, hervorbringen, und da der mittlere Effect eines Packpferdes 5000 Kg. ist, so folgt hieraus, daß beinahe dasselbe Gewicht in einem Tage auf dieselbe Entfernung durch fünf Menschen oder durch ein Pferd fortgetragen werden kann. Das Verhältniß von 1:5 der Arbeit eines Lastträgers zu der eines Packpferdes findet indessen nur auf horizontalem Wege statt; auf geneigter Erdoberfläche verliert das Pferd etwas von seinem Vortheile.

### Zugkraft des Pferdes.

7. Um das Kraft-Quantum zu bestimmen, welches das Pferd beim Ziehen der Fahrzeuge hervorzubringen vermag, muß man die Zugkraft ermitteln, die es äußern kann. Hierzu wendet man den Dynamometer von Regnier an; man muß indessen dies Instrument vor und nach seinem Gebrauche prüfen, oder vielmehr man muß untersuchen, welchen Gewichten seine Zeiger entsprechen, da die Kräfte, welche an ihn wirken, die Thätigkeit seiner Feder verändern.

Zahlreiche mit dem Dynamometer angestellte Versuche haben gezeigt, daß die momentane Kraft, welche ein Pferd äußern kann, ohne zu prellen, zwischen 300 bis 500 Kg. liegt, je nach der Be-

schaffenheit des Thieres. Die größte momentane Kraft eines Pferdes von mittlerer Stärke würde daher 400 Kg. sein.

Diese Feststellung reicht indessen nicht hin; man muß auch wissen, unter welchem Winkel die Zugkraft am vortheilhaftesten wirkt, und ob die Belastung des Rückens dieselbe begünstigt oder behindert, mit einem Worte, ob, wie einige Gelehrte behaupten, das Maximum der Kraftäußerung eines Pferdes bei horizontaler Zuglinie und einer Belastung des Thieres statt findet.

8. Der General Berge stellte im Jahre 1816 in Metz Versuche an, welche bewiesen, daß auf einem festen Boden das nicht belastete Pferd unter einem Winkel von 10 bis 12°, oder 11° im Mittel ziehen muß, um die größtmöglichste Kraft zu entwickeln. Der Motor wirkte auf einen Dynamometer, den man an der einen Seite in der Mitte eines Drtscheites, um welches die Zugtaue geschlungen waren, befestigt hatte, und an der andern Seite in der Mitte des Strickes eines Bogens von Eschenholz, welcher Federkraft besaß und einen unbeweglichen Pfosten umfaßte. Diese Vorrichtung gestattete, den Zugwinkel nach Willkühr zu verändern, man hatte nur nöthig, den Bogen von Eschenholz zu heben oder zu senken.

Mit zwei Gespannen einer Escadron des Artillerie-Trains wurden Versuche angestellt. Eins derselben bestand aus vier starken, in gutem Zustand befindlichen Pferden, das andere aus vier Pferden, welche für die schwächsten der Escadron angesehen wurden, indessen ebenfalls in gutem Zustande waren. Ein Soldat hielt das Pferd, mit welchem der Versuch angestellt wurde, dicht beim Maule am Zügel, und führte es möglichst vor, so daß es die Zugtaue mit aller seiner Kraft, ohne zu prellen, anzog.

Die nachstehende Tabelle giebt die mittleren Werthe, welche aus einer großen Zahl partieller Resultate gezogen sind; die letzteren zeigten eine große Regelmäßigkeit und ergaben sich aus fünf verschiedenen Versuchen, welche einen Tag um den andern angestellt wurden.

Neigung der Zugtaue.	starke Pferde.	schwache Pferde.	Pferde von mittlerer Kraft.	Bemerkungen.
0°	389 Kg.	346 Kg.	368 Kg.	Die Kraft eines starken Pferdes übersteigt die des schwachen um $\frac{1}{10}$ i. Mittel.
6 bis 7°	424 =	376 =	400 =	
10 = 12°	443 =	401 =	422 =	
13 = 16°	397 =	366 =	382 =	

Die größten Zahlen 443, 401, 422 Kg. in den drei Kolonnen entsprechen also dem Winkel von 10 bis 12°. Man wird auch noch bemerken, daß unter diesem Winkel die momentane Wirkung des Pferdes um  $\frac{1}{5}$  größer ist, als die bei horizontalem Zuge von ihm hervorgebrachte. Dies kommt wahrscheinlich daher, daß das Pferd nur dann ziehen kann, wenn es sich gegen den Erdboden stützt, und daß die Unterstützung, die es dabei findet, zur vollständigen Entwicklung seiner Kraft nur dann genügt, wenn seine Vorderfüße mit einem von der Art des Erdbodens abhängigen Gewichte belastet sind; denn man weiß ja, daß das Pferd, wenn es eine große Kraft äußern will, den Kopf herunter nimmt und sich auf das Vordertheil legt. Unsere Erklärung wird auch noch durch die Theorie vollkommen bestätigt; denn wenn wir den Zugwinkel zu 11° annehmen, und die unter diesem Winkel hervorgebrachte Kraft  $f$  nennen, so ist  $f \cos 11^\circ$  die horizontale Kraft und  $f \sin 11^\circ$  die verticale, welche auf die Schultern des Pferdes wirkt, und  $\frac{\sin 11^\circ}{\cos 11^\circ} = \tan 11^\circ = \frac{1}{5}$  ist das Verhältniß der Belastung zur horizontalen Wirkung. Dies zeigt, daß auf einem ähnlichen Erdboden, wie derjenige war, auf welchem die Versuche statt fanden, die Schultern des Pferdes mit einem Gewichte von  $\frac{1}{5}$  der horizontalen Kraftäußerung belastet sein müssen, damit dieselbe ein Maximum werde. Auf schlüpfrigen Wegen, wo die Reibung geringer ist, muß das Verhältniß von  $\frac{1}{5}$  oder der Zugwinkel vergrößert und im entgegengesetzten Falle vermindert werden.

9. Es wird uns jetzt leicht werden, zu beurtheilen, welche Wirkung eine Belastung des Rückens auf das Ziehen ausübt; diese Belastung zerfällt in zwei Theile, wovon der eine auf die Hinterfüße wirkt, der andere die Vorderfüße gegen den Boden drückt. Beträgt dieser letztere  $\frac{1}{5}$  der größten Wirkung, welche das

Pferd momentan zu äußern vermag, so kann es dieselbe bei horizontalen Zugtauen hervorbringen. Ist das Verhältniß kleiner als  $\frac{1}{2}$ , so müssen die Zugtaue unter einem Winkel, der jedoch kleiner als  $11^\circ$  sein muß, geführt werden. Was das Gewicht anbetrifft, welches die Hinterhand des Motors zu tragen hat, so scheint es auf das Ziehen keinen Einfluß zu äußern; es kann das Pferd nur unnöthiger Weise belästigen und ermüden.

Man muß aus dieser Erörterung nicht folgern, daß man die Zugtaue unbedingt unter einem Winkel von  $11^\circ$  während der Tagesarbeit führen muß, denn wir werden bald sehen, daß die von einem Pferde aufzubringende continuirliche Kraft nur 75 Kg. beträgt, ein Gewicht, das bei weitem geringer ist, als das bei horizontalen Zugtauen erhaltene Resultat von 368 Kg. Dessenungeachtet ist es vortheilhaft, das Pferd für gewöhnlich unter einem Winkel von  $11^\circ$  ziehen zu lassen; es ist dann im Stande, mit dem Maximum seiner Kraft zu arbeiten, wenn die Hindernisse des Terrains es nöthig machen.

10. General Berge hat im Jahre 1816 auch Versuche angestellt, um den Einfluß einer Rückenbelastung auf das Ziehen zu ermitteln. Die Pferde wirkten wie bei den erwähnten Versuchen und trugen entweder ein Gewicht von 50 oder 100 Kg. oder einen Traininfoldaten. Die erhaltenen Resultate sind folgende:

Belastung.	Zugwinkel.	Kraftäußerung des Pferdes.		
		von starkem Bau.	von schwachem Bau.	von mittlerer Kraft.
100 Kg.	6 bis $7^\circ$	464 Kg.	377 Kg.	420 Kg.
50—60 Kg.	10 = $12^\circ$	443 "	361 "	402 "

Diese Tabelle zeigt, daß das Maximum der Kraftäußerung nicht mehr dem Winkel von  $11^\circ$  entspricht, wenn das Pferd belastet ist. Vergleicht man diese Tabelle mit der vorigen, so ergibt sich ferner, daß das mit 100 Kg. belastete Pferd unter dem Winkel von 6 bis  $7^\circ$  dieselbe Wirkung hervorbringt, als das unbelastete unter einem Winkel von 10 bis  $12^\circ$ . Der Druck also, den die Belastung auf die Vorderfüße des Pferdes ausübt, ersetzt einen

Theil desjenigen Druckes, der aus der Zerlegung der ausgeübten Kraft in dem Fall entsteht, wenn die Zugtaue sich gegen die horizontale Linie neigen. Dies rechtfertigt die Erklärung, welche wir über den Einfluß gaben, den die Neigung der Zugtaue auf die Kraftentwicklung des Pferdes hat.

11. Die bei diesen Versuchen vorwaltenden Umstände finden in der Praxis, wenn die Pferde ihre Kraft anwenden, um Fahrzeuge in Bewegung zu setzen, nicht statt. Um auf diesen Fall anwendbare Resultate zu erhalten, versuchte es der General Berge, die größte Kraftleistung des Pferdes zu ermitteln, wenn es auf ein Fahrzeug wirkt. Er benutzte hierzu eine Gabelbeichsel, die man in verschiedenen Höhen an das Vordergestell eines Munitionswagens anbringen konnte. Aber der Zweck konnte wegen unerklärlicher Anomalien nicht erreicht werden, und man war gezwungen, die Versuche aufzugeben; indessen sind die durch diesen Versuch erhaltenen Daten nicht weniger als alle frühern geeignet, über die Kraftäußerung des Pferdes Aufschluß zu geben.

Die Gabelbeichsel wurde zuerst unmittelbar an das Fahrzeug befestigt, ohne den Dynamometer in Anwendung zu bringen. Zuerst ließ man das Pferd wirken, welches man für das stärkste hielt, dieser Erwartung aber bei den frühern Versuchen nicht entsprochen hatte; es bewegte sogleich das 4880 Kg. schwere Fahrzeug. Es konnte das Fahrzeug aber nicht mehr von der Stelle schaffen, als man die Belastung bis zu 5000 Kg. vermehrt hatte. Das Pferd, welches beim Dynamometer die größte Kraft geäußert hatte, konnte das Fahrzeug nur bei einem Gewicht von 4000 Kg. von der Stelle schaffen.

Nach diesen ersten Versuchen wurde der Dynamometer eingelegt und das ganze Gewicht auf 4500 Kg. gebracht. Ein Pferd konnte das Fahrzeug nicht von der Stelle schaffen, obgleich es eine Kraft von 950 Kg. äußerte. Ein anderes Pferd brachte den Zeiger des Instruments nur auf 850 Kg. Darauf ließ man das beim Versuch zuerst benutzte Pferd ziehen, und es gelang ihm erst bei einem Kraftaufwande von 1050 Kg. das Fahrzeug von der Stelle zu schaffen.

Der Dynamometer zeigt daher nicht die wahre Stärke der Pferde an, wenn man sich darauf beschränkt, sie in der Art ziehen

zu lassen, daß ein Druck hervorgebracht wird (8); das an ein Fahrzeug angespannte Pferd kann mittelst eines Ruckes gegen das Kumm eine doppelt so große Wirkung hervorbringen, als diejenige ist, deren man es gewöhnlich für fähig hält.

### Tägliches Kraft-Quantum des Zugpferdes.

12. Das Kraft-Quantum, welches ein Zugpferd täglich auszuüben vermag, hängt, wie wir wissen, von der Kraft ab, die es continuirlich entwickeln kann. Der mittlere Werth dieser Kraft kann wegen der verschiedenen Bodenarten und vorkommenden Hindernisse durch Versuche nicht ermittelt werden, wie dies im Anfang dieses Kapitels angedeutet worden ist. Man muß sich demnach mit einigen Daten über die beim Ziehen vorkommenden eigenthümlichen Verhältnisse begnügen.

Nachdem wir sämtliche Schriftsteller, die über die Gegenstand geschrieben, zur Hand genommen\*) und die Resultate derjenigen Versuche geprüft haben, welche von der akademischen Gesellschaft zu Metz und von einigen Privatpersonen über den Pflug und die Wagen gemacht worden sind, glauben wir, daß nach dem gegenwärtigen Stande der durch Beobachtung gewonnenen Daten man annehmen kann, daß ein Pferd, welches einen Meter in der Secunde zurücklegt, fähig ist, jeden Tag eine continuirliche Kraft von 70 bis 80 Kg. während 9 bis 10 Stunden, in welchen es 32 bis 36 Km. zurücklegt, hervorzubringen.

Das Quantum der continuirlichen Kraft eines mittelstarken Pferdes hat demnach für eine Secunde den Werth von 75 Kg. auf einen Meter in derselben Zeit gehoben, oder nach dem herkömmlichen Ausdrucke 75 Kilogramm-Meter, was wir 75 K. schreiben wollen.

Man kann aber die Zugkraft bis zu gewissen Gränzen vergrößern oder verkleinern, vorausgesetzt, daß man verhältnißmäßig die Geschwindigkeit verkleinert oder vergrößert. So haben z. B. die englischen Ingenieure und namentlich Tredgold das Kraft-Quantum eines Pferdes in jeder Secunde auf 66 Kg., 1,12 Meter

\*) Rapport de M. de Prony sur la pompe à feu du Gros-Cailloux; Mémoire sur une unité de force dynamique et cinquième leçon de mécanique par M. Ch. Dupin; M. Navier, sur un chemin de Paris au Havre etc. etc.

gehoben, bestimmt, welcher Ausdruck dem von uns angegebenen beinahe gleich kommt, da er sich durch 73,92 K<sub>g.</sub>, einen Meter gehoben, darstellen läßt.

Es ist wesentlich zu bemerken, daß, wenn wir die continuirliche Kraft eines Pferdes von mittlerer Kraft auf 75 K<sub>g.</sub> feststellten, wir voraussetzten, das Pferd sei gesund und in gutem Zustande, es benutze seine ganze Kraft zum Ziehen und die Arbeit finde auf einer Heerstraße im ebenen Lande statt. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind und wenn die Belastung des Fahrzeuges sowohl auf unsern angegebenen Ausdruck, als auf den Widerstand basiert ist, den ein horizontaler Weg dem Motor entgegenstellt, so wird die Bespannung gewöhnliche Höhen ohne Vorlegepferde überschreiten können. Dies wird aber nicht mehr der Fall sein, wenn die Böschungen so steil sind, daß jedes Pferd genöthigt wird, eine Kraft anzuwenden, welche doppelt so groß ist als die gewöhnliche, oder wenn die Abhänge häufig vorkommen, oder auch wenn sie sehr lang sind. Dann würde man sich aber auch nicht mehr in einem ebenen Lande befinden, und die Belastung des Fahrzeuges müßte vermindert werden. Sind die Böschungen indessen nicht steil, so haben sie, wenn sie auch häufig vorkommen, keinen merkbaren Einfluß weder auf die Arbeit, noch auf die Ermüdung des Pferdes, weil beim Bergabfahren das wieder gewonnen wird, was beim Bergauffahren verloren geht.

13. Es giebt noch einen Fall, wo unser Ausdruck für die continuirliche Kraft des Pferdes nicht angewandt werden kann, nämlich bei schnelleren Gangarten als dem Schritt. Alsdann muß man diese Kraft gewiß geringer als 75 K<sub>g.</sub> annehmen; ihr wirklicher Werth ist aber bis jetzt noch gänzlich unbekannt. Er edgold giebt freilich die Kräfte an, welche das Pferd bei verschiedenen Graden der Geschwindigkeit anwenden kann; da dieser Schriftsteller aber die Sache nur aus dem rein theoretischen Gesichtspunkte betrachtet, da seine Formeln mit nichts belegt sind und da er sie blos hinstellt, ohne sie durch ein Raisonnement zu unterstützen, so glauben wir, daß die von ihm daraus abgeleiteten Resultate kein Vertrauen verdienen.

14. Es bleibt uns noch übrig, die täglichen Kraft-Quanta des Pferdes und des Menschen, wenn beide zum Ziehen benutzt werden, mit einander zu vergleichen.

Mavier lehrt uns, daß der letztere eine continuirliche Kraft von 12 Kg. hervorbringen kann, wenn er 8 Stunden arbeitet, und 0,60 Meter in der Secunde zurücklegt, oder daß sein tägliches Kraft-Quantum 207360 K. beträgt. Nach dem Vorhergehenden beträgt das tägliche Kraft-Quantum eines Pferdes 75 K.  $\times$  34200" = 2565000 K., wenn wir die Arbeitszeit auf  $9\frac{1}{2}$  Stunde ansetzen.

Folglich verhält sich das tägliche Kraft-Quantum eines Zugpferdes zu dem eines Menschen, welcher zum Ziehen benutzt wird, wie 256500 : 20736, oder kürzer wie 12 : 1. Was die constanten Kräfte dieser beiden Motoren betrifft, so ist ihr Verhältniß beinahe wie 6 : 1.

### Arbeit des Wagenpferdes.

15. Um die tägliche Arbeit bestimmen zu können, welche das am Fahrzeuge angespannte Pferd verrichten kann, war es nothwendig, das Kraft-Quantum kennen zu lernen, welches dieser Motor jeden Tag verwenden kann.

Wir verstehen unter Arbeit das Product aus dem Total-Gewichte, welches das Pferd während eines Tages ziehen kann, in den Weg, den es zurückzulegen vermag. Bezeichnet demnach P das Totalgewicht des Fahrzeuges und seiner Belastung, V die mittlere Geschwindigkeit des Transportes und T die Dauer des Marsches, so gibt  $P \times V \times T$  einen Ausdruck für die in der Zeit T ausgeführte Arbeit. Bezeichnet m das Verhältniß von P zu der continuirlichen Kraft Q' (1), die das Pferd täglich äußern kann, so läßt sich die Arbeit auch durch  $m \times Q' \times V \times T$  darstellen. Nun ist aber in dem letzten Product der Werth  $Q' \times V \times T$  das Kraft-Quantum, welches der Motor in der Zeit T verwenden kann, und mit dem wir uns bereits beschäftigt haben. Es bleibt uns daher noch übrig, den Werth des Coefficienten m aufzufinden. Aber dieser Coefficient ist durchaus nicht constant; er verändert sich augenscheinlich mit der Einrichtung des Fahrzeuges, der Beschaffenheit des Weges und im Allgemeinen mit der Geschwindigkeit der Bewegung, so daß man für jedes Fahrzeug von verschiedener Einrichtung, auf verschiedenem Terrain, mit den im Dienste vorkommenden Geschwindigkeiten specielle Versuche anstellen müßte, um einen richtigen mittlern Werth von m zu erhalten.

16. Bis jetzt sind ähnliche Versuche nicht angestellt worden, vielleicht wird man auch noch lange Zeit vor den Schwierigkeiten und den Kosten, welche sie verursachen würden, zurückschrecken. Um aber einen Begriff von den verschiedenen Werthen des Coefficienten  $m$ , oder des Verhältnisses  $\frac{1}{m}$  der Kraft  $Q'$  zum Gewichte  $P$  zu geben, sind wir genöthigt, uns darauf zu beschränken, in der nachstehenden Tabelle die vom Grafen Rumford erhaltenen Resultate mitzutheilen, und schließen daran die Ergebnisse derjenigen besondern Versuche, welche uns zur Kenntniß gekommen sind und einiges Vertrauen verdienen.

Art der angewandten Fahrzeuge.	Beschaffenheit der zurückgelegten Wege.	Geschwindigkeit des Transports.	Werth des Verhältnisses $\frac{1}{m}$	Bemerkungen.
Graf Rumford.	gut erhaltenes Straßenpflaster	kurz. Schritt	$\frac{1}{46}$ $\frac{1}{36}$ $\frac{1}{24}$ $\frac{1}{15}$	
		stark. Schritt		
		kurzer Trab		
		starker Trab		
vierrädriger Wagen mit Federn.	Sommerweg neben einer gepflasterten Straße und guter Weg von Steinanschlüttung	für alle Geschwindigkeiten	$\frac{1}{25}$ $\frac{1}{23}$ $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{6}$	
		etwas sandiger Boden		
		sehr sandiger Boden		
		mit Steinen beschüttete Straße, die noch nicht fest war		
Fahrzeug der Feldartillerie (Mey 1825.)	guter Ager frisch gepflügtes und dann gehacktes Feld	im Schritt	$\frac{1}{23}$ $\frac{1}{10}$	(a) gewöhnlich angenommenes Verhältniß.

Da die Versuche des Grafen Rumford mit Luxuswagen angestellt wurden, so können sie auf Wagen ohne Federn nur in den Fällen angewandt werden, wo die Fahrzeuge keinen Stößen ausgesetzt sind. Es läßt sich aus denselben nur entnehmen, daß der Theorie gemäß, in der Wirklichkeit der Widerstand eines Fahrzeuges auf holperigen Wegen mit der Geschwindigkeit zunimmt und zwar in sehr starkem Maße, während derselbe auf einem festen, ebenen Boden, wie in tiefem Sande, von der Geschwindigkeit beinahe unabhängig ist und constant bleibt. So z. B. zeigte der Wagen mit Federn des Grafen Rumford auf dem gut erhaltenen Sommerwege im Schritt und Trabe beinahe gleichen Widerstand; der Widerstand im tiefen Sande veränderte sich mit der Geschwindigkeit ebenfalls nicht; auf dem gut erhaltenen Pflaster aber war der Widerstand im kurzen Trabe beinahe doppelt so groß, als der Widerstand im kurzen Schritt, und im starke Trabe vergrößerte er sich auf das Dreifache.

17. Daß auf gutem Erdwege das Fortziehen eines Wagens durch die Zunahme der Geschwindigkeit nicht merklich erschwert wird, berechtigt nicht mit Rumford zu schließen, daß um eine lange Reise auf guten Wegen mit ein und denselben Pferden zu machen, man besser thue, die Entfernungen zwischen den Stationen im Trabe als im Schritt zurückzulegen; denn da das Kraft-Quantum, welches ein den ganzen Tag über trabendes Pferd hervorbringt, viel geringer ist, als das von ihm im Schritt hervorgebrachte, so müßten die Widerstände des Fahrzeuges mit dem Kraft-Quantum in directem Verhältnisse stehen, wenn die Arbeit in beiden Fällen dieselbe bleiben sollte. Dies findet aber durchaus nicht statt, selbst nicht einmal auf dem guten Landwege, weil nach der obigen Tabelle diese Widerstände gleich bleiben.

### Transport im Schritt.

18. Wir können jetzt den Werth von 75 Kg., welchen wir als die continuirliche Kraft eines mittelstarken Pferdes angenommen haben, rechtfertigen; wir haben nur nöthig, von den Werthen des Verhältnisses  $\frac{1}{m}$  einige Anwendungen zu machen. Hierzu wählen wir diejenigen Werthe, welche sich auf die Frachtwagen beziehen,

da diese den in der Artillerie gebräuchlichen Fahrzeugen analoger sind, als die in Federn hängenden Wagen Rumfords; durch die sich ergebenden Resultate lernt man zu gleicher Zeit die Arbeit im Schritt kennen.

Wenn wir die continuirliche Kraft von 75 Kg., welche das Pferd von mittlerer Stärke im Schritt äußern kann, zuerst mit 12 und dann mit 20 multipliciren, so finden wir, daß es auf Straßen von Steinanschüttung 900 Kg. ziehen kann, d. h.

Ladung des Fahrzeuges	700 Kg.
Gewicht desselben	200 =
	Summa 900 Kg.

und daß auf dem Steinpflaster dasselbe Pferd 1500 Kg. ziehen kann, d. h.

Ladung des Fahrzeuges	1300 Kg.
Gewicht desselben	200 =
	Summa 1500 Kg.

Da das Pferd bei Anwendung von 75 Kg. continuirlicher Kraft täglich 32 bis 36 Km. zurücklegt, so ist es fähig, in einem Tage 900 bis 1500 Kg. auf eine Entfernung von 32 bis 36 Km. fortzuschaffen, je nach der Art der Straße und der Gestaltung des Terrains, wobei aber vorausgesetzt wird, es sei Flachland.

Navier in seinem oben angeführten Werke nimmt 80 Kg. für die continuirliche Kraft eines guten Zugpferdes an. Bei dieser Annahme und unter den angegebenen Verhältnissen bringt er das Total-Gewicht eines auf einer Straße von Steinanschüttung sich bewegenden Fahrzeuges auf 960 Kg., und auf 1600 Kg. bei einem Fahrzeuge, das auf Straßenpflaster läuft. Demnach ist unser Ausdruck für ein mittelstarkes Pferd nicht zu hoch gestellt. Um ihn noch mehr zu rechtfertigen, müssen wir anführen, daß nach den Protokollen über Vorschläge zu Brückenwagen, die Ladung der auf den Wegen in der Umgegend von Paris fahrenden Wagen oft 2000 Kg. für jedes Pferd übersteigt; daß die Frachtfuhrleute aus verschiedenen Gegenden Frankreichs im Durchschnitt 32 Km. täglich zurücklegen bei einer Ladung von 1140 Kg. für jedes Pferd; daß die Fuhrleute, welche durchschnittenes Terrain passiren, für jedes Pferd ungefähr 912 Kg. laden, und endlich, daß die Frachtfuhrleute

mit Pferden von ungleicher Stärke und auf ausgefahrenen oder sandigen Wegen 712 Kg. auf jedes Pferd rechnen.

### Transport im Trabe.

19. Nach Navier weiß man, daß das an einem Wagen gespannte Pferd eine Last von 350 Kg. ungefähr 36 Km. weit transportirt, wenn es  $4\frac{1}{2}$  Stunde auf horizontalem Boden trabt. Dies ist aber nur ein Minimum; denn nach Ch. Dupin zieht ein Postpferd eine Last von 360 Kg., ohne das Gewicht des Wagens zu rechnen, und legt eine Entfernung von 34 bis 38 Km. zurück, und in England transportirt das Postpferd 450 Kg. auf eine Entfernung von 40 Km.

## Zweite Abtheilung.

### Zusammensetzung der Bespannungen.

20. In dem über die Arbeit des Pferdes bisher Gesagten nahmen wir an, das Pferd sei von mittlerer Stärke und wende seine ganze Kraft nur auf das Fahrzeug an. Diese Voraussetzungen müssen demnach berücksichtigt werden, wenn man die bisher gegebenen Daten als die Grundlagen zur Zusammensetzung der Bespannungen benutzen will. In den Fällen nämlich, wo ein Pferd nicht die mittlere Stärke erreicht, muß man seine Kraft nur zu 70 Kg. in Anschlag bringen, und man wird selbst gezwungen sein, sie noch zu ermäßigen, wenn das Pferd einen Fahrer tragen soll; denn wenn dies Pferd eine eben so große continuirliche Kraft anwendet, als das Pferd ohne Fahrer, so wird es unbedingt mehr angestrengt als ein Pferd, das nur bloß zieht.

Aus diesem Grunde weist man den Fahrer an, das Sattelpferd zu schonen und das Handpferd vorzutreiben. Dies Verfahren mag für die Stangenpferde, welche an eine feststehende Bracke gespannt sind, recht zweckmäßig sein; aber von den Vorder- und Mittel-Reitern sollte man es nicht verlangen, wenn ihre Pferde an eine mit der Deichselspitze verbundene Bracke ziehen; denn da diese Bracke beweglich ist, so müssen nothwendiger Weise die an ihren beiden Enden wirkenden Kräfte unter einander gleich sein. In

diesem Falle nun wird das Sattelpferd wirklich mehr angestrengt als das Handpferd, und man kann selbst einräumen, daß dies auch bei allen anderen Pferde-Paaren statt findet, wenn man bedenkt, wie wenig die Fahrer sich bestreben, die Gleichheit zwischen der summarischen Arbeit der Sattelpferde und dem Ziehen der anderen Pferde herzustellen. Außerdem giebt es noch andere Verhältnisse, wo man genöthigt sein wird, die Sattelpferde zur Anwendung ihrer ganzen Kraft anzuhalten. Um nun diese Pferde nicht übermäßig zu ermüden, ist es gut, die Last nicht so groß zu machen, als man dies eigentlich könnte, zu Sattelpferden die Stärksten auszuwählen, und sie auf einige Tage als Handpferde anzuspannen, wenn man wahrnimmt, daß sie mehr als die anderen Pferde ermüdet wurden.

21. Um die Belastung insoweit zu ermäßigen, daß die Kräfte des Sattelpferdes niemals durch das Ziehen erschöpft werden können, müßte man wissen, wie groß die Wirkung dieses Pferdes auf das Fahrzeug sein muß, wenn es nur eben so stark angestrengt sein soll, als das unbelastete Handpferd. Ueber diesen wichtigen Punkt hat die Erfahrung uns bis jetzt keinen Aufschluß gegeben. Ch. Dupin, der den Gebrauch tadelt, die französischen Posten durch Postillone zu Pferde fahren zu lassen, beschränkt sich darauf, die Vermuthung aufzustellen, daß durch den Transport dieses Menschen auf dem Rücken des Pferdes zwei Drittel der Kraft des Sattelpferdes verloren gehen. Hieraus würde zu folgern sein, daß die Wirkung dieses Pferdes auf das Fahrzeug nur ein Drittel so groß ist, als die Wirkung des andern Pferdes. Wenn wir aber bedenken, daß das Verhältniß dieser beiden Wirkungen um so mehr sich der Einheit nähert, je geringer die Geschwindigkeit ist und je mehr sich die Arbeit des Handpferdes vom Maximum entfernt, so werden wir finden, daß bei den Bespannungen der Artillerie dies Verhältniß gleich  $\frac{1}{2}$  gesetzt werden kann, vorausgesetzt, daß bei den Posten das Verhältniß von  $\frac{1}{3}$  nicht zu gering ist. Und in der That, die Postpferde traben beinahe immer, man verlangt von ihnen die ganze Arbeit, welche sie in einem Tage zu leisten vermögen, während die Pferde der Artillerie alle Märsche im Schritt ausführen, nur beim Manövriren oder beim Verfolgen des Feindes traben, und selbst diejenigen, von welchen man gewöhnlich die größte Tagesarbeit verlangt, noch lange nicht ihr ganzes verwendbares tägliches Kraft-

Quantum verbrauchen, da die Belastung der Fahrzeuge so eingerichtet ist, daß sie in den schlechtesten Wegen von ihren Bespannungen gezogen werden können.

Bei Ermittlung der Zusammensetzung der Bespannungen können wir also annehmen, daß die Arbeit des Sattelpferdes beim Ziehen halb so groß ist als die Arbeit des in seinen Bewegungen vollkommen freien Handpferdes, obgleich dies Verhältniß wahrscheinlich zu gering ist.

22. Die Untersuchung, welche wir über die Kraft des Pferdes angestellt haben, kann nur insofern von wirklichem Nutzen sein, als wir dadurch in den Stand gesetzt werden, die Anzahl der Pferde zu bestimmen, mit welchen man die Fahrzeuge der Artillerie bespannen muß.

Diese Anzahl würde sich unmittelbar aus Nr. 18 und 19 ergeben, wenn die Fahrzeuge sich nur auf guten Wegen und mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegen sollten. Wenn man aber bedenkt, daß sie sämmtlich im Stande sein müssen, sehr schlechte Wege zu passiren, daß manche derselben durchschnittenes und vom Regen aufgeweichtes Terrain zurücklegen müssen, daß überdies die Schnelligkeit des Transports nicht bestimmt vorgeschrieben ist und daß man nur weiß, die Bespannungen solcher Fahrzeuge müssen traben und selbst galoppiren können, ohne die von den Ereignissen des Krieges abhängige Dauer dieser Gangarten vorher bestimmen zu können, wenn man endlich bedenkt, daß die früher gegebenen Ausdrücke ein in gutem Stände befindliches Pferd voraussetzen, während Entbehnungen aller Art die Kräfte des Pferdes im Lauf einer Kampagne bedeutend schwächen: so läßt sich leicht der Schluß ziehen, daß die uns beschäftigende Frage keiner genauen Lösung fähig ist und daß die Stärke der Bespannungen sich je nach der Natur des Landes, wo der Krieg geführt wird, verändern sollte.

Ungeachtet dieser Folgerung scheint uns die Zusammensetzung der Bespannungen ein zu wichtiger Gegenstand zu sein, als daß wir es verabsäumen sollten, einige Betrachtungen anzustellen, die zum wenigsten dazu dienen werden, uns damit bekannt zu machen, wie diese Frage erörtert werden muß, und die einen Begriff geben von den Leistungen, welche man von den Bespannungen der Artillerie-Fahrzeuge erwarten darf.

Die Zahl der Pferde, aus denen eine Bespannung zusammengesetzt werden muß, hängt vom Gewicht des Fahrzeuges und von der continuirlichen Kraft ab, welche der Motor auszuüben vermag. Da nun diese Kraft mit der Geschwindigkeit des Transportes sich verändert und diese Geschwindigkeit durch die Art des Artilleriebienstes bestimmt wird, so muß man drei Arten von Bespannungen unterscheiden: die Bespannungen der Batterien, der Feldparks und der Belagerungsparks.

Unter der ersten Benennung verstehen wir die Bespannungen der Fuß- und reitenden Artillerie. Sie könnten verschieden sein, wenn diese beiden Waffen noch mit dem alten Material versehen wären; jetzt aber müssen sie einander gleich sein, weil man den Bewegungen der Fuß-Artillerie eine größere Geschwindigkeit verliehen hat, indem man die Fahrzeuge so einrichtete, daß die Kanoniere sich im Nothfall theilweis durch das Geschütz, theilweis durch den Munitionswagen fortschaffen lassen.

### Die Bespannungen der Batterien.

23. Wir wollen uns zuerst mit den Bespannungen der Batterien beschäftigen und das Gewicht ermitteln, welches der Dienst im freien Felde jedem Pferde zu ziehen gestattet. Zu diesem Zweck gehen wir von dem Grundsatz aus, daß die Zugpferde der reitenden Artillerie, welche die Bewegungen der Kavalerie stets unterstützen soll, niemals einer größern Ermüdung ausgesetzt sein dürfen, als die Pferde der Kavalerie. Hieraus folgt, daß die Pferde dieser beiden Waffen mit gleichen Kräften und in gleich gutem Gesundheitszustand Gewichte fortschaffen müssen, welche sich zu einander verhalten, wie die durch ein und dieselbe Gangart bedingten Tagesarbeiten.

Die Tagesarbeit eines tüchtigen Reitpferdes im Schritt auf gutem horizontalen Wege wurde zu 3600 Kg, 1 Km. weit bewegt, bestimmt (5), und wir stellten zugleich die continuirliche Kraft eines gewöhnlichen Pferdes, das 34 Km. täglich im Schritt zurücklegt, auf 75 Kg. fest. Nun sind aber in einer Artillerie-Bespannung eben so viele Sattelpferde als Handpferde, und wir nahmen an, daß die Leistung der erstern nur halb so groß sei als die der letztern; daher können wir die Kraft eines Pferdopaars zu 112 Kg.

annehmen, woraus sich für jedes Zugpferd die mittlere Kraft von 56 Kg. ergibt.

Um nun die ungünstigsten Verhältnisse zu Grunde zu legen, wollen wir annehmen, daß die Zugkraft jedes Pferdes  $\frac{1}{7}$  des Totalgewichtes beträgt, was es mittelst des Fahrzeuges fortschaffen kann. Durch diese Annahme wird die Vermehrung des Widerstandes, welche im Felde durch die Beschaffenheit gewisser zu überschreitenden Terrainstellen erzeugt wird, ausgeglichen, obgleich in der Wirklichkeit der Widerstand in einem frisch gepflügten oder gehackten Boden nur  $\frac{1}{10}$  des Totalgewichtes beträgt und derselbe auf einem Wege von Steinanschüttung  $\frac{1}{2}$  nicht übersteigt. Das Zugpferd könnte demnach während seiner Tagesarbeit ein Gewicht von 7 mal 56 Kg. oder 392 Kg. 34 Km. weit fortschaffen, was sich auch durch 13328 Kg., 1 Km. weit bewegt, ausdrücken läßt. Daß dies Gewicht jenes für das Reitpferd gefundene Gewicht von 3600 Kg. so sehr übersteigt, rührt aus dem Vortheil her, den der Motor aus der Transportart mittelst des Fahrzeuges zieht, und da die Verhältnißzahl von 13328 : 3600 = 3,7 ist, so kann das Zugpferd, selbst bei schlechten Wegen, ohne größere Anstrengung eine Last fortziehen, die 3,7 mal größer ist, als die Belastung des Kavalerie-Pferdes. Nun ist das Pferd der leichten Kavalerie mit 90 Kg. belastet, folglich kann das Zugpferd einer Batterie 333 Kg. ziehen. Bisweilen jedoch wird es durch die Fortschaffung dieses Gewichtes gewiß mehr angestrengt werden als das Kavaleriepferd, zum Beispiel wenn das Terrain sehr durchschnitten ist, oder wenn man auf gepflügtem Acker und vom Regen durchweichenden Boden manövriren muß. Diese Anstrengung aber übersteigt nicht die Dauer eines Tages, und da das Pferd für gewöhnlich nur 333 Kg. zieht, so wird es nicht sein ganzes verwendbares Kraft-Quantum verbrauchen, während das Reitpferd, dessen Arbeit fortwährend ein Maximum bleibt, jeden Tag die ganze Anstrengung empfindet, die es auszuhalten vermag. Es werden also nach einer gewissen Anzahl im Schritt zurückgelegter Tagemärsche die Pferde der Bespannungen weniger angestrengt sein, als die Pferde der Kavalerie, wenn das jedem Pferd zugetheilte Gewicht des Fahrzeuges 333 Kg. oder in runder Zahl 330 Kg. nicht übersteigt.

24. Wir müssen jetzt prüfen, ob das Gewicht von 330 Kg. für jedes Pferd nicht zu groß ist, wenn die Batterien der Kavalerie im Trabe folgen sollen. Wir haben gesehen (19), daß bei den Privat-Posten jedes Pferd 360 Kg. ziehen muß, selbst wenn die Bespannung aus 6 Pferden besteht und 2 Postillone erfordert. Das Gewicht von 360 Kg. ist um 30 Kg. größer als das von uns zuvor angegebene, und es folgt daraus, daß auf guten Straßen die Bespannungen der Batterien ihre Arbeit im Trabe verrichten können; es wird aber nicht mehr so sein, wenn man auf schlechten Wegen oder gepflügten Aekern sich bewegt. Da die Widerstände des Fahrzeuges sich dann vermehren, während den Pferden das Gehen erschwert wird, so wird die Anstrengung des Motors zu groß sein, als daß er sie täglich aushalten könnte. Wenn demnach die Batterien häufig in schwierigem Terrain im Trabe manövriren müssen, so würde es gut sein, von jedem Pferde weniger als 330 Kg. ziehen zu lassen.

Aber unter den von uns vorausgesetzten Umständen wird auch das Kavaleriepferd nicht täglich im Trabe manövriren können; denn nehmen wir selbst an, dieß Pferd arbeite auf einer guten Straße, so müßte das von ihm getragene Gewicht von 90 Kg. bis auf 80 Kg. vermindert werden, und diese Verminderung müßte in schwierigem Terrain noch bedeutender werden (5). Demnach sind die für den Marsch im Schritt geeigneten Gewichte von 330 Kg. und 90 Kg. für die Arbeit im Trabe alle beide zu groß. Da auf schlechten Wegen die Widerstände, welche das Fahrzeug erleidet, sich vergrößern, so ist ohne Zweifel alsdann das Zugpferd einer größern Anstrengung ausgesetzt, als das Reitpferd; aber es scheint uns, daß diese Differenz durch die Dienstverhältnisse mehr als ausgeglichen wird, da das Kavaleriepferd bei weitem mehr traben muß als das Zugpferd. Das Gewicht von 330 Kg. genügt daher vollkommen der Bedingung, welche wir zum Grunde legten.

25. Die vorige Erörterung beweist indessen, daß 330 Kg. ein Maximum ist, das man nicht erreichen darf, wenn man die Zahl der Pferde für diejenigen Bespannungen bestimmen will, welche den sehr mobilen Dienst bei den Divisions-Batterien verrichten sollen.

Für die Zusammensetzung der Bespannungen der Reserve-Batterien aber kann jene Zahl als Basis dienen, denn diese

Batterien führen ihre Bewegungen gewöhnlich im Schritt aus und man würde ihre Pferde nicht zu Grunde richten, wenn man unter Verhältnissen, wo die Reserve rasch auf einen bestimmten Punkt geführt werden soll, eine außerordentliche Arbeit von ihnen verlangte. Dies beweist nun, daß wenn es Grundsatz ist, die Reserve-Batterien aus Geschützen von schwerem Kaliber zu formiren, das Pferd ihrer Bespannungen auch ein größeres Gewicht ziehen kann, als wenn es in einer Divisions-Batterie arbeitet.

### Die Bespannungen der Belagerungs-Parks.

26. Wir müssen nun noch das Gewicht ermitteln, welches das Pferd unter Berücksichtigung der Dienstverhältnisse bei den Parks täglich ziehen kann. Wir wollen zuvörderst die Belagerungs-Parks betrachten, weil der für sie gefundene Ausdruck auch für die Feld-parks benutzt werden soll.

Obgleich der Belagerungs-Park gewöhnlich auf den großen Straßen im Schritt verbleibt, so darf man es sich doch nicht einfallen lassen, den Pferden dasselbe Gewicht ziehen zu lassen, das man mittelst der Frachtwagen fortschaffen kann. Die Verminderung der Rationen, der augenblickliche Mangel an Nahrungsmitteln und die Bivouacs verursachen oft einen sehr großen Kraftverlust, und ungeachtet dieser Schwächung muß der Transport ausgeführt werden. Es ist demnach nothwendig, das Total-Gewicht jedes Fahrzeuges in so weit zu ermäßigen, daß es jedenfalls die Mittel der Bespannung nicht überschreitet. Aus diesem Grunde behalten wir das Verhältniß von  $\frac{1}{2}$  der Leistung des Sattelpferdes zu der der Handpferde bei, statt 75 Kg. nehmen wir 70 Kg. als die Zugkraft an, welche ein Pferd ohne Reiter täglich und kontinuierlich äußern kann; endlich nehmen wir an, daß das Verhältniß dieser Kraft zu dem vom Pferde fortgezogenen Total-Gewichte gleich  $\frac{1}{2}$  ist, nämlich so wie wir es oben für schwache Pferde und schlechte Wege gefunden haben.

Hiernach wird die Kraft eines Pferdepaares = 70 Kg. + 35 Kg. oder 105 Kg. sein, und die mittlere Kraft jedes Pferdes der Bespannung ist 52,5 Kg. oder in runder Zahl 50 Kg. Da dieses Gewicht auch den Theil des Widerstandes ausdrückt, den

der Motor fortwährend überwinden kann, so finden wir das Gewicht, welches diesen Widerstand hervorbringt, gleich 50 Kg.  $\times$  9 = 450 Kg., d. h. ein Gewicht, welches jedes Pferd der Bespannung unter allen Verhältnissen ziehen kann. Wird dieser Ausdruck zugestanden, so handelt es sich nur darum, das Total-Gewicht des Fahrzeuges durch 450 zu theilen, um die Anzahl der anzuwendenden Pferde zu bestimmen.

### Die Bespannungen der Feldparks.

27. Wenn wir nunmehr bedenken, daß die Feldparks sich rascher als die Belagerungsparks bewegen müssen, daß sie aber die Geschwindigkeit der Batterien nicht zu erreichen brauchen, so werden wir daraus entnehmen können, daß das Mittel von 450 Kg. und 330 Kg., oder 390 Kg. ziemlich genau das Gewicht ausdrücken wird, welches von einem Pferde der Feldparks fortgeschafft werden kann.

Diesen Erörterungen gemäß beträgt also das Gewicht, welches ein Pferd in allen Verhältnissen des Krieges ziehen kann:

bei den Bespannungen der Batterien	=	330 Kg.
= " = " Feldparks	=	390 "
= " = " Belagerungsparks	=	450 "

28. Es wird zweckmäßig sein, die Gewichte, welche aus der vom Pferde zu leistenden Tagesarbeit abgeleitet sind, mit denen zu vergleichen, welche es bei der gegenwärtigen Zusammensetzung der Artillerie-Bespannungen und bei dem Total-Gewichte jedes Fahrzeuges wirklich zieht. Zu diesem Ende wollen wir eine Tabelle aufstellen, welche das Gewicht des Fahrzeuges, die Zahl der angespannten Pferde und den Quotienten der ersten durch die letztere Zahl, oder das Gewicht, welches jedes Pferd wirklich zieht, angiebt; dann soll das Gewicht folgen, welches nach den aufgefundenen Ausdrücken gezogen werden kann, und endlich der Quotient aus diesem Ausdruck in das Total-Gewicht des Fahrzeuges oder die Anzahl der Pferde, aus denen die Bespannung eigentlich zusammengesetzt sein müßte.

Bis jetzt hat noch keine ministerielle Bestimmung die Anzahl der Pferde für alle Bespannungen festgesetzt; aber man findet in dem Aide-Mémoire von Gassendi beim Artikel équipage de

campagne, daß zu der Zeit, wo die Batterien aus 8 Geschützen bestanden, das 12pfdrige Geschütz und die Feldschmiede mit 6 Pferden, alle andern Fahrzeuge aber mit 4 Pferden bespannt waren. Als die Zahl der Geschütze bei jeder Batterie bis auf 6 vermindert wurde, erhielten die Geschütze, die Wagen, welche denselben ins Feuer folgten, und die Feldschmiede 6 Pferde, die Bespannung der übrigen Fahrzeuge aber wurde nicht verändert. Diese Angaben findet man ebenfalls im Dictionair des General Cotty vom Jahre 1822. Wir können demnach die Bespannungen der Batterien als aus 6 Pferden und die der Feldparks aus 4 Pferden bestehend betrachten.

Die eben angeführten Werke reden nur von dem vormaligen Artillerie-System und erwähnen dessen ungeachtet eines Unterschiedes in den Bespannungen der Fuß- und reitenden Artillerie nicht. Das Aide-mémoire scheint bloß anzudeuten, daß die letztern schon früher als die erstern aus sechs Pferden bestanden.

Was die Belagerungs-Trains anbetrifft, so giebt das Aide-mémoire dem 24pfdrigen Sattelwagen zehn, dem 16pfdrigen Sattelwagen acht und allen andern Fahrzeugen 4 Pferde.

Mit diesen Belägen stellen wir nun folgende Tabelle auf:

Benennung der Fahrzeuge.	Ge- wicht der be- ladenen Fahr- zeuge.	Zahl der Pferde der wirkli- chen Be- span- nung.	Ge- wicht, was für je- des Pferd des sich hieraus ergiebt.	Ge- wicht, wie es für je- des Pferd ermit- telt wurde.	Zahl der zur Be- span- nung nöthi- gen Pferde.	Zahl der Pferde, welche ange- wandt werden müssen.	
	Rg.		Rg.	Rg.			
Feldbat- terien	12pfdrige Geschütze	2116	6	353	330	6,40	6
	8 = dto.	1736	6	290		5,26	6
	12 • Munitions- wagen	1760	6	293		5,33	6
	8 = dto.	1682	6	280		5,09	6
Fahrzeuge der Feldparks	1682	4	420	390	4,30	4	
Belage- rungs- park.	24pfdrige Geschütze	4165	10	416	450	9,25	10
	16 = dto.	3336	8	417		7,40	8

Da die Besspannungsart bei den Vorderwagen mit Stangen-Deichseln bei jedem Fahrzeuge eine gerade Zahl von Pferden bedingt, so haben wir noch eine siebente Spalte angehängt, worin die graden Zahlen aufgeführt sind, welche sich am meisten den gebrochenen Zahlen nähern, die aus dem vom Pferde täglich zu ziehenden Gewicht abgeleitet sind; diese Spalte zeigt demnach an, wie viele Pferde man vor jedes Fahrzeug spannen muß, und ihre Uebereinstimmung mit der dritten Spalte beweiset, daß die jetzigen Besspannungen ganz angemessen zusammengesetzt sind.

Wir beschließen diese allgemeinen Betrachtungen über die Besspannungen mit der Bemerkung, daß das mittlere Gewicht, welches von jedem Pferde fortgezogen werden kann, in dem Maße sich verringert, als die Zahl der Pferde beim Fahrzeuge vergrößert wird; die Verminderung nimmt um so schneller zu, je größer die Geschwindigkeit des Transportes sein soll und je mehr die Beschaffenheit der Wege den Pferden das Fortkommen erschwert. Wir werden in der That in der folgenden Abtheilung sehen, daß ein Fahrzeug, welches sich schnell bewegen und in jedem Terrain fortkommen soll, mit nicht mehr als sechs Pferden bespannt werden darf. Hieraus folgt, daß das Gewicht jedes Fahrzeuges und seine Beladung durch die Art seines Gebrauches beschränkt wird.

### Dritte Abtheilung.

#### Anspannungs-Arten.

29. Unter allen Anspannungs-Arten würde augenscheinlich diejenige die beste sein, welche die Anstrengung des Pferdes zum Minimum macht und welche demselben folglich keine andere Kraft als die zum Transport des Gewichtes nothwendige Zugkraft ausüben ließe.

Demzufolge müßten die Zugtaue mit dem Horizont den für den Motor günstigsten Winkel bilden, jedes Pferd müßte vollkommene Freiheit in seinen Bewegungen haben und von den Kraftanstrengungen der vor ihm gehenden Pferde nicht belästigt werden. Wenn indessen eine Anspannungsart nur diesen drei Bedingungen genüge, so würde sie für den Artilleriedienst noch nicht vollkommen sein;

man müßte außerdem bei Tag und bei Nacht, bei jeder Witterung, in jeder Jahreszeit und selbst in Augenblicken der Gefahr, wo die Fahrer nicht ihre völlige Ruhe behalten, mit Schnelligkeit an- und abspannen können; der Sturz eines Pferdes müßte den eines andern nicht nach sich ziehen; das getödtete Pferd müßte mit Leichtigkeit ersetzt werden können, welchen Platz es auch immer in der Bespannung einnähme; dieser Ersatz müßte selbst nicht nothwendig und es daher möglich sein, den Marsch sogleich fortsetzen zu können, nachdem man die Zugtaue abgehakt oder abgeschnitten hätte; endlich müßten die Fahrer weder durch das Fahrzeug, noch durch das Geschirr oder Gepäck belästigt werden.

Aber wenn man selbst eine Bespannungsart besäße, welche allen diesen Bedingungen entspräche, so müßte man sie auch noch dergestalt einrichten, daß sie sich zu allen bei der Artillerie vorkommenden Fahrzeugen benützen ließe. Man hat die Unmöglichkeit erkannt, bei den verschiedenen Dienstzweigen alle Vortheile einer vollkommenen Bespannungsart zu vereinigen, ohne die Beweglichkeit oder andere Eigenthümlichkeiten der Fahrzeuge aufzuopfern. Deshalb ist man gezwungen, für jede Art der Fahrzeuge eine besondere Bespannungsart anzuwenden, welche mehr oder weniger zu wünschen übrig läßt. So hat man denn drei verschiedene Anspannungsarten und zwar

- 1) die der Karren,
- 2) die der Fahrzeuge mit Deichseln, deren Vorderwagen hinter seiner Achse unterstüzt wird und
- 3) die der Fahrzeuge mit Trägern, deren Deichsel durch die Pferde getragen wird.

Bei allen diesen drei Arten stehen die Pferde paarweise; man hat demnach die französische Anspannung oder die Anspannung in einer Reihe verbannt, welche Gribeauval für alle Fahrzeuge des Belagerungs-Trains beibehalten hatte. Obgleich diese Anspannungsart nur noch bei gewissen Handelsfahrzeugen im Gebrauch ist, so wollen wir sie dennoch prüfen, um die Fehler kennen zu lernen, auf Grund deren sie verworfen ist, und um die Vor- und Nachtheile der andern Anspannungsarten besser würdigen zu können.

### Die französische Anspannung.

30. Das hinterste der Pferde, welche man früher in einer Reihe an eine Karre spannte, ging in der Gabel-Deichsel. Es trug mit dem Tragegurt den vorderen Theil des Fahrzeuges und hinderte mittelst des Bauchgurtes diesen Theil, in die Höhe zu steigen; das ganze System wurde durch dies Pferd zurückgeschoben oder beim Bergabfahren gehemmt, wozu das Hinterzeug und die an der Deichsel befestigten Steuerketten dienten; endlich trug es mittelst zweier Zugtaue und eines Kummtes zur Bewegung nach vorne bei. Der Tragegurt lag in dem Tragesattel, wodurch die Stützpunkte vermehrt und der Gurt verhindert wurde, den Rücken des Pferdes zu scheuern. Für jedes der vorderen Pferde, deren einzige Function das Ziehen war, bedurfte man nur eines Kummtes und zweier Zugtaue. Diese Zugtaue wurden an das Kummitt des nächstfolgenden Pferdes befestigt, und damit sie den Füßen des Thieres, das sie trug, nicht beschwerlich fallen, oder auf seinem Rücken eine zum Ziehen nicht geeignete Lage annehmen mögten, wurden sie durch einen Trageriemen gehalten und durch einen Bauchriemen verbunden. Die Zugtaue des Gabelpferdes waren in eben dieser Art eingerichtet, mit der Ausnahme, daß man sie an das Fahrzeug befestigte. Damit die Zugtaue durch ihr Reiben die Pferde nicht beschädigen mögten, hatten sie leberne Strangscheiden, an welchen die Trage- und Bauch-Riemen befestigt waren.

Man führte bei diesem Systeme bald eine wichtige Veränderung ein: die Zugtaue jedes vordern Pferdes wurden an die Tauten des nächstfolgenden etwas hinter dessen Kummitt befestigt.

Die französische Anspannung macht die Kolonnen der Artillerie sehr lang; die Kräfte aller vordern Pferde wirken auf die Zugtaue des letzten und dies Thier kann nur auf guten Wegen und im Schritt auf den Füßen sich erhalten. Auf holprigen Wegen aber, und besonders beim Trabe auf solchen Wegen, ist es den heftigen Stößen der Gabeldeichsel ausgesetzt; es wird von den vordern Pferden bald rechts bald links gerissen und ist beständig gezwungen, hastige Bewegungen zu machen, um nicht umgeworfen zu werden. Man fühlt wohl, daß eine so beschwerliche Arbeit nicht lange ausgehalten werden kann. In ausgefahrenen Wegen entstehen dieselben Wirkungen, und dem Gabelpferde wird es unmöglich, den

Löchern und Geleis Spuren auszuweichen. Wenn man queer über ein durchfurchtes Feld fährt, so hat das noch überdies fest eingezwängte Pferd die bald von oben nach unten, bald von unten nach oben gerichteten Stöße zu ertragen, und da es genöthigt ist, seine ganzen Kräfte aufzubieten, um denselben zu widerstehen, so läßt es sich durch die andern Pferde fortschleppen. Sind Erdränder oder Schluchten zu passiren, so wird es durch die übermäßigen Kräfte, welche auf seine Zugtaue wirken, niedergedrückt oder von der Erde gehoben. Vergab muß es ganz allein das Fahrzeug hemmen, und es leidet um so mehr, je steiler die Böschung und je holpriger oder schlüpfriger der Boden ist; ja es ist selbst schweren Unfällen ausgesetzt. Handelt es sich endlich um eine schnelle Directionsveränderung, so wird das Gabelpferd gegen einen der Deichselbäume geworfen und durch das entgegengesetzte Zugtau stark gedrückt. Demnach wird, wie schon *Gribeauval* sagt, dies Pferd, welches das Haupt der Bespannung ist, schnell zu Grunde gerichtet; es arbeitet bald nicht mehr, es läßt sich fortschleppen und die ganze Bespannung wird in kurzer Zeit untauglich.

Die anderen Pferde werden ohne Zweifel nicht so sehr angestrengt, als das Gabelpferd; aber mit Ausnahme des vordersten Pferdes besitzen sie keinesweges Freiheit der Bewegung, weil jedes Pferd gezwungen ist, der schiefen Kraftäußerung der vordern Pferde zu widerstehen oder nachzugeben. Eine solche Abhängigkeit muß nothwendiger Weise ihre Arbeit sehr erschweren, besonders wenn die Wege schlecht sind oder das Terrain durchschnitten ist.

Wir müssen hier noch bemerken, daß kein Pferd unter dem günstigsten Winkel ziehen kann und daß folglich der Widerstand niemals auf das Minimum reducirt wird. Denn die vorderen Pferde sind kleiner als das Gabelpferd; wären also die Zugtaue dieses Pferdes gegen das Fahrzeug geneigt, so würden die Tauen des vorhergehenden Pferdes sich in entgegengesetzter Richtung neigen und mit ersterem einen ziemlich beträchtlichen Winkel bilden. Hieraus entspränge ein Kraftverlust, der gewiß beträchtlicher wäre, als die Verminderung des Widerstandes.

Dies sind indessen noch nicht die einzigen Nachtheile der französischen Anspannung. Wenn es einfach und leicht ist, ein Vorderpferd anzuspinnen, ihm aufzuhelfen, wenn es gestürzt, es zu

ersehen, wenn es getödtet ist, so werden diese Operationen complicirt und schwer, wenn sie beim Gabelpferd ausgeführt werden müssen. Man muß dann eine große Menge von Sachen fortlegen oder befestigen, und was oft noch mehr Zeit erfordert, man muß vor Allem das Pferd in die Gabel schaffen. Stürzt es während des Marsches, so ist man fast immer genöthigt, es zuvor auszuspannen, dann es aufzurichten und nun wieder anzuspinnen. Hierdurch entsteht ein beträchtlicher Zeitverlust und dieser Zeitverlust könnte auf dem Schlachtfelde ernsthafte Folgen nach sich ziehen. Ueberdies kann dieser Vorfall den Bruch eines Deichselbaumes verursachen. Macht eine Verwundung das Pferd dienstuntauglich, so kann man sich nicht eher wieder bewegen, als bis es erseht ist, und in diesem Falle muß man nicht allein abspannen und von Neuem anspannen, man muß auch noch das untaugliche Pferd abschirren und mit seinem Geschirre ein anderes bekleiden. Wir können wohl sagen, daß in dringenden Fällen alle diese Operationen unausführbar sind und daß man sich oftmals genöthigt sehen wird, das Fahrzeug zurückzulassen.

### Das Angespann der Artillerie-Karren.

31. Die Fehler, welche wir am französischen Angespann kennen gelernt haben, entspringen theilweise aus der Art und Weise, wie die Pferde gestellt sind, theilweise aus der Einrichtung des Fahrzeuges. Um diese letztern gänzlich zu vermeiden, müßte man die Karre abschaffen; dies geht aber nicht an, weil sie beim Belagerungsdienst unentbehrlich ist. Indessen hat man die Anstrengung des Gabelpferdes dadurch vermindert, daß man einen Theil des für die Ladung bestimmten Raumes aufopferte, d. h. man beschränkte die Abmessungen der Artillerie-Karre und richtete sich hierbei nach den sehr kurzen Wendungen der Transcheen.

Man hat überdies die Nachtheile einer einzigen Reihe von Pferden dadurch gänzlich vermieden, daß man die beiden Pferde, mit denen jetzt die Karre bespannt ist, neben einander stellte; das eine geht in der Gabel und leitet die Bewegung; das andere wird nur zum Ziehen verwandt, geht links und seine in einen Ring endigenden Zugtaue sind mittelst eines Hakens, der in eine am linken Gabelbaum sitzende Nese eingreift, an das Fahrzeug befestigt.

Damit die Lauge das Pferd nicht beschädigen, hält ein an jedem Ende gabelsförmig ausgeschnittenes Queerholz sie auseinander, ohne einen Kraftverlust zu verursachen.

Die paarweise Stellung der Pferde vor der Karre gewährt noch den Vortheil, daß der Fahrer auf dem linken Pferde reiten und das Fahrzeug sicherer führen kann. Damit er aber durch den Deichselbaum nicht belästigt wird, darf das Ende desselben sein rechtes Bein nicht erreichen. Zu diesem Zwecke liegt der Befestigungspunkt der Zugtaue des Sattelpferdes in einer angemessenen Weite vor den Befestigungspunkten der Zugtaue des Gabelpferdes.

Wir müssen jedoch bemerken, daß wegen der Stellung des Sattelpferdes die Bespannung keine Wege passiren kann, welche nur so breit sind, als das Wagengeleise. Ueberdies ist das Gabelpferd genöthigt, fortwährend der Drehung zu widerstehen, welche dadurch entsteht, daß aus den Kraftäußerungen der beiden Pferde eine mittlere Kraft erzeugt wird, welche nicht durch die Mitte der Achse geht.

### Das Angespann der Fahrzeuge mit Gabel-Deichseln.

32. Das Angespann der vierrädrigen Fahrzeuge mit Gabel-Deichseln war früher wie das französische Angespann eingerichtet. In der neuern Zeit ist es aber vervollkommenet worden: man hat den einen Gabelbaum in der Mittellinie des Fahrzeuges und den andern rechts davon angebracht, so daß man die paarweise Anspannungsart anwenden kann, ohne in die beiden Nachtheile zu verfallen, welche oben bei der neuen Karre angegeben wurden.

Außerdem wird das Gabelpferd bei einem aus Vorder- und Hinterwagen bestehenden Fahrzeuge viel weniger angestrengt, als bei einem zweirädrigen Fahrzeuge, vorausgesetzt, daß bei beiden Arten von Fahrzeugen die nämlichen Zugkräfte in Anspruch genommen werden. Denn das Gewicht, womit das Gabelpferd durch den Vorderwagen belastet ist, ist nur gering und im durchschnittenen Terrain unbedeutenden Veränderungen unterworfen, während diese Veränderungen, welche offenbar von der sich um die Achse bewegenden Masse abhängen, bei den Karren sehr groß sein können. Andererseits wachsen die durch die Gabeldeichsel hervorgebrachten Stöße unter übrigens gleichen Umständen mit der Masse, folglich

haben sie bei einem vierrädrigen Fahrzeuge bei Weitem nicht dieselbe Intensität als bei einer Karre, da der Vorderwagen nur wenig Masse hat.

Wenn wir demnach die Gabeldeichsel nicht mehr in unserer Artillerie anwenden, so liegt die Ursache genau genommen nicht in der durch sie vermehrten Anstrengung des Pferdes; eben so wenig darin, daß die Zugtaue der vordern Pferde bei ihr an die der hintern befestigt werden mußten; denn, wie wir sehen werden, besteht diese Einrichtung ebenfalls in der von uns neuerlichst eingeführten Spannungsart für die Fahrzeuge mit Stangendeichseln.

Der Verwerfung der Gabeldeichsel liegen die gewichtigen Nachtheile zum Grunde, welche aus der complicirten Beschrirung des Gabelpferdes entspringen und die wir angedeutet haben, als wir vom französischen Angespann sprachen, eben so die Unbequemlichkeit, welche für den Stangenreiter durch den linken Gabelbaum erwächst, und endlich die Anstrengung, welcher das zum Hemmen allein bestimmte Gabelpferd beim Bergabfahren ausgesetzt ist. Indessen haben diese Nachtheile doch die Engländer nicht verhindert, dem Vorderwagen ihrer Feldartillerie die Gabeldeichsel zu geben.

### Die deutsche Anspannung.

33. Sollen Pferde auf ein Fahrzeug mit Stangendeichsel wirken, dessen Vorderwagen hinter der Achse unterstüzt wird, so braucht man das deutsche Angespann. Das Fahrzeug wird von den beiden Stangepferden gelenkt, von denen das eine rechts, das andere links der Deichsel geht. Ihre Zugtaue sind entweder an eine auf den Deichselarmen liegende Bracke befestigt, oder an Drtscheiten, welche an dieser Bracke hängen. Zwei an der Deichselspitze befestigte Ketten dienen zum Zurückschieben und beim Bergabfahren zum Aufhalten des Fahrzeuges. Jedes dieser beiden Pferde wirkt mit seinem Hintertheil auf eine dieser Ketten. Hierzu dient ein Haken, der vor dem Kumm in einen Ring greift; durch diesen Ring geht das Brustblatt, ein breiter Riemen, der die beiden Enden des Hinterzeuges mit einander verbindet, und seinerseits durch zweiösen mit den Kummfedern befestigt ist.

Hierauf beschränkt sich die ganze Beschrirung eines Stangepferdes, das auf ein Fahrzeug wirken soll, dessen Vorderwagen

hinter der Achse unterstüzt wird; es bedarf weder des Tragegurtes noch des Bauchgurtes, noch des Tragesattels der Gabelbeischel. Die deutsche Anspannung ist demnach einfacher als die französische.

Die Beschirrung der vordern Pferde ist ganz wie beim französischen Angespann; das System aber, welches die Zugtaue bilden, ist anders. Beim deutschen Angespann ziehen die Pferde, welche unmittelbar vor den Stangenpferden gehen, an einer beweglichen Bracke, die an der Deichselspitze hängt, und nur wenn die Beladung mehr als vier Pferde verlangt, ziehen die übrigen vorgelegten Pferde an den Zugtauen der hinteren.

Endlich noch haben sämmtliche Pferde der linken Seite einen Sattel, weil sie von den Fahrern geritten werden müssen; denn es ist bei der Feldartillerie durchaus nothwendig, daß jedes Pferdepaar einen Fahrer erhält, da diese Artillerie im Trabe und häufig selbst im Galopp manövriren muß, und die durch das Schießen erschreckten Pferde in Ordnung gehalten werden müssen.

Bei den Besspannungen des Belagerungs-Trains werden ebenso Sattelpferde und Handpferde angewendet, obgleich die Fahrzeuge dieser Trains sich beinahe immer im Schritt bewegen. Der Grund, warum man für zwei so verschiedene Dienstzweige dieselbe Beschirrung gewählt hat, liegt in der Nothwendigkeit, daß bei den Nachtmärschen und beim Angriff auch eines solchen Transportes jedes Pferdepaar gut geführt und zusammen gehalten werden muß.

In Betracht der Einheit im Material und der Leichtigkeit des Erfasses ist es überdies vortheilhaft, für die gleichen Fahrzeuge der drei Arten von Trains, welche der Armee folgen, ein und dieselbe Beschirrung zu haben.

34. Wir wollen jetzt die Vor- und Nachtheile der deutschen Anspannung kennen lernen.

Wenn eine solche Besspannung nur aus vier Pferden besteht, so genügt sie beinahe allen Bedingungen einer vollkommenen Anspannung. Denn da die zwei Vorderpferde an einer beweglichen Bracke ziehen und der Vorderwagen hinter seiner Achse unterstüzt wird, so hat jedes Stangenpferd eine große Freiheit in seinen Bewegungen. Es kann mit Leichtigkeit alle ihm natürlichen Ganganarten annehmen und darin ausdauern, es hat die Freiheit, schlechten

Stellen auszuweichen; es erleidet durch das Fahrzeug weder einen Stoß noch einen Druck, und mit Ausnahme sehr seltener Fälle, von denen gleich die Rede sein wird, leidet es, welche Größe es auch haben mag, nie durch das Ziehen der vorderen Pferde, und hat also nur die Anstrengung auszuhalten, welche aus der Verwendung seines Kraft-Quantums zum Transport des Fahrzeuges hervorgehet.

Beim Bergabfahren theilen die durch den Fahrer versammelten Stangenpferde unter sich die Arbeit, und diese Arbeit kann selbst bei den kürzesten Wendungen keinen Unfall verursachen. Es ist wahr, vermöge der schrägen Richtung der Steuerketten wirkt die von den Pferden zum Aufhalten ausgeübte Kraft nicht in der Richtung der Deichsel, aber der hierdurch entstehende Kraftverlust ist nicht beträchtlich.

Da die Pferde an der Vorderbracke bei Directionsveränderungen die Stangenpferde nicht mit fortreißen, so kann der Stangenreiter mit aller Leichtigkeit die Bewegung des Vorderwagens leiten, so daß kein Vorderrad das Hintergestell berührt, und selbst in dem Fall, wenn der Vorderreiter zu kurz wenden würde, kann der Stangenreiter die Bewegung des Vorderwagens angemessen einrichten, indem er das Pferd, welches sich auf der Seite der neuen Direction befindet, stärker anziehen läßt.

Wenn endlich die Directionsveränderung in dem Augenblicke Statt finden soll, wo die Räder in tiefen Geleisen stecken, so wird die Deichsel für die Pferde an der Vorderbracke ein langer Hebel, mittelst dessen sie den Vorderwagen frei machen können.

Die Hinterbracke kann so angebracht werden, daß die Zugtaue diejenige Neigung haben, welche sie haben müssen, damit der Widerstand ein Minimum werde und damit die Stangenpferde momentan die größtmögliche Kraft auf das Fahrzeug ausüben können. Den Zugtauen der Pferde an der Vorderbracke dieselbe Neigung zu geben, ist unstatthaft, weil diese Tauen mit der Deichselspitze und der Achse des Vorderwagens in einer Ebene liegen müssen, damit nicht ein Druck auf die Deichselspitze entstehe. Da nun die meisten Fahrzeuge der Artillerie nur mit vier Pferden bespannt sind, so erlaubt das deutsche Angespann beinahe der Hälfte der zum

Fahren benutzten Pferde, auf die vortheilhafteste Art zu ziehen, und ein solcher Vortheil ist nicht wenig wichtig.

Was das An- und Ausspannen selbst beim deutschen Anspannen betrifft, so ist das Verfahren sehr einfach und sehr kurz, besonders seit die Zugtaue sich in einer Kette endigen, die in einen an der Bracke oder dem Ortscheite befestigten Haken eingehangen wird.

Vor Einführung dieser Einrichtung endigte das Tau in einer Dese, mit der man eine Schleife bildete, durch die ein Ende des Ortscheites gesteckt wurde. Diese Befestigungsart war aber mangelhaft, weil die Schleife schwer zu lösen ist, wenn sie durch das Ziehen und den Regen sich fest zusammengezogen hat.

Endlich ist es leicht einzusehen, daß jedes Pferd stürzen kann, ohne den Sturz irgend eines der drei andern nach sich zu ziehen; daß ferner ein Stangenpferd gerade auf die Deichsel fallen muß, wenn sie durch diesen Unfall zerbrochen werden soll; daß dies Pferd beinahe immer wieder aufstehen kann, ohne ausgespannt zu werden; daß der Ersatz eines verwundeten oder getödteten Pferdes so leicht ist, daß man ihn beinahe in allen Verhältnissen ausführen kann; daß man im Nothfall den Marsch mit einem einzigen Stangenpferde fortsetzen kann; daß es im ebenen Terrain sogar möglich ist, das Fahrzeug mit den Vorderpferden allein fortzuschaffen; daß endlich, wenn man eins dieser Pferde zurücklassen muß, und es nicht gleich wieder ersetzen kann, man nur nöthig hat, die Vorderbracke abzuhängen, um die Bewegung mit den beiden Stangenpferden fortzusetzen, oder auch die Zugtaue des übrig gebliebenen Vorderpferdes nur an die Enden der Vorderbracke zu befestigen braucht.

Die deutsche Anspannung ist demnach nicht allein weit einfacher als die französische, sie steht sogar gegen die letztere in sehr großem Vortheile, wenn das Fahrzeug nur vier Pferde erfordert. Nur in dem Falle, wenn die Deichsel sehr große Freiheit hat, werden die Stangenpferde bisweilen genöthigt, einen Theil der Kraftwirkung der Vorderpferde auszuhalten. Wenn man z. B. einen sehr hervortretenden Erbrand passiert, so wird ein Augenblick eintreten, in welchem die Verlängerung der Vordertaue über die Achse des Vorderwagens weggeht. Das Anziehen derselben würde dann die Deichselspitze niederdrücken, und wenn dann ihre Senkung



größer wäre, als die Länge der Steuerketten, so würde sich hieraus ein Druck auf den Hals und auf die Schultern der Stangenpferde ergeben. Wenn man im Gegentheil eine enge Senkung zu überschreiten hätte, so würde die Verlängerung der Zugtaue unter die Vorderachse fallen; die Deichselspitze würde in die Höhe steigen und wenn sie sich so weit gehoben hätte, daß die Steuerketten angespannt wären, so würden die Stangenpferde einen dem vorigen entgegengesetzten Druck auszuhalten haben. Indessen sind die Steuerketten so lang, daß dieser Druck beidemale nur in sehr seltenen Fällen entstehen kann, und da überdies ein Theil der auf die Stangenpferde hervorgebrachten Wirkung sich auf ihre Hintertheile überträgt, weil das Brustblatt und folglich auch das Hinterzeug durch die Ketten angezogen werden, so kann dieser Druck in keiner Weise so stark werden, daß die Pferde davon niedergedrückt oder in die Höhe gehoben werden. Die Erfahrung beweist wirklich, daß in den angenommenen Fällen ein Unfall der Art, selbst bei den steilsten Böschungen, nicht vorkommt. Hieraus können wir schließen, daß wenn die deutsche Anspannung auch nicht ganz vollkommen ist, sie sich doch der Vollkommenheit sehr nähert.

35. Wird die Bespannung größer, so ändern sich bei der Artillerie die Verhältnisse. Besteht sie aus sechs Pferden, so sind die beiden vorderen an die Mittelpferde angespannt, diese verlieren ihre Unabhängigkeit, und die Stangenpferde sind größern Kräften ausgesetzt, wenn das Fahrzeug Erdränder oder enge Senkungen passiert. Indessen da jedes Mittelpferd nur der Thätigkeit eines andern ausgesetzt ist, so kann seine Arbeit durch die auf seine Zugtaue übergehende Kraft nicht merklich vermehrt werden, und eben so ist die Vergrößerung des Druckes auf die Deichsel durch zwei Pferde mehr, wegen der Vertheilung auf beide Stangenpferde, nicht bedeutend genug, um Unfälle zu erzeugen. Und die Erfahrung zeigt auch wirklich, daß die Stangenpferde auch beim Sechsspänner beim Uebergang über Hindernisse weder gehoben noch niedergedrückt werden. Obgleich demnach die deutsche Bespannung beim Sechsspänner der Artillerie einen Theil ihrer Vorzüge verliert, so kann man sie doch als sehr brauchbar anerkennen. Erfordert aber das Fahrzeug acht Pferde, so genügt dies, um in Bezug auf die Pferde an der Vorderbrücke, von denen jedes der Wirkung von zwei andern aus-

gesetzt ist, in alle die Nachtheile zu verfallen, welche das Angespänn in einer Reihe an sich trägt. Was die Stangenpferde anbetrifft, so würde es gewiß vorkommen, daß sie zu Boden gerissen würden, wenn man es versuchen wollte, mit einem solchen Angespänn bedeutende Hindernisse zu passiren. Hieraus können wir den Schluß ziehen, daß die Feldfahrzeuge, welche auf allen Wegen fortkommen sollen, nicht mehr als sechs Pferde haben dürfen. Daher werden denn stärkere Besspannungen auch nur bei den Belagerungs-Trains angewandt, deren Fahrzeuge gewöhnlich auf Heerstraßen bleiben. Die Abhängigkeit, in welcher sich alle vor der Deichsel gehenden Pferde, mit Ausnahme der vordersten, befinden, besteht auch bei diesem Fuhrwerke; aber obgleich sie die Pferde sehr ermüdet, so ist man dennoch genöthigt, sie beizubehalten. Es wäre wirklich unmöglich, bei Fahrzeugen, welche während der Nacht, zuweilen auch im Trabe marschiren müssen, das complicirte Verfahren anzuwenden, von dem man bei Handels-Fuhrwerken Gebrauch macht, um acht oder zehn paarweis gestellte Pferde von einander unabhängig zu machen. Dies Mittel besteht bekanntlich darin, daß man an die Deichselspitze das Ende einer langen Kette befestigt, an welcher eben so viele mit Ortscheiten versehene Bracken sich befinden, als Pferde-Paare vor der Deichsel vorhanden sind; aber man fühlt wohl, daß nur eine langsame Gangart und eine fortwährende Aufsicht dem Uebertreten der Pferde über die Taae oder Bracken vorbeugen kann. Ueberdies vergrößern die Ketten durch ihr Gewicht die Anstrengung der Pferde und bewirken, daß der Zug mehrentheils von oben nach unten auf die Deichselspitze wirkt.

### Die Ortscheite.

36. Bevor wir das Angespänn der Fahrzeuge mit Deichselsträgern betrachten, haben wir eine viel bestrittene Frage abzuhandeln: ist es für die Artillerie vortheilhafter, die Bracke mit Ortscheiten oder die einfache Bracke anzuwenden? Die Verfechter der Ortscheite sagen mit Recht, daß durch diesen Theil der Bracke die Befestigungspunkte der Zugtaue beweglich werden, daß folglich das Krumm den Bewegungen der Schultern nachgeben könne, und daß Beschädigungen selten vorkämen, während im Gegentheil diese häufig vorkämen, wenn man die einfache Bracke anwende, weil das immer

härter werdende Kummte eine Art festen Anlehnungspunkt bilde, gegen den fortwährend bald die eine bald die andere Schulter des Pferdes reiben müsse. Dies träte besonders dann ein, wenn die beiden Zugtaue ungleich lang wären, und es sei nicht zu vermeiden, daß diejenige Schulter, welche auf der Seite des kürzesten Zugtaues liege, nicht bald beschädigt werde, da hierbei der Zug auf dieser Seite stärker als auf der andern sei. Es könne selbst in allen Fällen vorkommen, daß bei einer Directionsveränderung die Pferde nur an einem Taue zögen.

Diesjenigen, welche die Ortscheite verwerfen, antworten, daß wenn dieselben auch für die Stangenpferde vorthailhaft wären, weil diese an einer feststehenden Bracke zögen, sie doch den andern Pferden nichts nützen; die Vorderbracke am Ende der Deichsel sei hinlänglich beweglich, um dem Kummte zu gestatten, der Bewegung der Schultern zu folgen; bei den Gespannen zu sechs Pferden aber nähmen die Ortscheite dieser Bracke nicht diejenige Lage an, welche dem Zuge jedes einzelnen Pferdes angemessen sei, weil wegen der Art der Taubefestigung jedes Ortscheit zweien Pferden angehöre. Die Anwendung der Ortscheite, fügen sie hinzu, erfordere eine Mitnahme von Borrathsstücken; denn sie verdärben oder zerbrächen häufig, sie würden oft selbst entwendet und wenn man ein gestürztes Pferd abspannen müsse, so könne das Ortscheit diese Operation erschweren, da eins der an seinen Enden befestigten Zugtaue zuweilen so unter dem Pferde festgehalten oder so stark angespannt werde, daß man das Pferd nicht ohne große Anstrengung oder ohne Vorschieben des Fahrzeuges abspannen oder aushaken könne.

### Die Anspannung der Fahrzeuge mit Stangen-Deichseln und Deichselträgern.

37. Da das Lenkscheit die Beweglichkeit der Fahrzeuge beträchtlich vermindert, so ist es bei denjenigen Fahrzeugen fortgelassen worden, welche große Hindernisse zu überschreiten haben. Hierdurch aber ist dem Vorderwagen die Anlehnung gegen den untern Theil des Obergestelles genommen worden, und die Stangenpferde müssen nun die Deichsel tragen. Um ihnen dies möglich zu machen, hat man quer über die Deichselspitze einen Träger angebracht, auf

bessen beiden Armen ein Ring läuft, der durch einen Riemen mit dem untern Theile des Kummtes verbunden ist.

Die Anwendung der Träger verhindert ganz und gar nicht die paarweise Anspannung, wohl aber nöthigt sie, auf einen Theil der Vortheile des deutschen Ungespans zu verzichten, da es unmöglich ist, die vor der Deichsel gehenden Pferde an einer beweglichen Bracke ziehen zu lassen. Es ist einzusehen, daß sich zuweilen auf die Kummte der Stangenpferde ein großer Theil der Kraft aller andern Pferde äußern würde, weil bei den an gewissen Terrainstellen sehr merklichen verticalen Schwingungen der Deichsel die an der Vorderbracke befestigten Zugtaue sich heben oder senken, und dann mit der durch die Deichsel und die Vorderachse gehenden Ebene einen merklichen Winkel bilden würden. Ueberdies würde diese Bracke noch die gewöhnliche Last der Stangenpferde und selbst die Intensität der vom Deichselträger auf die Kummte übergehenden Stöße vergrößern.

Man wendet daher bei den Fahrzeugen mit Stangendeichseln, denen das Lenkscheit fehlt, nicht genau die deutsche Anspannung an. Man stellt wohl die Pferde paarweise neben einander, aber jedes derselben zieht an den Tauen des dahinter folgenden. Diese Einrichtung forderte das Weglassen der Ortscheite an den Hinterbracken; denn einerseits hätten sie sehr stark sein müssen, um der Wirkung einer ganzen Reihe von Pferden zu widerstehen; andererseits, da sie den Schulterbewegungen der Stangenpferde nicht mehr folgen können, hätten sie unnöthigerweise das Material zusammengefestet gemacht. Im Uebrigen ist die Beschirung wie bei den Fahrzeugen mit Deichseln und Lenkscheiten.

Man sieht hieraus, daß das Ungespann der Fahrzeuge mit Deichselträgern die mehrsten Vortheile der deutschen Anspannung in sich trägt und daß die ihm mangelnden Vortheile durch die vollkommene Unabhängigkeit des Vorder- vom Hinterwagen ersetzt werden. Die Folge dieser Unabhängigkeit ist, daß das Fahrzeug eine große Beweglichkeit besitzt, welche demselben gestattet, den Pferden überall zu folgen, ohne irgend Schaden zu nehmen.

38. Da die Einrichtung des Deichselträgers, sein Ersatz und die Art seiner Verbindung mit den Pferden verschieden sein können,

so halten wir es für zweckmäßig, zum Beschluß noch die Bedingungen aufzustellen, denen er entsprechen muß.

Der Deichselträger muß auf einen der am wenigsten empfindlichen Theile des Pferdes wirken, damit das Thier niemals beschädigt werde, selbst nicht einmal durch die Stöße, welche bei holperigen Wegen von der Deichsel ausgehen und deren Intensität mit der Geschwindigkeit der Gangart zunimmt. Er muß eine solche Stellung haben, daß er unter keinen Umständen weder die Stangenpferde noch die Fahrer belästigt, sei es nun, daß die Pferde sich in das Kummth hineinlegen, daß bergab gefahren wird, oder die kürzesten Wendungen ausgeführt werden, oder daß ein Pferd höher steht als das andere, oder endlich in allen andern Fällen. Er muß sowol an und für sich, als durch die Art seiner Befestigung an die Geschirre, den Pferden die Freiheit gewähren, sich von der Deichsel zu entfernen, oder sich derselben zu nähern, was bei schlechten und engen Wegen durchaus nothwendig ist. Ferner darf seine Anwendung die Operationen des An- und Abspannens nicht weitläufig machen. Der Träger selbst darf durch den Sturz eines Stangenpferdes nicht zerbrochen werden und eben so wenig den Sturz des andern mit sich führen. Er muß so hoch liegen, daß er den Gang der Pferde nicht belästigt, aber auch wiederum so tief, daß er dem Fahrer nicht beschwerlich fällt, desgleichen müssen die Schwingungen desselben nur in sehr engen Gränzen liegen, von welcher Art auch immer das Terrain und die Geschwindigkeiten sein mögen.

Wir müssen noch hinzufügen, daß wenn der Deichsel-Träger keine Nachtheile mit sich führen soll, das Fahrzeug, bei dem man eine ähnliche Art des Angespansses anwendet, so construirt sein muß, daß das von den Stangenpferden getragene Gewicht nur sehr gering und von der fortzuschaffenden Ladung unabhängig ist, oder daß es sich zum wenigsten nur zwischen sehr bestimmten Gränzen bewegen kann.

### Von den Kräften, welche auf die Zugtaue verloren gehen.

39. In der französischen und selbst in der paarweisen Anspannung erklärten wir bei allen Fahrzeugen mit Gabeldeichseln und Deichselträgern, so wie bei den mit mehr als vier Pferden be-

spannten Fahrzeugen mit einer Vorderbracke, die Abhängigkeit der Pferde von einander für einen der größten Mängel. Um aber unsere Untersuchung nicht zu unterbrechen, beschränkten wir uns darauf, zu sagen, daß aus dieser Abhängigkeit ein Kraftverlust entstehe, indem ein Theil der Kraft jedes Pferdes auf die Zugtaue des hinter ihm gehenden auf eine sehr schädliche Art verwendet werde. Es bleibt uns jetzt noch übrig, den analytischen Ausdruck für diesen Theil der Kraft, welcher für den Zug gänzlich verloren geht, zu geben und zu untersuchen, durch welche Mittel man ihn auf sein Minimum reduciren kann.

Zuerst wollen wir annehmen, daß das Fahrzeug und die Bespannung sich auf ein und derselben Ebene bewegen und daß sämtliche zusammengehörige Zugtaue in einer verticalen Ebene liegen. Zu dieser Voraussetzung muß das Terrain vollkommen eben sein, und die Pferde müssen in einer durchaus geraden Linie sich folgen. Es mögen nun (Fig. 1.)  $ABC$ ,  $BB'C'$ ,  $B'B''C''$  und  $B''C'''$  die Zugtaue vorstellen, in  $B$ ,  $B'$ ,  $B''$  mögen sie an einander, in  $C$ ,  $C'$ ,  $C''$ ,  $C'''$  an die Kummte und in  $A$  an das Fahrzeug befestigt sein. Nehmen wir nun für einen Augenblick an, die Tauen würden in  $C$ ,  $C'$ ,  $C''$  ausgehakt und man ließe das Pferd  $C'''$  so weit vortreten, daß das Tausystem  $ABB'B''C'''$  straff gezogen würde: dann werden die Tauen  $BC$ ,  $B'C'$ ,  $B''C''$  vertical herunterhängen, und wenn wir das Gewicht der Tauen unberücksichtigt lassen, so wird  $AC'''$  eine gerade Linie sein. Fig. 1. verwandelt sich dann in Fig. 2. Wir wollen nun durch  $C'''$  die Linie  $DC'''$  parallel mit dem Terrain ziehen. Sie kann nicht unterhalb  $AC'''$  fallen; denn wenn dies geschähe, so würde der Punkt  $C'''$  tiefer liegen als der Punkt  $A$  und sämtliche Pferde zögen von oben nach unten, was man durchaus vermeiden muß. Es ist im Gegentheil vortheilhaft, daß sie von unten nach oben ziehen, und folglich muß  $AC'''$  den Horizont hinter  $A$  schneiden, oder was dasselbe ist, der Punkt  $A$  liegt nicht so hoch als die Punkte, wo die Zugtaue an den Kummten befestigt sind.

Hiernach ist es klar, daß wenn die Längen der Tauen  $BC_1$ ,  $B'C'_1$ ,  $B''C''_1$  den entsprechenden Abständen der Punkte  $B$ ,  $B'$ ,  $B''$  von der geraden Linie  $DC'''$  gleich wären, man sie an die Kummte in den Punkten  $C_2$ ,  $C'_2$ ,  $C''_2$  befestigen könnte, d. h.

wenn Pferde von gleicher Größe dergestalt gestellt werden, daß im Zustande der Ruhe die Zugtaue und Tauenden die Lagen  $ABC_2$ ,  $BB'C_2$ ,  $B'B'C_2$  annehmen und die Zugtaue  $AB$ ,  $BB'$ ,  $B'B'$ ,  $B''C''$  eine gerade Linie bilden. Diese Einrichtung würde jedes Pferd vollkommen unabhängig von den plößlichen Bewegungen aller vor ihm gehenden machen; denn der vom ersten Pferde  $C''$  ausgeübte Zug würde augenscheinlich weder Stoß noch Druck auf die anderen äußern, und zögen die beiden ersten zugleich, so würde  $B''C_2$  sich senken, der Punkt  $B'$  würde steigen und die Tauenden  $B'C_2$ ,  $BC_2$  würden anstatt angespannt zu werden ganz schlaff bleiben, zum wenigsten so lange als die Pferde genau in gerader Linie hinter einander bleiben. Wenn nun unter diesen Umständen das Pferd  $C''$  eine schnelle Bewegung macht, so wird diese Bewegung zur Folge haben, daß die gebrochene Linie  $AB''C''$  (Fig. 1.) eine gerade wird, oder zum wenigsten, daß sich der Winkel  $AB''C''$  verkleinert, indem der Scheitelpunkt  $B''$  vorgeht; dadurch wird das Tauende  $B''C_2$  weniger geneigt gegen  $B''C''$  und folglich ganz schlaff. Was wir so eben über ein Pferd in Bezug auf das ihm folgende gesagt haben, läßt sich auch von jeder beliebigen Anzahl von Pferden in Bezug auf die übrigen sagen. Man erhält demnach für jedes Pferd so viel Unabhängigkeit als man demselben nur zu geben vermag, d. h. es wird durchaus nichts von den plößlichen Bewegungen der andern zu ertragen haben, und der Druck, den es am Halse und an den Schultern zu leiden hat, beschränkt sich ganz allein auf den Druck, der von seinem Zug und dessen Richtung, welche stets gegen den Horizont geneigt ist, hervorgebracht wird.

Alles dies setzt zwar voraus, daß die Punkte, wo die Tauenden an die Kummte befestigt sind, gleich hoch über dem Erdboden liegen, was gewöhnlich nicht statt findet, weil die Pferde nicht gleich groß sind, indessen reicht es hin, daß man die Tauenden  $BC$  u. s. w. etwas länger macht als Fig. 2. angiebt, damit Alles in der angegebenen Art statt findet, wenn auch die Größe der Pferde verschieden ist.

Eine noch größere Länge der Tauenden würde selbst hinreichen, um die Unabhängigkeit auch in einem durchschnittenen Terrain, wie z. B. auf einem Felde mit großen Furchen zu erhalten, weil in ei-

nem solchen Falle es sich nur darum handelt, die Tauenden  $BC$ ,  $B'C'$  u. s. w. zu verhindern, sich durch das Heben oder Senken der Befestigungspunkte  $A$ ,  $C$ ,  $C'$  u. s. w. straff zu ziehen. Aber die Länge der Tauenden  $BC$ ,  $B'C'$  u. s. w. wird durch die Lage der ledernen Strangscheiden, in welchen die Zugtaue liegen, in Gränzen gehalten; denn wären  $BC$ ,  $B'C'$  diese Strangscheiden, so würden diese oft gebrochene Linien bilden, und wenn man die Verbindungspunkte  $B$ ,  $B'$  u. s. w. hinter diese Strangscheiden legte, so würde jedes Pferd bei Directions-Veränderungen von einem der Zugtaue des vor ihm gehenden Pferdes beinahe ganz umfaßt und viel zu sehr behindert werden.  $BC$ ,  $B'C'$  u. s. w. müssen daher gänzlich vor den Strangscheiden liegen.

Aus dem vorigen folgt, daß die Pferde nicht mehr von einander unabhängig sind, wenn der Erdboden ihnen nicht gestattet, unter sich und mit dem Fahrzeuge auf einer und derselben Ebene zu sein, also im durchschnittenen Terrain und in den ausgefahrenen Wegen. Dies ist ein Nachtheil, den man bei den Anspannungsarten, wo jedes Pferd an den Tauen des folgenden zieht, nicht vermeiden kann. Weiter unten wollen wir für den Druck, der in solchen Fällen auf die Kummte wirkt, den analytischen Ausdruck geben. Zuvörderst aber wollen wir untersuchen, was sich ereignet, wenn alle Pferde zugleich an Tawe ziehen, welche wie in Fig. 2. geordnet sind.

40. Die Tawe verändern ihre Richtungen in  $B$ ,  $B'$ ,  $B''$  (Fig. 3.) und bilden ein Funicular- oder Seilpolygon, dessen letzte Seite  $AB$  die auf das Fahrzeug übergehende Kraft zur Spannung hat. Um diese Spannung auszudrücken, nehmen wir die Lage der Punkte  $C'''$ ,  $C''$ ,  $C'$ ,  $C$  und die Längen  $C'''B$ ,  $C''B$ ,  $C'B$ ,  $CB$  als willkürlich bestimmt an, nennen die von jedem Pferde ausgeübte Kraft  $Q$ , und bestimmen so nach und nach die Lagen der einzelnen Seiten des Polygons, so wie ihre Spannung.

Da jedes der Tauenden  $C'''B$ ,  $C''B$  durch eine und dieselbe Kraft  $Q$  gespannt wird, so muß die Richtung der Seite  $B'B$  den Winkel  $C'''B''C''$  halbiren, und folglich ist die Größe der Spannung  $t''$  dieser Seite  $2 Q \cos C''B''t''$ , woraus sich die Größe der verlorenen Kraft  $= 2 Q (1 - \cos C''B''t'')$  ergibt. Ziehen wir nun  $t''B''$ , so finden wir den Punkt  $B'$ , wenn wir aus  $C'$  mit

einem Halbmesser, der die für  $CB'$  angenommene Gränze hat, einen Bogen beschreiben, welcher die Verlängerung von  $t'B''$  zweimal schneidet, und den dem Punkt  $A$  zunächst liegenden Durchschnittspunkt nimmt. Um die Richtung  $B'B$  zu erhalten, muß man den Winkel  $CB'B''$  in zwei Theile  $CB't'$  und  $t'B'B''$  theilen, deren Sinus sich zu einander verhalten, wie die Spannung  $t''$  zu  $Q$ . Die Spannung  $t'$  dieser Seite  $B'B$  wird sein  $t'' \cos B''B't' + Q \cos C'B't'$ , wodurch sich der ganze Kraftverlust gleich

$3Q - (t'' \cos B''B't' + Q \cos C'B't')$  ergibt. Wiederholen wir bei jeder der übrigen Seiten das bei  $BB'$  beobachtete Verfahren, so findet man die Richtung der letzten Seite  $AB$ , ihre Spannung  $t$  oder die auf das Fahrzeug übergehende Kraft, und man erhält den totalen Kraftverlust, wenn man den Werth  $t$  von dem Gewichte  $Q$ , multiplicirt mit der Zahl der Pferde, abzieht.

Es ist wichtig, diesen Verlust möglichst zu vermindern und zu gleicher Zeit jedes Pferd unter dem vortheilhaftesten Winkel ziehen zu lassen. Zu diesem Resultate könnte man gelangen, wenn man die Lage der Punkte  $C$ ,  $C'$ ,  $C''$ , die wir unbestimmt ließen, angemessen feststellte. Diese Punkte müßten in einer geraden Linie  $AC'''$  liegen, die mit der Horizontalen einen Winkel von ungefähr  $12^\circ$  bildete (Fig. 2.); denn die Erfahrung scheint zu zeigen, daß bei dieser Neigung der Widerstand ein Minimum wird. Alsdann aber müßten die kleinsten Pferde unmittelbar an das Fahrzeug gespannt werden und die Zunahme der Größe jedes Pferde-Paares müßte constant sein, oder die Längungen von einem Paare zum andern müßten sich verändern. Wollte man diese Bedingungen vermeiden, die man nicht ohne große Nachtheile erfüllen könnte, und legte alle Punkte  $A$ ,  $C$ ,  $C'$ ,  $C''$ ,  $C'''$  in dieselbe horizontale Linie, so hätte man keinen aus dem Seil-Polygon sich ergebenden Kraftverlust; aber man würde hierdurch den Vortheil aufopfern, den die Neigung der Tauten giebt, und sich die Verbindlichkeit auferlegen, nur Pferde von gleicher Größe einzustellen.

Wenn endlich die gerade Linie  $AC'''$  von  $A$  nach  $C'''$  sich neigte und die Punkte  $C$ ,  $C'$ ,  $C''$  in derselben lägen, so könnte man die größten und folglich stärksten Pferde hinten spannen, aber man bedürfte ebenfalls ungleicher Zugtaue oder eines constanten Unterschiedes in der Größe je zweier aufeinander folgenden Pferde.

paare und der gemeinschaftliche Zug würde in entgegengesetzter Richtung geneigt sein, als es zur Verringerung des Widerstandes und zur vollen Entwicklung der Kräfte der Pferde angemessen wäre.

Man ist demnach gezwungen, den Vortheil aufzugeben, der aus der Vermeidung der Polygonwinkel der Fig. 3. entstehen würde und muß sich darauf beschränken, es so einzurichten, daß die Punkte C, C', C'' nur wenig über der Linie AC''' liegen. Wenn z. B. die Winkel C''B'''', C'B''', t'B'B'' u. s. w. nicht größer als 5° sind, so sind die Differenzen zwischen ihren Kosinus und der Einheit kleiner als 0,004; die bei jedem Scheitelpunkte des Polygons verloren gehende Kraft würde ohne merklichen Fehler gleich Null zu setzen sein und die Spannung des Tauendes AB würde beinahe gar nicht von der Kraft Q, multiplicirt mit der Anzahl der Pferde, abweichen.

Es muß nur noch bemerkt werden, daß eine solche Führung der Zugtaue nicht allen Pferden erlaubt, unter dem zur Entwicklung ihrer Kräfte geeignetsten Winkel zu ziehen; denn wenn die Tauenden BC, B'C', B''C'' diesen Winkel mit der Horizontalen bilden, so kann es B''C''' nicht thun und umgekehrt.

41. Wir wollen jetzt sehen, welche Verhältnisse auf einem durchschnittenen Terrain eintreten, z. B. auf einem gepflügten Acker mit großen Furchen, die vom Fuhrwerke schräg überfahren werden. Sobald ein oder mehrere Pferde auf der Ebene DE angekommen sind (Fig. 4.) so nähert sich das Zugtau des letzten dieser Pferde dem Punkte D, und der Befestigungspunkt seines Taus an das des folgenden nähert sich der Ebene DF, so viel dies die Länge des Tauendes BC gestattet. Indessen tritt bald ein Zeitpunkt ein, wo dies Tauende senkrecht gegen FD steht; alsdann kann der Punkt B sich DF nicht weiter nähern, und die beiden Taus, welche durch diesen Punkt gehen, bilden gleich darauf den Winkel ABt mit einander. Dann wird es für das Pferd C unmöglich, sich der Wirkung des vor ihm gehenden zu entziehen, oder vielmehr es ist gezwungen, eine der Seitenkräfte der Spannung t zu ertragen, welche das Zugtau Bt durch die Kräfte aller vor ihm gehenden Pferde erhält. Nennen wir diese Seitenkraft q, so ist

$$q = t \frac{\sin tBt'}{\sin CBt'}$$

Da der Werth von  $t \sin \angle B'$  von dem Winkel  $\angle B'$  abhängt, und da dieser Winkel um so größer sein wird, je kleiner EDF ist, so sieht man ein, daß bei gewissen Terrainstellen die Pferde, besonders aber die hintersten, niedergerissen werden können, wenn die Zugtaue an einander befestigt sind. Jedenfalls folgt immer aus dieser Anspannungsart, daß ein großer Theil der Kraft des Pferdes, den es anwenden muß, um dem Drucke  $g$  zu widerstehen, für den Zug verloren geht, und dies gerade in dem Augenblicke, wo dieser am schwierigsten ist, da die Pferde, welche sich auf der Ebene DE befinden, nicht mehr unmittelbar auf das Fahrzeug wirken.

Was wir so eben für einen Erbrand EDF gesagt haben, findet auch dann statt, wenn die Pferde auf den beiden Wänden einer Schlucht stehen; der vom Pferde C auszuhaltende Druck wirkt dann nur in entgegengesetzter Richtung, d. h. von unten nach oben, wodurch dieses Pferd in die Höhe gehoben und zum Stürzen gebracht werden kann.

42. Es fällt sehr oft vor, auf den besten Straßen sowol, als bei den schlechtesten Wegen und im durchschnittenen Terrain, daß die hinter einander gespannten Pferde keine ganz gerade Linie bilden. Alsdann liegen nicht alle Seiten des von den Zugtauen gebildeten Polygons in ein und derselben Ebene. Da aber die drei Tauenden, welche in einem und demselben Scheitelpunkte des Polygons zusammentreffen, sich stets in ein und dieselbe Ebene legen, so ist die bei Fig. 4. geführte Rechnung nichts desto weniger anwendbar, um ihre Spannungen zu bestimmen.

Es muß noch bemerkt werden, daß unter solchen Umständen nur das Tauende BC straff gezogen und dann beim Ziehen das Kummert verschoben wird, wodurch also auf der andern Seite ein Druck entsteht, der ziemlich kräftig wirkt. Es muß demnach das hauptsächlichste Bestreben der Fahrer sein, die Pferde genau in gerader Linie hinter einander gehen zu lassen.

### **Einfluß der Länge der Zugtaue.**

43. Wir beschließen diesen Abschnitt mit der Untersuchung, welchen Einfluß die Länge der Zugtaue auf den Theil der Pferdekraft, der für den Zug verloren geht, ausüben kann.

Um diesen Einfluß von jedem andern zu trennen, lassen wir die Tauenden  $BC$ ,  $B'C'$  u. s. w. (Fig. 3.), welche wir in den vorigen Untersuchungen betrachtet haben, ganz außer Acht, d. h. wir nehmen an, die Taue wären unmittelbar an die Kummte befestigt. Aus dieser Annahme folgt, daß der Winkel zwischen den zwei auf einander folgenden Zugtauen größer wäre, als in der Wirklichkeit. Dies kann aber der Anwendbarkeit der Resultate, zu welchen wir gelangen werden, nicht schaden, da die Vergrößerung dieses Winkels unter allen Umständen des Ziehens beinahe immer dieselbe bleibt.

Wir wollen annehmen, die Pferde sind so hinter einander gestellt, daß die Zugtaue mit der verticalen Ebene, welche den Erdboden nach der gebrochenen Linie  $ABC$  (Fig. 5.) schneidet, parallel gehen. In dem Augenblicke, wenn eins von den Pferden in dem Scheitelpunkt  $B$  des Winkels  $ABC$  ankömmt, werden die Befestigungspunkte seiner Taue am Kummte auf die Ebene projectirt in  $T$  liegen; die gleichen Punkte des vor ihm gehenden Pferdes eben so in  $T'$  und die Entfernung  $T'P$  des Punktes  $T'$  von  $BC$  wird sehr wenig von  $TB$ , der Entfernung des Punktes  $T$  von  $AB$ , abweichen.  $TT'$  ist die Projection der Zugtaue des auf  $BC$  befindlichen Pferdes, oder die gerade Linie, nach welcher die dem Pferde  $T$  vorhergehenden Pferde mit der Kraft  $Q$  wirken. Wenn wir nun annehmen, die Zugtaue des Pferdes  $T$  gingen in der Richtung  $DTE$ , parallel mit  $AB$ , so zerlegt sich die Kraft  $Q$  aller auf  $BC$  befindlichen Pferde in  $Q \cos T'TD$  nach der Richtung  $DE$  und in  $Q \sin T'TD$  nach der Richtung  $TB$ . Diese letztere wirkt von unten nach oben, oder von oben nach unten, je nachdem der Winkel  $ABC$  ein eingehender (Fig. 5.) oder ein auspringender (Fig. 6.) ist; sie strebt das Pferd  $T$  zu heben oder niederzudrücken und muß folglich so gering als möglich gemacht werden. Wir wollen daher untersuchen, ob sie durch eine Verlängerung der Zugtaue  $TT'$  wesentlich vermindert wird.

Zu diesem Zwecke setzen wir den Winkel  $CBF$ , den  $BC$  mit der Verlängerung von  $AB$  macht, gleich  $\phi$  und ziehen durch den Punkt  $T$  die Linie  $TG$  parallel mit  $BC$ . Der Winkel  $GTD$  ist dem Winkel  $\phi$  gleich, und es ist demnach  $\angle T'TD = \phi \pm T'TG$ , wo das Zeichen  $+$  dem eingehenden Winkel, das Zeichen  $-$  dem auspringenden Winkel des Terrains entspricht. Nun ist

es klar, daß der Winkel  $T'TG$  nicht wie  $\phi$  constant zu sein braucht und daß man ihn verkleinern oder vergrößern kann, indem man die Zugtaue  $TT'$  verlängert oder verkürzt. Folglich muß man für den Fall Fig. 5. sehr lange Tauen anwenden und für Fig. 6. sie so kurz als möglich machen.

Da die Wege und Felber bald eingehende, bald auspringende Winkel bilden, so müßte man während des Marsches die Taulängen verändern, um in allen Fällen den Kraftverlust  $Q \sin T'TD$  unbedeutend zu machen. Da dies Verfahren aber unausführbar ist, so muß man sich bestreben, eher den Winkel  $T'TD$  von Fig. 5., als den von Fig. 6. recht klein zu machen; denn der erstere ist immer größer als der andere, und überdies ist die Kraft  $Q \sin T'TD$ , welche auf das Pferd  $T$  einwirkt, für das Thier weit beschwerlicher, wenn dieselbe es in die Höhe zu heben strebt, als wenn sie es niederzudrücken versucht. Es sind also im allgemeinen die längsten Zugtaue für den Zug vortheilhafter als die kürzeren.

Andererseits aber wird, wenn man die Zugtaue verlängert, die Länge der Gespanne und der Artillerie-Kolonnen vergrößert. Es bleibt demnach noch zu untersuchen, ob dieser große Nachtheil durch die Verminderung der Kraft  $Q \sin T'TD$  hinlänglich aufgewogen wird.

$$\text{Es ist } \sin T'TG = \frac{T'G}{TT'} \text{ und } T'G = TP - TQ,$$

$TQ$  senkrecht auf  $BC$  und daher  $TQ = TB \sin TBC = TB \cos \phi$ , wo wir ohne merklichen Fehler  $TP$  für  $TB$  setzen können. Bezeichnen wir daher die Entfernung von  $T'$  bis  $BC$  durch  $h$  und die Länge der Zugtaue durch  $l$ , so erhalten wir

$$\sin T'TG = \frac{h}{l} \frac{1 - \cos \phi}{l} = \frac{h \sin. \text{vers. } \phi}{l}$$

Nun beträgt der Werth von  $l$  ungefähr 2,40 Met. und die mittlere Höhe der Zugösen oder  $TB$  oder  $h$  1,20 Met., folglich ist  $\sin T'TG = \frac{1}{2} \sin \text{vers } \phi$ . Es wächst also der Winkel  $T'TG$  mit  $\phi$ . Da Böschungen von mehr als  $30^\circ$  für Pferde unzugänglich sind (4), so bestimmt sich die Gränze des Wachsens von  $T'TG$ , in Bezug auf den Fall, wo  $l = 2,40$  Met. ist, durch die Gleichung  $\sin T'TG = \frac{1}{2} \sin \text{vers. } 30^\circ$ . Der größte Werth dieses Winkels ist demnach  $3^\circ 48'$ , der von  $T'TD = 33^\circ 48'$  und der auf das Pferd  $T$  einwirkenden Kraft

$Q \sin 33^\circ 48'$ . Der geringste Werth dieser Kraft bei  $30^\circ$  Steigung wäre  $Q \sin 30^\circ$ ; um ihn aber zu erreichen, müßten die Zugtaue  $TT'$  parallel mit  $BC$  gehen, d. h.  $l$  müßte unendlich groß werden. Wenn man demnach die Länge der Taue selbst um ein beträchtliches vergrößert, so wird der Verlust an Kraft nur um ungefähr die Größe  $Q (\sin 33^\circ 48' - \sin 30^\circ) = Q \times 0,05 = \frac{Q}{20}$

vermindert werden. Weil  $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$  ist, so läßt sich dieser Bruch auch in der Form  $\frac{Q}{20} \times \frac{\sin 30^\circ}{\frac{1}{2}} = \frac{Q \sin 30^\circ}{10}$  darstellen.

Wir schließen hieraus, daß man den Kraftverlust nicht um ein Zehntel seines kleinsten Werthes vermindern könne, wie lang man auch immer die Zugtaue machen möge, und wir können daher den geringen Kraftverlust, den die größte anwendbare Verlängerung verursachen würde, als unwichtig betrachten.

## V i e r t e A b t h e i l u n g .

### V o n d e n R ä d e r n .

Es sind gewisse Bedingungen zu erfüllen, um das Ziehen so leicht als möglich zu machen, und unter diesen giebt es einige, welche nicht die Einrichtung des Fahrzeuges selbst betreffen, sondern nur allein auf die Räder Bezug haben.

Diese Bedingungen nun sollen zuvörderst festgestellt werden; denn die Räder machen einen Theil aller Fahrzeuge aus; sie verhalten sich immer auf dieselbe Art, das Fahrzeug mag aus Vorder- und Hinterwagen bestehen oder nicht. Wenn wir sie demnach für sich betrachten, so setzen wir nur unsere Untersuchung über den Zug fort, ohne die Formen der Maschine, auf welche er wirkt, zu berücksichtigen.

#### D a s R o l l e n a u f e i n e m f e s t e n h o r i z o n t a l e n E r d b o d e n .

44. Um die Widerstände, welche sich der Bewegung der Räder entgegen stellen, leichter bestimmen zu können, nehmen wir zuerst an, daß diese sich auf einem harten, ebenen und horizontalen Boden befinden. Wenn sie unter diesen Umständen an die Achs-

schenkel festgemacht wären, so hätte die Kraft, welche das System in Bewegung setzen soll, nur die Reibung einer Radeschiene auf dem Erdboden zu überwinden, eine Reibung, welche bei einem gegebenen Drucke nur von der Beschaffenheit des Bodens abhinge. Da sich aber die Naben frei auf den Achsschenkeln bewegen, so wird zuerst die Achse, wenn sie nach vorne gezogen wird, in der Buchse in die Höhe gehen und so lange im Steigen bleiben, bis die sich berührenden Linien beider eine gewisse Lage angenommen haben. Alsdann beginnt die Bewegung des ganzen Systems, und die Reibung auf dem Erdboden zwingt jedes Rad, sich auf dem Achsschenkel zu drehen, während die Reibung des Achsschenkels in der Buchse sich dieser Drehung entgegen stellt. Soll das Rad sich wirklich drehen, so muß das Moment der erst genannten Reibung, deren Hebelarm der Halbmesser des äußern Kreises ist, das Uebergewicht bekommen über das Moment der zweiten, welche nur dem mittlern Halbmesser der konischen Ausbohrung der Buchse zum Hebelarm hat. Da diese Bedingung stets erfüllt wird, ausgenommen auf dem Eise, so haben die Räder eines Fahrzeuges zwei Geschwindigkeiten: die der Drehung, welche ihnen nur allein angehört, und die der Ortsveränderung, welche allen Theilen des Systems gemein ist. Hieraus folgt, daß aus der gleitenden Reibung auf dem Erdboden eine Walzenreibung wird. Diese zweite Art der Reibung kann aber ganz unberücksichtigt gelassen werden, wenn der Boden sehr hart und eben ist, wie wir dies hier voraussetzen, und die Versuche von Coulomb zeigen, daß bei einem Cylinder aus Guajacholz von nur 6 Zoll Durchmesser, der auf sehr glatten eichenen Leisten rollte, die Reibung nur 0,006 des Druckes beträgt und daß überdies die Reibungen zweiter Art, welche wie die Reibungen erster Art mit dem Druck in directem Verhältnisse stehen, sich umgekehrt wie die Durchmesser der Cylinder verhalten.

Wir haben demnach nur die Reibung der Achse in der Buchse des Rades, so wie die Widerstände zu betrachten, welche durch die Terrainhindernisse entstehen. Zuerst wollen wir sehen, welches Verhältniß zwischen der Achsbelastung und der Kraft aus der Reibung hervorgeht.



### Die Reibung der Achse.

45. Wir nehmen an, die Kräfte, welche die Achse bewegen, wirken in der Ebene des Radumfangs. Dies ist nicht mathematisch richtig, weil der Achsschenkel kegelförmig ist; da aber der Winkel, den die Ase und die erzeugende Linie des Kegels mit einander bilden, nicht groß ist, so wird unsere Annahme keinen merklichen Einfluß auf die Resultate haben, zu denen wir gelangen werden.

Es sey  $OA$  der Halbmesser des äußern Umfangs des Rades (Fig. 7.) und  $OB$  der mittlere Halbmesser des Achsschenkels, welcher so wenig von dem der Buchse verschieden ist, daß man ihn für diesen in Rechnung stellen kann. Wenn man die Achse mit einem Gewicht  $P$  beschwert, so wird das Rad in der Richtung der Lothrechten  $OA$  gegen den Erdboden, der Achsschenkel in der Richtung der Lothrechten  $OB$  gegen die Buchse gedrückt, und es findet keine Bewegung statt. Wir wollen nun in irgend einer andern Richtung, als dieser Lothrechten eine Kraft  $Q$  anbringen, durch deren Wirkung der Moment der Bewegung eintritt. Die Berührung des Achsschenkels und der Buchse geschieht in der Linie, durch deren Umdrehung die Oberfläche des Achsschenkels entstanden ist, und die durch den bestimmten Punkt  $M$  geht, dessen Lage so sein muß, daß die Reibung, welche aus dem Drucke der mittleren Kraft von  $P$  und  $Q$  in der Richtung der Normalen  $OM$  entsteht, und welche von  $M$  nach  $T$  in der Richtung der Tangente  $MT$  wirkt, durch den Theil dieser mittlern Kraft überwunden wird, der in der Richtung  $MT$  von  $M$  nach  $T'$  wirkt. Hierzu ist nun erforderlich, daß diese mittlere Kraft  $S$  durch  $M$  geht und unterhalb der Normalen  $OM$  fällt. Wie demnach auch ursprünglich die Angriffspunkte der Kräfte  $P$  und  $Q$  liegen mögen, so können wir diese Kräfte doch als parallel mit ihren Richtungen auf den Punkt  $M$  übertragen annehmen, um die Bedingungen aufzusuchen, unter denen ein Gleichgewicht zwischen ihnen und der Reibung der Achse im Moment des Entstehens der Bewegung statt findet.

Man weiß, daß die mittlere Kraft  $S$  der Kräfte  $P$  und  $Q$  mit der Normalen  $OM$  einen Winkel bilden muß, welcher dem Reibungswinkel gleich ist, und daß der durch diese Reibung verur-

fachte Widerstand den Werth von  $f'S$  hat, wo  $f' = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}$

ist, wenn  $f$  das Verhältniß der Reibung zum Druck oder den Reibungs-Coefficienten bezeichnet. Um nun das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten anwenden zu können, müssen wir nur noch untersuchen, was entsteht, wenn das Rad einen unendlich kleinen Weg durchläuft. Der Punkt  $M$  der Achse wird auf der Horizontalen  $MH$  einen Weg  $l$  zurücklegen; der Punkt  $A$  der Felgen beschreibt um die Achse einen Kreisbogen, dessen Länge ebenfalls  $l$  ist; folglich wird der Punkt  $M$  der Buchse auf dem Achsschenkel einen Weg  $\frac{lr}{R}$  zurücklegen, wo  $R$  den Halbmesser des Rades und  $r$  den

mittlern Halbmesser des Achsschenkels bedeutet. Ist nun  $\phi$  der Winkel, den die Kraft  $Q$  mit der Horizontalen  $MH$  macht, so ist die Projection von  $l$  auf die Richtung dieser Kraft  $l \cos \phi$ , die Projection derselben Länge auf die Lothrechte  $MP$  aber Null, und der durchlaufene Bogen  $\frac{lr}{R}$  fällt mit seiner Projection auf die Tangente  $MT$  zusammen. Hiernach haben wir für den Moment des Beginns der Bewegung d. h. für das Gleichgewicht

$$Q \times l \cos \phi = f' S \times \frac{lr}{R} \text{ oder einfacher } RQ \cos \phi = f' r S \quad (\text{I}).$$

Da aber  $S$  die mittlere Kraft von  $Q$  und  $P$  ist, so ist

$$S^2 = P^2 + Q^2 + 2PQ \cos (P, Q) \quad (\text{II}).$$

und da  $\cos (P, Q) = \cos (90^\circ + \phi) = -\sin \phi$  ist, auch

$$S^2 = P^2 + Q^2 - 2PQ \sin \phi \quad (\text{III}).$$

Durch Elimination von  $S$  in den Gleichungen (I) und (III) erhält man nach vollständiger Entwicklung

$$Q = f' r P \frac{-r f' \sin \phi + \cos \phi \sqrt{R^2 - r^2 f'^2}}{R^2 \cos^2 \phi - r^2 f'^2} \quad (\text{IV}).$$

Sucht man den Werth von  $\phi$ , für den  $Q$  ein Minimum wird, so findet man

$$\tan \phi = \frac{r f'}{\sqrt{R^2 - r^2 f'^2}} \text{ und } Q = \frac{f' r P}{R} \quad (\text{V}).$$

Hieraus folgt, daß wenn es sich darum handelt, ein System von zwei Rädern und einer belasteten Achse im Gleichgewicht zu

erhalten, man der Kraft  $Q$  eine solche Richtung geben müsse, daß sie mit dem Horizont einen Winkel bildet, dessen Tangente gleich  $\frac{r f'}{\sqrt{R^2 - r^2 f'^2}}$  ist, wenn die Kraft  $Q$  möglichst vortheilhaft wirken soll. Dieser Winkel ist im Allgemeinen sehr klein und sehr wenig von demjenigen verschieden, dessen Tangente  $\frac{f' r}{R}$  ist.

Wenn man  $Q$  horizontal wirken läßt, so wird  $\varphi = 0$ ;  $\sin \varphi = 0$  und  $\cos \varphi = 1$ , und die Gleichung (IV.) giebt

$$Q = \frac{f' r P}{\sqrt{R^2 - r^2 f'^2}}$$

ein Werth, der nicht merkbar größer ist, als der in (V) gefundene, welcher dem Maximum der Wirkung entspricht.

Wir müssen noch bemerken, daß auf einem horizontalen, harten und ebenen Erdboden, also in dem Falle, wo der einzige zu überwindende Widerstand die Reibung der Achse ist, nach der Gleichung (V) die Werthe des Minimum der Kraft  $Q$  in directem Verhältniß mit den Halbmessern der Achschenkeln und in umgekehrtem Verhältniß mit den Halbmessern der Räder stehen, das heißt: macht man den Halbmesser der Achse halb so groß, oder den Halbmesser des Rades doppelt so groß als sie vorher waren, so braucht die Kraft, welche man anwenden muß, um Bewegung zu erzeugen, auch nur halb so groß zu sein, als vorher.

Uebrigens ist es klar, daß wenn man, statt Gleichgewicht hervorzubringen, ein Fahrzeug in einer bestimmten Geschwindigkeit erhalten will, unter den vorerwähnten Umständen die Kräfte  $P$ ,  $Q$ ,  $f' S$  sich fortwährend das Gleichgewicht halten müssen, wo  $f'$  von den sich bewegenden Oberflächen abhängt, und daß folglich  $Q$  durch die Gleichung (V) bestimmt ist. Der Werth dieser bewegenden Kraft wird übrigens stets derselbe bleiben, wie groß auch die Geschwindigkeit der Bewegung sein mag, weil das Verhältniß der Reibung zum Drucke unabhängig von der Geschwindigkeit ist.

Bezeichnet endlich  $e$  den horizontalen Weg, welchen das Rad in einer bestimmten Zeit zurückgelegt hat, so wird  $e \frac{r}{R}$  die Länge des Bogens sein, den der Angriffspunkt des Widerstandes  $f' S$  in

der Buchse durchlaufen hat, und die mechanische Arbeit der Beanspruchung wird durch  $f'S \frac{er}{R}$  oder nach (I) durch  $Qe \cos \phi$  ausgedrückt.

46. Um nun eine Anwendung unserer Formeln zu machen, wollen wir die Verhältnisse der Fahrzeuge unserer neuen Feldartillerie annehmen, nämlich eine eiserne Achse, eine metallene Buchse, den Halbmesser des Rades zu 0,730 Met. und den mittlern Halbmesser des Achsschenkels zu 0,030 Met. Der Reibungscoefficient ist 0,24, wenn nicht geschmiert ist, und 0,1, wenn man eine Schmiere von Talg anwendet und sie oft erneuert. Da in der Artillerie die Schmiere nicht so oft erneuert wird als dies bei den Coulombschen Versuchen statt gefunden hat, so nehmen wir eine Zahl an, welche zwischen den beiden erwähnten liegt, und setzen  $f = 0,143$  oder ungefähr gleich  $\frac{1}{7}$ .

Alsdann ist  $f' = \frac{\frac{1}{7}}{\sqrt{1 + \frac{1}{49}}} = \frac{1}{\sqrt{50}}$ , was zu wenig von  $\frac{1}{7}$  abweicht, als daß wir nicht  $f' = f$  setzen könnten. Hieraus ergibt sich

$$\text{tang } \phi = \frac{0,143 \times 30}{\sqrt{(730)^2 - (0,143 \times 30)^2}} = \frac{1}{172}$$

und der Winkel  $\phi$ , unter welchem die Kraft  $Q$  wirken muß, um die größt mögliche Wirkung hervorzubringen, wird ungefähr  $20'$  betragen. Ebenso findet man aus der Gleichung (V), daß

$$Q = \frac{P \times 0,143 \times 30}{730} = \frac{P}{170} \text{ ist.}$$

Für die am schwersten beladenen Fahrzeuge der Belagerungsartillerie, wo der Halbmesser der Räder 0,760 Met. und der Achsschenkel 0,037 Met. beträgt, ist  $Q = \frac{1}{143} P$ .

Für die Vorderwagen der Fahrzeuge des Gribeauval'schen Systems, deren Räder nur 0,569 Met. zum Halbmesser haben, ist  $Q = \frac{1}{133} P$ , und für die Hinterwagen derselben Fahrzeuge, deren Räder einen Halbmesser von 0,785 Met. haben, ist  $Q = \frac{1}{182} P$ .

Es ist demnach die mittlere Kraft, welche die Reibung der Achsschenkel in den Buchsen bei irgend einem Fuhrwerke der

Artillerie erfordert, gleich  $\frac{1}{157} P$ . Dies Resultat ist aber nur bei Fahrzeugen anzuwenden, welche auf einem sehr harten und ebenen Wege, wie z. B. einer gut ausgeführten Eisenbahn laufen. Auf einer gewöhnlichen Straße, selbst wenn sie vollkommen gut erhalten ist, reicht die Kraft  $\frac{1}{157} P$  bei weitem nicht hin, um ein Fahrzeug in Bewegung zu erhalten, das mit seiner Belastung ein Gewicht  $P$  bildet, und dies beweist, daß die hauptsächlichste Ursache des erschwereten Zuges nicht in der Reibung der Achsschenkel und der Buchsen zu suchen ist. In einem solchem Falle kann diese Reibung eben so wie die Walzenreibung unbeachtet gelassen werden; denn wenn wir in der Gleichung  $Q = \frac{1}{157} P$  für  $P$  den Werth von 420 Kg. setzen, als das Maximum des Gewichtes, das ein Zugpferd der Feld=Artillerie ziehen darf (28), so finden wir, daß auf einer Eisenbahn die Kraft, durch welche der aus der Reibung hervorgehende Widerstand überwunden wird, nur 2,67 Kg. beträgt, so daß alsdann die Pferde der Artillerie, so zu sagen, nur zu marschiren brauchen.

Wenn die Beschaffenheit des Weges den Zug erschwert, so ist die Kraft  $Q$ , welche man zur Ueberwindung der mittleren Kraft aller Widerstände bedarf, immer geringer als  $P$ , und nach der Gleichung (III.) ist  $S$  immer kleiner als  $P + Q$ . Aber um uns in die ungünstigsten Verhältnisse zu versetzen, wollen wir  $Q = P$  und  $S = 2P$  annehmen. Der Widerstand  $\frac{f' S r}{R}$ , welcher durch die Reibung sich bei der Bewegung äußert, wird  $\frac{2 f' r P}{R}$  sein. Substituiren wir für  $P$  das Gewicht von 420 Kg. und für  $f'$ ,  $r$ ,  $R$  die vorhin angegebenen Werthe, so finden wir 4,93 Kg. Wenn also ein Pferd genöthigt wäre, 420 Kg. Kraft zu äußern, so hätte es doch niemals eine Reibung von 5 Kg. zu überwinden.

Die Reibung verdiente eben so wenig Beachtung, wenn man dem Halbmesser  $r$  selbst eine Größe gäbe, welche die bei den eiser- nen Achsen gebräuchliche um die Hälfte überstiege, wenn man nur für  $R$  die Werthe von 0,730 bis 0,780 Met. beibehält. Eine Anwendung der Gleichung (V) würde zeigen, daß die Vermehrung der bewegenden Kraft, welche daraus auf guten Straßen entstehen

würde, im Verhältniß zur Zugkraft sehr gering ist, und noch weit geringer auf schlechten Wegen.

Wir müssen demnach als ausgemacht annehmen, daß bei den gewöhnlichen Verhältnissen des Zuges die Reibung der Achsen in den Buchsen unberücksichtigt gelassen werden kann, wenn die Achsen nicht von Holz sind.

Hieraus folgt, daß es nicht nöthig ist, die Seitenkraft von  $S$ , welche in der Richtung der Tangente  $MT'$  wirkt, zu betrachten und daß der Angriffspunkt der Kräfte  $P$  und  $Q$  immer in der Mittellinie der Achse selbst angenommen werden kann.

### Das Rollen auf einem Wege mit weicher Oberfläche.

47. Wenn sich ein Fahrzeug auf einem gewöhnlichen Wege bewegt, dessen Oberfläche vom Regen auch nur leicht durchdrungen oder selbst nur mit einer Lage Staub bedeckt ist, so darf die Walzenreibung (44) nicht mehr unberücksichtigt bleiben. Für diesen Fall haben wir demnach den Werth der Kraft anzugeben, welche an der Achse angebracht werden muß, um sowol der Reibung dieser Achse, als auch der Reibung auf dem Erdboden das Gleichgewicht zu halten.

Poncelet schließt aus den Versuchen Coulomb's, daß diese Walzenreibung  $\Lambda \frac{P+p}{R}$  ist, wo  $p$ ,  $P$ ,  $R$  und  $\Lambda$  respective das Gewicht eines Rades, die Last, den Halbmesser und einen von der Beschaffenheit des Erdbodens abhängigen Coefficienten bedeuten. Wenn wir unter Beibehaltung der in Nr. 45. gebrauchten Bezeichnungen das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten anwenden und beide Reibungen zusammen betrachten, so erhalten wir die Gleichung

$$Q l \cos \phi = l \frac{r}{R} \sqrt{(P - Q \sin \phi)^2 + (Q \cos \phi)^2} + l \frac{\Lambda}{R} (P + p - Q \sin \phi) \quad (I)$$

weil vermöge der Neigung der Zugtaue aus dem Druck  $P+p$  gegen die Erde der Druck  $P+p - Q \sin \phi$  wird. Indessen wird der aus dieser Gleichung sich ergebende Werth von  $Q$  sehr zusammengesetzt. Er wird einfacher, wenn man von einem Lehrsatz Poncelet's Gebrauch macht, nach welchem die Wurzelgröße dem Werthe  $\alpha (P - Q \sin \phi) + \beta Q \cos \phi$  hinlänglich nahe kömmt, wobei

$\alpha$  und  $\beta$  Zahlencoefficienten sind, welche das Verhältniß von  $P$  zu  $Q$  bestimmen, ein Verhältniß, das durch die mit Fahrzeugen angestellten Versuche ungefähr gegeben ist. (16). Hierdurch ändert sich die Gleichung (I) in folgende

$$Q \cos \varphi = \frac{r}{R} f' (\alpha P - \alpha Q \sin \varphi + \beta Q \cos \varphi) + \frac{A}{R} (P + p - Q \sin \varphi) \quad (\text{II})$$

Aus derselben ergibt sich

$$Q = \frac{r f' \alpha P + A (P + p)}{\cos \varphi (R - r f' \beta) + \sin \varphi (A + r f' \alpha)} \quad (\text{III}).$$

Dieser Werth zeigt zuerst, daß die Kraft  $Q$  in dem Falle, wo ihre Richtung über die Horizontale fällt, geringer ist, als in jedem andern Falle, denn wenn  $\varphi = 0$  ist, so wird der Nenner auf ein Glied reducirt, und wenn  $\varphi < 0$  ist, so wird das zweite Glied negativ. Was aber das Minimum von  $Q$  anbelangt, so ergibt es sich für  $\tan \varphi = \frac{A}{R}$ , weil  $r f' \alpha$  und  $r f' \beta$  stets sehr klein sind und unbeachtet gelassen werden können. Dieser Werth von  $\tan \varphi$  zeigt an, daß der Winkel der auf die Achse wirkenden Zugkraft um so größer sein muß, je größer der Widerstand des Erdbodens und je kleiner der Halbmesser des Rades sind.

Die Gleichung (III.) zeigt noch, daß es in schwierigen Wegen vortheilhaft ist, Räder von großem Durchmesser zu gebrauchen, ohne indessen eine Gränze zu überschreiten, jenseits welcher das zu große Gewicht dieser Räder mindestens den Vortheil aufheben würde, den die Vergrößerung ihres Durchmessers gewährt.

Endlich zeigt dieselbe Gleichung deutlich, daß man bisher einen Fehler gemacht hat, indem man einen Ausdruck von der Form  $\frac{r}{R} M$  anwandte, um die für ein Fahrzeug benöthigte Zugkraft auszudrücken, wo  $M$  eine Function von  $P$ ,  $p$  und  $\varphi$  ist.

Man würde einen genügenden Annäherungswerth erhalten, wenn man ganz einfach setzte

$$Q = \frac{r f' \alpha P + A (P + p)}{R \cos \varphi + A \sin \varphi} \quad (\text{IV}).$$

Um aber nun diese Formel anwenden zu können, muß man den Coefficienten  $A$  kennen. Man bestimmt ihn durch einen Versuch und durch die Formel

$$A = \frac{RQ \cos \varphi - r f' \alpha P}{P + p - Q \sin \varphi},$$

welche man aus der Gleichung (IV) erhält. Der Versuch würde die an der Mittellinie der Achse wirkende Kraft ergeben, welche man anwenden muß, um eine gleichförmige Bewegung irgend eines Systems zu erhalten, das aus einer belasteten, von zwei Rädern getragenen Achse besteht, und auf einem Wege von derselben Beschaffenheit fortrollt, als der von den Fahrzeugen zu benutzende.

### Feste Hindernisse.

48. Wir wollen jetzt die Hindernisse betrachten, welche das Terrain darbieten kann, und die Beziehung auffuchen, in welcher die Kraft  $Q$  zur Last  $P$  der Achse stehen muß, wenn Bewegung entstehen soll; alsdann wollen wir die Bedingung feststellen, welche die Beibehaltung der Geschwindigkeit erheischt.

Wir nehmen zuerst an, daß ein belastetes, auf einem horizontalen Boden rollendes Rad durch ein festes Hinderniß  $MN$  (Fig. 8.) aufgehalten wird. Es handelt sich nun darum, zu bestimmen, wie groß die Kraft  $Q$  sein muß, wenn das Rad anfängt sich zu heben. Zu diesem Zweck nennen wir  $R$  den Halbmesser des Rades,  $P$  den Druck auf den Erdboden im Punkte  $A$ , und  $Q$  die an der Achse in irgend einer Richtung  $OI$  wirkende Kraft;  $h$  sei die Höhe des Hindernisses  $MN$ . Da das Rad und die Last sich um den Punkt  $M$  drehen müssen, wenn das Hinderniß überwunden werden soll, so befinden sich die Kräfte  $P$  und  $Q$  in denselben Verhältnissen, als ob sie an den Enden eines Winkelhebels  $AMO$  wirkten, dessen Stützpunkt  $M$  wäre. Das Gleichgewicht verlangt daher, daß  $Q \times MI = P \times MK$ , wo  $MI$  und  $MK$  die Normalen vom Stützpunkt auf die Richtung der Kräfte sind. Es ist aber  $MI = R \sin MOI$ , und weil  $OR = R - h$ , so ist  $MK = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} = \sqrt{2Rh - h^2}$ .

Folglich ist

$$Q = P \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R \sin MOI} \quad (I)$$

$$\text{oder } \frac{P}{Q} = \frac{R \sin MOI}{\sqrt{2Rh - h^2}} \quad (II)$$

Das Verhältniß  $\frac{P}{Q}$  d. h. der Quotient aus dem zu hebenden Gewicht dividirt durch die Kraft, welche das Hinderniß erfordert, wird gewöhnlich Kraft des Rades genannt. Da diese Kraft ein Maximum wird, wenn der Winkel  $MOI$  ein rechter ist, oder wenn  $OI$  mit der senkrecht auf  $OM$  stehenden Linie  $OI'$  zusammen fällt, und da dann der Winkel  $IOH$ , welchen  $OI'$  mit der Horizontalen  $OH$  bildet, gleich ist  $MOA$ , dessen Sinus versuß gleich  $\frac{h}{R}$  ist, so sieht man, daß für die Kraft  $Q$  der vortheilhafteste Fall eintritt, wenn sie mit dem Horizont einen Winkel bildet, dessen Sinus versuß der Quotient aus der Höhe des Hindernisses dividirt durch den Halbmesser des Rades ist. Aber so unbedeutend auch die Höhe  $h$  sein mag, so ist es doch unmöglich, der Kraft  $Q$  eine senkrechte Richtung auf  $OM$  zu geben; denn diese Richtung muß nothwendigerweise immer sehr nahe an die Horizontale  $OH$  fallen. Ziehe sie mit dieser zusammen, so würde  $R \sin MOI = R \sin MOI'' = MI'' = R - h$ , und man hätte

$$\frac{P}{Q} = \frac{R - h}{\sqrt{2Rh - h^2}} \quad (III)$$

ein Werth, der stets geringer ist, als das Maximum, welches durch die Gleichung

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{\sqrt{2Rh - h^2}} \quad (IV)$$

dargestellt wird. Indessen weichen beide Werthe wenig von einander ab, wenn das Hinderniß sehr klein ist. Alsdann kann man ohne merklichen Fehler in dem Zähler der Gleichung (III) die Größe  $\frac{h}{\sqrt{R}}$  und in dem Nenner der Gleichungen (III) und (IV) die Größe  $\frac{h^2}{R}$  unberücksichtigt lassen, und aus diesen beiden Formeln wird

$$\frac{P}{Q} = \frac{\sqrt{R}}{\sqrt{2h}} \quad (V)$$

Dies ist der Grund, warum man gewöhnlich sagt, die Kräfte weier Räder verhalten sich wie die Quadratwurzeln ihrer Halb-

messer. Da aber dieser Grundsatz nicht mehr statt findet, wenn die Höhe des Hindernisses im Vergleich zu dem Halbmesser der Räder ansehnlich ist, so kann er für die Construction der Artillerie, deren Fahrzeuge oft beträchtlich hohe Vorstände übersteigen müssen, nicht angewandt werden.

Aus der Gleichung (II) leitet man einen andern Grundsatz her, der auf Hindernisse von jeder Höhe angewandt werden kann. Der Werth von  $h$  zeigt, daß zwei ungleich hohe Räder, die gegen den Boden gleich stark gedrückt werden, gleich viel Kraft verlangen, um Hindernisse zu überwinden, deren Höhe sich wie die Halbmesser der Räder verhält. Demnach kann ein Rad von doppelt so großem Halbmesser als ein anderes, mit derselben bewegenden Kraft ein Hinderniß überwinden, das doppelt so hoch ist als das vom andern Rade überschrittene.

49. Wenn man ungleiche Räder betrachtet, die durch Hindernisse von gleicher Höhe aufgehalten werden, so stehen die größern Räder im Vortheil; aber die Verminderung, die daraus für den Werth von  $Q$  folgt, wird für eine gegebene Vergrößerung von  $R$  um so kleiner sein, je größer der Werth dieses Halbmessers und je kleiner  $h$  bereits ist. Hiervon überzeugt man sich leicht, wenn man den Einfluß der Werthe von  $R$  und  $h$  auf das Verhältniß  $\frac{P}{Q}$  das die Gleichung (II) oder (III) ergiebt, untersucht.

Die folgende Tabelle zeigt einige Anwendungen dieser letztern Gleichung.  $P$  ist dabei zu 357 Kg. angenommen, als das mittlere Gewicht eines Rades und seiner Belastung bei den Fahrzeugen der Artillerie, und die daselbst eingetragenen Höhen oder Durchmesser der Räder sind bis zu 4 Fuß 10 Zoll die Räder des Gribeauval'schen Systems.

Höhe oder Durchmesser der Räder.		Unterschied zwischen zwei auf einander folgende Höhen. Zoll.	Bewegende Kraft.					
			Hinderniß von 6 Zoll Höhe.		Hinderniß von 4 Zoll Höhe.		Hinderniß von 2 Zoll Höhe.	
			Kraft. Rg.	Unterschied zwischen zwei auf einander folgende Kräfte.	Kraft. Rg.	Unterschied zwischen zwei auf einander folgende Kräfte.	Kraft. Rg.	Unterschied zwischen zwei auf einander folgende Kräfte.
2	10	4	420	$\frac{1}{10}$	300	$\frac{1}{3}$	190	$\frac{1}{6}$
3	2	4	380	$\frac{1}{10}$	277	$\frac{1}{3}$	178	$\frac{1}{6}$
3	6	4	349	$\frac{1}{2}$	258	$\frac{1}{4,6}$	168	$\frac{1}{7}$
3	10	4	325	$\frac{1}{4}$	243	$\frac{1}{7}$	159	$\frac{1}{8,5}$
4	2	4	305	$\frac{1}{8}$	230	$\frac{1}{9}$	152	$\frac{1}{3}$
4	6	4	288	$\frac{1}{8}$	219	$\frac{1}{11}$	145	$\frac{1}{2,5}$
4	10	4	274	$\frac{1}{10}$	209	$\frac{1}{2,5}$	139	$\frac{1}{4}$
5	2	4	261	$\frac{1}{11}$	201	$\frac{1}{8}$	134	$\frac{1}{8}$
5	6	4	250	$\frac{1}{11}$	193	$\frac{1}{8}$	130	$\frac{1}{3,5}$

Diese Tabelle zeigt, daß bei den über 4 Fuß hohen Rädern recht merkbare Vergrößerungen der Durchmesser keine großen Unterschiede in den Kräften hervorbringen.

### Einfluß des Halbmessers des Rades auf die Anstrengung.

50. Obgleich der Einfluß des Halbmessers der Räder auf die für ein Hinderniß erforderliche Kraft in dem Maße geschwächt wird, als die Höhe des Hindernisses kleiner und die Höhe der Räder größer wird, so ist dieser Einfluß doch vorhanden und selbst so bedeutend, daß mit Rädern von einem gewissen Durchmesser eine Beanspruchung keine Hindernisse überschreiten könnte, die es mit Rädern von größerer Höhe überwunden hätte.

Was die Arbeit des Motors betrifft, so ist sie durchaus von dem Hebelsarme unabhängig, den das Rad abgibt. Diese Arbeit wird durch  $P \cdot h$  ausgedrückt, weil es sich darum handelt, das Gewicht  $P$  auf die Höhe  $h$  zu heben. Ein Hinderniß verursacht demnach stets denselben Verbrauch von Kraft-Quantum, wie groß auch immer die Höhe der Räder sein mag, so daß, wenn der Motor unbelebt wäre, es gleichgültig wäre, dies oder jenes Rad

anzuwenden. Wenn aber ein Pferd in Betracht gezogen wird, so erlaubt das größte Rad, die Arbeit mit der geringsten Anstrengung auszuführen, obgleich dadurch der Aufwand an Kraft-Quantum um nichts vermindert wird; denn es wird einem belebten Motor viel leichter, eine mittelmäßige Kraft während einer gewissen Zeit auszuüben, als eine große Kraft während einer kürzeren Zeit. Was den Vortheil der ersteren Arbeitsart vor der letztern betrifft, so kann man ihn aus der Theorie nicht ableiten, weil er ganz allein aus der Organisation des Motors entspringt. Alles, was sich sagen läßt, ist, daß dieser Vortheil um so größer wird, je höher das Hinderniß ist. Die hohen Räder erleichtern demnach die Arbeit nur auf den Wegen, welche sehr beträchtliche Vorsprünge darbieten, bedeutend.

### Einfluß des Halbmessers der Räder auf den Verlust an lebender Kraft.

51. Wie haben bis jetzt nur den Fall betrachtet, wo das Rad die Ruhe verläßt, um sich auf ein festes Hinderniß zu erheben, wogegen es gewöhnlich ist, daß es mit einer gewissen Geschwindigkeit gegen ein solches Hinderniß stößt. In diesem Fall erhebt sich, vermöge des Stoßes und der erlangten Geschwindigkeit, die ganze Masse des Systems bis zu einer gewissen Höhe, und der Motor hat nicht nöthig, eine so große Kraft anzuwenden, als die Formel (I) in Nr. 48. angiebt. Die Hindernisse, welche sich auf den gewöhnlichen Straßen vorfinden, sind selbst so niedrig, daß die Räder sie überwinden und nur einen Theil ihrer Geschwindigkeit verlieren, und wenn die Hindernisse stark hervortreten, so erlangen die Räder durch das nachherige Hinunterfallen eine eben so große Geschwindigkeit als diejenige war, die beim Heraussteigen verloren ging. Durch diese Ergänzung des Kraft-Quantums wird der Verbrauch ausgeglichen, wenn sie in der Richtung der Bewegung statt findet. Der Motor hätte demnach unter diesen Voraussetzungen nur den Verlust der lebenden Kraft, welcher durch die Stöße verursacht wurde, wieder einzubringen. Diese Verluste sind auf einem gut erhaltenen Straßenpflaster nur gering, wenn die Geschwindigkeit unbeträchtlich ist, und folglich ist dann auch das Ziehen auf einer solchen Straße leicht. Wenn aber das Pflaster beschädigt ist, oder

wenn das Fahrzeug auf holprigen Wegen fährt, so werden die Geschwindigkeiten, welche die Räder durch das Niederfallen gewinnen, gegen die Richtung der Bewegung sehr schief liegen, zuweilen sind sie selbst lothrecht gegen den Erdboden, und die Stöße heben sie fast gänzlich auf. Die Wirkung dieser Stöße hebt dann größtentheils die Vorwärts-Bewegung auf und der Motor ist jedesmal, wenn ein solcher Stoß erfolgt, beinahe in denselben Verhältnissen als in dem Augenblicke, wo er das Fahrzeug aus der Ruhe brachte. Der Zug wird dann sehr erschwert, wie gering auch die Geschwindigkeit sein mag.

Hieraus sehen wir, daß der Verbrauch an Kraft-Quantum, den die Bewegung auf holperigem Boden erfordert, beinahe gänzlich aus den Verlusten von lebender Kraft entsteht, die durch die plötzlichen Veränderungen in den Geschwindigkeiten verursacht werden, und daß in diesem Falle das Problem des Zuges darin besteht, die Summe dieser Verluste so viel als möglich zu vermindern. Wir wollen untersuchen, ob wir dazu gelangen, wenn wir den Halbmesser der Räder vergrößern.

52. Wir wollen annehmen, das Terrain bilde eine vollkommene feste horizontale Ebene  $Aa$  (Fig. 9.), auf welcher man vorspringende Hindernisse  $MN$  besetzt, oder Löcher ausgehöhlt hätte, deren Seitenwände durch die Stöße unverändert bleiben. Sowol für den generellen Fall, wo die gegen die Räder stoßenden Hindernisse von beliebiger Höhe wären, und die Stöße nicht gleichzeitig eintreten, als auch für ein den Artillerie-Fahrzeugen ähnliches nicht starres System, würde es unmöglich sein, den Kalkül anzuwenden; wir wollen daher ein ganz spezielles System betrachten. Dies bestehe aus zwei Achsen  $O$  und  $o$ , die unveränderlich durch zwei Bäume  $Oo$  verbunden sind, aus vier Rädern von gleichem Durchmesser und aus irgend einer Ladung. Wir wollen annehmen, jedes dieser vier Räder stieße in demselben Augenblick an ein Hinderniß  $MN$ , dessen Höhe  $h$  sei, und wollen nun den Verlust an lebender Kraft suchen, den der Stoß beim ganzen System, mit Ausnahme der Räder, hervorbringt.

Zu diesem Zweck nennen wir  $\mu$  eins der unendlich kleinen Elemente der Masse, welche durch die Ladung, durch die Bäume und die Achse gebildet wird, und betrachten den erstern dieser drei

Theile als unveränderlich mit den beiden andern verbunden. Hiernach wird  $\mu$  in Bezug auf die Ebene  $Oo$  der Achsen eine Lage haben, die sich während der Dauer der Bewegung nicht verändern kann, so daß wenn diese Ebene sich nur in horizontaler Richtung bewege, der Punkt  $K$ , wo die Masse  $\mu$  concentrirt ist, einen horizontalen Weg  $KE$  zurücklegen würde.

Sobald aber die vier Räder an die Hindernisse  $MN$  und  $mn$  stoßen, so steigen ihre Mittelpunkte in die Höhe und beschreiben um die Punkte  $M$  und  $m$  Kreisbogen; diese Bogen sind einander gleich und parallel, weil  $MN = mn$ ; die Ebene  $Oo$  erhebt sich parallel mit ihrer ursprünglichen Lage, und der Punkt  $K$  muß einen Kreisbogen beschreiben, der den von den Punkten  $O$  und  $o$  beschriebenen Bogen gleich und parallel ist.

Es sei nun  $KK'$  dieser Bogen,  $KT$  seine Tangente in  $K$ , und  $V$  die Geschwindigkeit des Systems unmittelbar vor dem Stoße. Alsdann wird  $V \sin EKT$  die Geschwindigkeit in der Richtung der Lothrechten auf  $KT$  sein, und man findet  $\mu V^2 \sin^2 EKT$  für die lebende Kraft, die durch den Stoß für die Masse  $\mu$  verloren geht.

Zieht man nun die Horizontale  $OD$  und die Tangente  $OS$ , so wird der Winkel  $DOS$  gleich sein dem Winkel  $EKT$  und auch dem Winkel  $AOM$ ; folglich ist

$$\sin EKT = \sin AOM = \frac{MP}{OM} = \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R}$$

und die für die Masse  $\mu$  verloren gegangene lebende Kraft ist

$$\mu V^2 \frac{2Rh - h^2}{R^2}$$

Da der Factor, welcher in diesem Ausdruck  $\mu$  multiplicirt, ganz unabhängig von der Lage des Punktes  $K$  ist, so kann man schließen, daß man für ein anderes Element  $\mu'$  erhalten würde  $\mu' V^2 \frac{2Rh - h^2}{R^2}$  und daß der totale Verlust an lebender Kraft, den das ganze System, mit Ausnahme der Räder, zu erleiden hat,

$$MV^2 \frac{2Rh - h^2}{R^2}$$

ist, wo  $M$  die durch die Ladung, die Bäume und die Achsen gebildete Masse bezeichnet.

Hat das System einen Weg  $l$  zurückgelegt und  $n$  Stöße erlitten, so kann man in gleicher Art die verschiedenen Verluste an lebender Kraft bestimmen, und die Summe aller giebt das Doppelte des Kraft-Quantums, welches der Motor hätte aufwenden müssen, um die Geschwindigkeit  $V$  herzustellen. Diese Summe wird also  $= 2Ql$  sein, und wenn man sie durch  $2l$  theilt, so erhält man die Kraft  $Q$  oder den während der Bewegung vom Motor fortwährend ausgeübten Druck. Will man diesen Druck indessen in Kilogrammen haben, so muß man für  $M$  dessen Werth  $\frac{P}{g}$  setzen.

Wir wollen annehmen, bei jedem der  $n$  Stöße ginge die lebende Kraft

$MV^2 \frac{2Rh - h^2}{R^2}$  verloren; die mittlere oder constante Kraft des Motors wird nach dem so eben Gesagten sein

$$Q = \frac{nPV^2(2Rh - h^2)}{2glR^2} \quad (I)$$

Diese Gleichung ist gewiß nicht anwendbar, weil es keinen Weg von der Beschaffenheit giebt, wie wir ihn annahmen, und weil wir überdies die lebende Kraft unberücksichtigt ließen, welche für die Räder verloren geht und nicht immer vernachlässigt werden darf. Wenn nun aber auch die Gleichung (I) nicht immer den Zahlenwerth von  $Q$  angiebt, so liefert sie uns doch das Mittel, den Einfluß des Durchmessers der Räder auf den Verlust an lebender Kraft bei einem Fahrzeuge zu erkennen, und das war ja unsere Absicht. Man nehme nun an, der Bruch  $\frac{h}{R}$  sei so klein, daß sein

Quadrat unberücksichtigt bleiben kann, so wird der Factor  $\frac{2Rh - h^2}{R^2}$  nun  $\frac{2h}{R}$ , und man hat  $Q = \frac{nPV^2h}{gR}$ .

Aus diesem Ausdruck geht hervor, daß die Kraft  $Q$  unter den von uns angenommenen Verhältnissen dem Halbmesser  $R$  umgekehrt proportional ist. Unter den in der Praxis vorkommenden Verhältnissen ist es ohne Zweifel nicht so; aber man kann wohl glauben, daß zum wenigsten die Verluste an lebender Kraft, welche durch die Stöße verursacht werden, um so schwächer werden, je größer die Räder im Verhältniß zur Höhe der Hindernisse sind.

Die Gleichung (I) zeigt ferner, daß die Kraft, welche durch den Motor wegen der Stöße hervorgebracht werden muß, bei übrigen gleichem Umständen, dem Gewicht  $P$  des ganzen Systems, mit Ausnahme der Räder, proportional ist. Es soll nun diese Folgerung aus unsern Hypothesen einen Grundsatz bilden, der auf alle in der Praxis vorkommende Fälle anwendbar ist; denn es ist allgemein der Verlust an lebender Kraft, der durch den Stoß eines Körpers gegen einen festen Gegenstand verursacht wird, der Masse dieses Körpers und folglich seinem Gewichte proportional.

Mit der andern Folgerung, daß die Kraft  $Q$  proportional ist dem Quadrat der Geschwindigkeit  $V$ , welche die Masse  $M$  unmittelbar vor dem Stöße besaß, verhält es sich nicht so. Da diese Geschwindigkeit ohne merklichen Fehler angenommen werden kann als proportional der mittlern während des Transportes statt findenden Geschwindigkeit, so kann man sagen, daß die Kraft  $Q$  dem Quadrat der Geschwindigkeit des Fahrzeuges proportional ist. Nun vermeiden aber schnell sich bewegende Räder einen Theil der Stöße, welche die langsam auf derselben Straße sich bewegenden Fahrzeuge erleiden; denn die ersteren gehen nicht allein über manche Löcher fort, ohne bis auf deren Grund nieder zu sinken, sondern sie treffen auch den Erdboden in einer schiefen Richtung, wenn sie von der Spitze eines vorspringenden Hindernisses herabfallen, und es wächst demnach die Kraft  $Q$  nicht so schnell, als das Quadrat der Geschwindigkeit des Transportes.

53. Ungeachtet der natürlichen Elasticität der Stoffe, aus welchen die Fahrzeuge und die Ladung bestehen, kann man wohl annehmen, wie wir es gethan haben, daß bei den Fahrzeugen der Artillerie die Last mit den Bäumen unveränderlich verbunden ist. Diese Hypothese aber entspricht keineswegs den Fahrzeugen, bei welchen die Ladung in einem schwebenden Kasten liegt, und folglich kann das über den Verlust an lebenden Kräften Gesagte auf solche Fahrzeuge keine Anwendung finden. Denn die plötzlichen Wendungen, welche auf die Geschwindigkeit der verschiedenen Theile des Systems einwirken, verändern nicht augenblicklich die Bewegung des Wagenkastens; ihre erste Wirkung verändert die Spannung oder den Druck der die Last tragenden Federn und die Reaction dieser Federn nur allein verändert die Bewegung des Wagenkastens.

Da nun aber diese letzte Aenderung in unendlich kleinen Gradationen erfolgt, so verursacht sie keinen Verlust an lebender Kraft. Wenn demnach die Elasticität der Federn vollkommen wäre, so würde sich der Verlust auf den vom Untergestell erlittenen beschränken und immer unbedeutend sein. Obgleich es aber nicht ganz so sein mag, so kann man doch als Grundsatz aufstellen, daß die Wagen mit Federn auf festem und holperigem Terrain für den Motor viel vortheilhafter sind als die andern Wagen.

### Das Rollen auf einem nachgiebigen Erdboden.

54. Die zweite Art von Hindernissen, auf welche ein Rad auf horizontalem Erdboden treffen kann, ist die Wagenspur, welche es darin einfurcht, wenn der Boden nachgiebig ist. Wenn hier zwischen den Widerständen und der Kraft  $Q$  Gleichgewicht statt finden soll, so muß diese Kraft im Stande sein, das Rad um eine gewisse Linie  $M$ , welche in der vorderen Fläche der Wagenspur liegt (Fig. 10), zu drehen, und soll diese Kraft ein Minimum werden, so muß ihre Richtung  $OQ$  einen rechten Winkel mit dem Halbmesser  $OM$  bilden. Es ist jedoch unmöglich, die Lage dieses Halbmessers im voraus zu bestimmen, da die Lage der Linie  $M$  gänzlich von der Beschaffenheit des Bodens abhängt und man kann auch nicht die Richtung der Kraft  $Q$  angeben. Alles, was sich darüber sagen läßt, ist, daß der Winkel  $NOL$ , den sie mit dem Horizont macht, gleich ist  $MOA$ , und folglich kleiner als Winkel  $ROA$ , dessen Sinus gleich  $\frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R}$  ist, wenn  $h$  die Tiefe der Wagenspur und  $R$  den Halbmesser  $OA$  des Rades bedeuten.

Eben so unmöglich ist es, den Werth von  $Q$  als eine Function von  $h$  und vom Total-Drucke zu finden; denn dieser Werth hängt noch von der Lage der Linie  $M$  und den Widerständen ab, welche die Spur entgegenstellt: oberhalb des Punktes  $M$  widersezt sich das Erdreich dem Zusammenpressen, unterhalb desselben klebt es an die Felgen an, und auf der ganzen Länge des Bogens  $AMK$  widerstrebt es dem in die Höhe Steigen des Rades.

Uebrigens ist dies statische Problem nicht wichtig und seine Lösung könnte nur dann nützlich sein, wenn man wissen wollte, ob man mit einer bekannten bewegenden Kraft ein in der

Ruhe befindliches Fahrzeug aus einem eingeschnittenen Geleise schaffen könne.

55. Die Frage bietet ein wesentlicheres Interesse dar, wenn man das sich bewegende Fahrzeug betrachtet; in diesem Falle befinden sich sehr oft die Feldbatterien. Ein Regen, der die bestellten Felder, auf denen sie sich bewegen müssen, aufgeweicht hat, reicht hin, um den Zug sehr zu erschweren, die Räder wühlen tiefe Spuren aus, und ihr Gewicht vermehrt sich durch die Erdkruste, welche sich an die Felgen und selbst an die Speichen hängt.

Der Werth der Zugkraft unter solchen Umständen ist dem in Nr. 47. gegebenen analog; aber er weicht insofern von demselben ab, als man außer der Achsen- und der Walzen-Reibung noch eine dritte beachten muß, welche aus der Adhärenz des Erdreichs an die mit ihm in Berührung tretenden Theile des Rades entsteht. Diese Adhärenz, welche bei einem Erdreiche von geringem Zusammenhange, wie z. B. feiner Sand, beinahe Null ist, darf in gutem Boden nicht vernachlässigt werden. Der daraus hervorgehende neue Widerstand kann als tangential an einem Kreise wirkend gedacht werden, dessen Mittelpunkt der Mittelpunkt des Rades und dessen Halbmesser der Halbmesser  $R$  weniger der halben Höhe  $a$  der eingesunkenen Felge ist. Wenn demnach  $E$  den Widerstand darstellt, den die Adhärenz der mit dem Erdboden in Berührung getretenen Fläche hervorbringt, so giebt das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten, nach den Bezeichnungen von Nr. 47.

$$Ql \cos \phi = l \frac{r'}{R} \sqrt{(P - Q \sin \phi)^2 + (Q \cos \phi)^2} + l \frac{A}{R} (P + p - Q \sin \phi) + l \frac{E}{R} (R - a) \quad (I)$$

Aus dieser Gleichung erhält man durch das in der erwähnten Nummer beobachtete Verfahren

$$Q = \frac{raf' P + A(P + p) + E(R - a)}{R \cos \phi + A \sin \phi} \quad (II)$$

welcher Werth ein Minimum wird, wenn  $\tan \phi = \frac{A}{R}$  ist.

Die Größen  $A$  und  $E$  müßten durch Versuche in verschiedenen Bodenarten festgestellt werden. Wären sie bekannt, so würde man leicht die Neigung der Zugtaue  $\phi$ , wodurch die Kraft ein Minimum wird, berechnen können, und ebenso die Kraft  $Q$ , welche an der

Waise eines Rades angebracht, die Gleichförmigkeit der Bewegung in den schlechtesten Wegen erhalten kann.

Es ist augenscheinlich wichtig, das Minimum der bewegenden Kraft so klein als möglich zu machen. Nun sieht man aber, daß die Kraft gleichzeitig mit der Tiefe der Spur an Werth verliert. Die Breite der Felgen und der Halbmesser des Rades müssen daher von der Art sein, daß das Rad so wenig als möglich einschneidet.

Man sieht leicht ein, daß große Räder der Bespannung weniger Arbeit verursachen als die kleinen, wenn das Terrain nachgiebig ist; denn die Tiefe der Spur wird geringer, wenn der Druck sich auf eine größere Zahl von Punkten auf dem Erdboden theilt, und dies tritt ein, wenn der Halbmesser des Rades vergrößert wird, weil bei einem gegebenen Einsinken der Bogen, mit welchem das Rad die Erde berührt, eine desto größere Fläche darbietet, je größer der Halbmesser ist.

Ebenso sieht man ein, daß breite Felgen durch die vergrößerte Berührungsfläche die Tiefe der Spur vermindern. Sie haben überdies noch den Vortheil vor den schmalen Felgen, daß sie weniger zwischen die Unebenheiten eines holprigen Weges eindringen können.

Indessen giebt es einen Fall, wo die schmalen Felgen den andern offenbar vorzuziehen sind, wenn nämlich ein harter Boden mit einer dünnen Lage von Koth oder Sand bedeckt ist; denn alsdann bringen die Räder bis auf das feste Erdreich ein, wie breit auch die Felgen sein mögen, und die mit den schmalsten theilen die weiche Schicht leichter als die andern.

56. Die nachfolgenden Versuche Rumford's beweisen, daß der so eben erwähnte Fall der einzige ist, wo die breiten Felgen nicht im Vortheil stehen.

Diese Versuche sind mit drei verschiedenen Arten von Rädern gemacht; die erste Tabelle giebt die Maße und Gewichte der Räder, die zweite die mittleren Kräfte, welche in verschiedenen Bodenarten und mit verschiedenen Geschwindigkeiten zum Zuge nöthig waren.

1 ste T a b e l l e .

	1ste Art der Räder.	2te Art der Räder.	3te Art der Räder.	Bemerkungen.
Breite der Reifen	0 1 9'''	0 2 3'''	0 4 0'''	Der Wagen zu d. Rädern der 3ten Art wog 1721 ℔ er war mit drei Personen belas- tet . . . . . 400 = Gewicht des Wa- gens . . . . . 2121 ℔
Höhe d. Vorderräder	3. 4. 0.	3. 2. 3.	3. 3. 3.	
= = Hinterräder	4. 9. 3.	4. 8. 9.	4. 8. 3.	
Gewicht der beiden Vorderräder	124 ℔	174 ℔	240 ℔	
Gewicht der beiden Hinterräder	226 =	258 =	360 =	
Gewicht sämmtlicher vier Räder	350 =	432 =	600 =	

2 te T a b e l l e .

Beschaffenheit der zurückgelegten Wege.	Geschwindig- keit des Transportes.	Mittlere Zugkraft für die drei Arten von Rädern.		
		1ste Art. Pfund.	2te Art. Pfund.	3te Art. Pfund.
Pflaster der Straße von Ver- sailles, zwischen der Brücke von Severis und Passy.	kurzer Schritt	54	46	42
	starker Schritt	66	58	52
	kurzer Trab	108	90	79
	starker Trab	145	135	125
Sommerweg derselben Straße, ein gut erhaltener Erdweg	kurzer Schritt	—	86	80
	starker Schritt	—	88	82
	kurzer Trab	—	91	84
	starker Trab	—	91	84
Chaussee von aufgeschütteten Steinen	Schritt	—	82	76
	Trab	—	85	82
Ein nur wenig sandiger Weg	Schritt	—	110	96
	Trab	—	125	105
Sehr tiefer Sand im Holze von Boulogne	kurzer Schritt	—	280	240
Neu angelegter Kiesweg (der- selbe war noch von keinem Fuhrwerke befahren)	kurzer Schritt	—	250	220

Obgleich diese Versuche nicht mit einer hinlänglich großen Zahl verschiedener Räder angestellt sind und die Bodenarten nicht Ab-  
wechslung genug darbieten, um aus diesen Resultaten die Größe  
der Kraft des Motors als Function der Breite der Felgen ableiten-

zu Können, so ist doch fortwährend die Kraft bei den Rädern mit breiten Felgen geringer als bei den andern und der Unterschied um so größer gewesen, je tiefer die Räder einsanken. Indessen wurde der Motor doch nur dann merklich begünstigt, wenn die Breite der Felgen des einen Rades um ein Beträchtliches die des andern übertraf. Wenn z. B. das Verhältniß der Breiten  $\frac{1}{5}$  war, so betrug das Verhältniß der Kraftanstrengungen des Motors nur  $\frac{2}{7}$  im tiefsten Sande und ungefähr  $\frac{1}{10}$  auf einem wenig sandigen Wege.

Um übrigens den Einfluß der Breite der Felgen auf den Zug mit Genauigkeit beurtheilen zu Können, hätte man auch die Belastung ändern müssen; denn der Vortheil breiter Felgen wächst mit dem auf den Erdboden sich äussernden Total-Drucke, weil die Tiefe der Spur offenbar mit diesem Drucke zunimmt. Diese Bemerkung bestimmt uns, als Grundsatz aufzustellen, daß die Breite der Felgen dem Gewichte der Last proportional sein muß.

Was den Einfluß der Geschwindigkeit auf die Widerstände betrifft, den ein nachgiebiges Terrain darbietet, so ist er nach andern Versuchen Rumford's (16) völlig Null; folglich bleibt der Mehrbedarf an Kraft, welcher durch das Einschneiden der Wagenspur vom Motor gefordert wird, immer derselbe, wie auch die Geschwindigkeit sein mag.

57. Der harte und der nachgiebige Erdboden, die wir betrachtet haben (44. und 54.), müssen als die Gränzen angesehen werden, zwischen denen die vom Artillerie-Fuhrwerke zu passirenden Bodenarten liegen. Wir können demnach alles dasjenige, was auf beide Arten anwendbar ist, als allgemeine Regel gelten lassen und daher behaupten:

1. Jedenfalls muß der Halbmesser der Räder so groß gemacht werden, als es die andern Bedingungen, denen jedes Fahrzeug unterworfen ist, erlauben.

2. Der Zug wird nun um so mehr erleichtert, je breiter die Felgen sind, weil bis jetzt nur ein Fall vorgekommen ist, wo die schmalen Felgen Vortheil haben, und dieser Fall tritt sehr selten ein. Wenn man aber bemerkt, daß eine sehr geringe Vermehrung der Felgenbreite das Gewicht der Räder ansehnlich vergrößert, wie dies die erste der beiden vorhergehenden Tabellen zeigt, so muß man

sich darauf beschränken, die Felgenbreite der Belastung des Fahrzeuges angemessen einzurichten.

Um kurz das Vorgesagte zusammenzufassen, muß noch hinzugefügt werden, daß die in Federn hängenden Wagen auf den harten und holprigen Wegen sehr vortheilhaft sind, daß dieser Vortheil aber auf nachgiebigem Boden aufhört und daß die Anstrengung der Pferde um so beträchtlicher ist, je holpriger der Weg und je größer die Geschwindigkeit ist. Die Vergrößerung dieser Anstrengung hängt alsdann von zwei Ursachen ab und diese sind: Vergrößerung des Verlustes an lebender Kraft oder an totalem Kraft-Quantum, welches der Motor verwenden muß, um die mittlere Geschwindigkeit zu erhalten, und dann schnellere Folge der Kraftäußerungen, um das Kraft-Quantum hervorzubringen, welches für jede Zeit-Einheit bedingt ist.

Wenn wir nicht von dem Einflusse des mittlern Halbmessers der Achsbuchse sprachen, so liegt dies darin, daß wir annahmen (46), die Achse sei von Eisen, die Buchse von Metall, und daß der Theil der Kraft, welcher dazu bestimmt ist, die Reibung dieser beiden Theile zu überwinden, ganz unberücksichtigt gelassen werden kann. Uebrigens folgt aus Nr. 45, daß man im allgemeinen sich bestreben muß, den mittleren Halbmesser des Achsfenckels, welcher als übereinstimmend mit dem der Buchse angesehen werden kann, auf das Minimum zu beschränken.

### Das Rollen auf geneigtem Boden.

58. Wir wollen jetzt ein Rad  $O$  betrachten, das auf einer geneigten Erdoberfläche  $AB$  sich befindet, die einen Winkel  $\psi$  mit dem Horizonte bildet (Fig. 11). Wenn wir das Total-Gewicht  $P$  des Rades und der Belastung in zwei Theile zerlegen, wovon der eine in der Richtung  $OA$  normal auf dem Erdboden, der andere in der Richtung  $OC$ , parallel mit demselben liegt, so ist der Werth des ersteren  $P \cos AOG = P \cos \psi$  und der Werth des letzteren  $P \sin \psi$ . Diese letztere Größe ist an der Achse, der Bewegung entgegengesetzt, angebracht, und widerstrebt dem Steigen des Rades in gerader Richtung, während die Kraft  $P \cos \psi$ , welche durch den Stützpunkt  $A$  geht, das Rad gegen den Boden drückt.

Wenn also der Motor in der Richtung  $OH$  parallel mit der geneigten Ebene wirkt, so muß er eine Kraft gleich  $P \sin \psi$  anwenden, wie auch der Halbmesser des Rades und die Beschaffenheit des Erdbodens sein mag, und außerdem dieselbe Kraft  $Q'$ , die er hervorzubringen hatte, um auf horizontalem Boden ein Rad, dessen Druck  $P \cos \psi$  ist, zu bewegen. Was wir demnach früher über die Räder bei horizontalem Boden gesagt haben, gilt auch für den gegenwärtigen Fall. Man muß nur beachten, daß wenn  $Q$  die ganze erforderliche Kraft ist, das Rad nur auf den Theil  $Q - P \sin \psi$  dieser Kraft oder auf  $Q'$  Einfluß hat.

Je größer daher  $P \sin \psi$  ist, desto geringer sind die Vortheile und desto weniger merkbar die Nachtheile der Maschine. Hieraus folgt, daß auf einem geneigten Erdboden der Motor weniger durch die Räder begünstigt wird als auf dem horizontalen, und sie begünstigen ihn um so weniger, je beträchtlicher das Total-Gewicht des Systems, je mehr der Boden geneigt ist und je weniger Hindernisse er darbietet.

Bergab ist der Druck gegen den Erdboden immer  $P \cos \psi$ ; aber die Kraft  $P \sin \psi$ , statt der bewegenden Kraft entgegen zu wirken, wirkt mit derselben in gleicher Richtung, so daß wenn diese Kraft den Widerständen des Bodens gleich ist, der Motor nur nöthig hat, vorwärts zu gehen, und daß wenn diese Kraft größer ist als die Widerstände, er genöthigt ist, das System zurück zu halten. Bei dieser Arbeit unterstützt man ihn durch das Hemmen, d. h. indem man ein Rad verhindert, sich um die Achse zu drehen. Die Reibung des Achsfenkels in der Buchse wird dann durch eine sehr starke Reibung auf dem Erdboden ersetzt; der Halbmesser des Rades nußt der bewegenden Kraft nicht mehr, und diese beiden Veränderungen reichen hin, um in den gewöhnlichen Verhältnissen die Wirkung der Kraft  $P \sin \psi$  aufzuheben.

Es ist hier nicht der Ort, über die gewöhnlichen Mittel zum Hemmen zu sprechen; wir werden ihrer bei den Fahrzeugen mit Vorder- und Hinterragen erwähnen.

Es bleibt noch zu untersuchen, was eintreten wird, wenn die Richtung  $OH$  des Motors statt mit der geneigten Ebene parallel zu gehen, mit dieser Ebene irgend einen Winkel  $\phi$  bildet. Wenn wir das ganze Gewicht  $P$  so zerlegen, daß der eine Theil  $P'$  in

die Richtung der Normalen  $OA$ , der andere  $P''$  in die Verlängerung von  $OH'$  oder in  $OE$  fällt, so erhalten wir

$$P' = P \cos \psi - P \sin \psi \tan \phi, \quad P'' = P \frac{\sin \psi}{\cos \phi}$$

Es befindet sich folglich das System in denselben Verhältnissen, als ob es auf einem horizontalen Boden mit einer Kraft  $Q'$  vorwärts gezogen würde, deren Richtung den Horizont unter einem Winkel  $\phi$  schneidet, und als ob der Druck des Rades  $P \cos \psi - P \sin \psi \tan \phi$  wäre, jedoch muß die Total-Kraft des Motors in jedem Augenblicke

$$Q = Q' + P \frac{\sin \psi}{\cos \phi}$$

sein.

In Rücksicht der Räder läßt sich also der Zug auf geneigtem Erdboden leicht auf den Zug auf horizontalem Boden zurückführen.

59. Schließlich wollen wir noch den allgemeinen Werth für die Zugkraft auf einer nachgiebigen Böschung geben. Wir wenden hierzu die Bezeichnungen von Nr. 55. an und nennen  $\psi$  die Neigung des Erdbodens.

Es sind zwei Fälle zu betrachten: die Bewegung bergauf und die Bewegung bergab. Für den ersten Fall sei  $\sin \psi > 0$ . Die Kräfte  $P$ ,  $p$  und  $Q$  geben, wenn sie normal und parallel mit der Böschung zerlegt werden, für die das System vorwärts bewegende mittlere Kraft  $Q \cos \phi - (P + p) \sin \psi$  und für den Druck auf die Erde  $(P + p) \cos \psi - Q \sin \phi$ . Der durch das Terrain verursachte Widerstand ist demnach

$$\frac{A}{R} [(P + p) \cos \psi - Q \sin \phi] + \frac{E}{R} (R - a).$$

Der Widerstand, welchen die Reibung der Achse verursacht, entsteht aus der mittleren Kraft derjenigen Kräfte, welche das System nach vorwärts bewegen, und aus dem verminderten Drucke von  $p \cos \psi$ , welchen der Erdboden aufhebt. Sein Werth ist demnach

$$f' \sqrt{(P \cos \psi - Q \sin \phi)^2 + [Q \cos \phi - (P + p) \sin \psi]^2}.$$

Wenn der Lehrsatz von Nr. 47. angewandt wird, so wird hieraus

$f' \alpha (P \cos \psi - Q \sin \phi) + f' \beta [Q \cos \phi - (P + p) \sin \psi]$ .  
Vermittelt des Principes der virtuellen Geschwindigkeiten läßt sich aus dem vorigen leicht ableiten

$$Q = \frac{rf'[\alpha P \cos \psi - \beta (P + p) \sin \psi] + A(P + p) \cos \psi + E(R - a) + R(P + p) \sin \psi}{\cos \phi (R - rf' \beta) + \sin \phi (A + rf' \alpha)} \quad (I)$$

aus welchem Ausdrucke die Gleichung (II) Nr. 55. für den nachgiebigen horizontalen Boden sich wieder darstellen läßt, wenn man  $\sin \psi = 0$  setzt und den Nenner vereinfacht.

Für den Fall, wo die Zugtaue parallel mit der Böschung geführt sind, wird  $\phi = 0$  und der Werth von  $Q$  wird, wenn man  $rf' \beta$  unberücksichtigt läßt,

$$Q = \frac{rf'[\alpha P \cos \psi - \beta (P + p) \sin \psi] + A(P + p) \cos \psi - aE}{R} + (P + p) \sin \psi + E \quad (II)$$

Was den Zugwinkel anbetrifft, bei dem die Kraft  $Q$  ein Minimum wird, so wird er sehr nahe durch  $\tan \phi = \frac{A}{R}$  dargestellt, und ist folglich derselbe als bei dem horizontalen und nachgiebigen Boden.

60. Beim Bergabfahren fällt der Winkel  $\psi$  unterhalb der horizontalen Ebene, statt oberhalb wie vorhin.  $\sin \psi$  wird also negativ, und da  $\cos \psi$  sein Zeichen behält, so reicht es hin, in der Gleichung (I) die Zeichen der Glieder, in denen  $\sin \psi$  vorkommt, zu verändern, um den Werth von  $Q$  in Bezug auf diesen neuen Fall zu erhalten.

Es ist überdies einzusehen, daß diejenige der Seitenkräfte vom Gewicht des ganzen Systems, welche parallel mit dem Erdboden wirkt, alsdann die Kraft  $Q$  begünstigt, und daß folglich die Zugkraft um so geringer wird, je steiler die Böschung ist. Sie wird Null, wenn zufällig

$$(P + p) \sin \psi = \frac{rf' \alpha P \cos \psi + A(P + p) \cos \psi + E(R - a)}{R - rf' \beta}$$

würde.

Wenn  $\downarrow$  größer wird als diese Gleichheit es erfordert, oder wenn die Widerstände des Erdbodens sich verringern, so kann das Rad mit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung von selbst herunter rollen, so daß, um eine constante Geschwindigkeit zu erhalten, die Kraft der Richtung der Bewegung entgegen wirken müßte.

## Zweites Kapitel.

### Theorie der Fahrzeuge.

Die Theorie der Fahrzeuge umfaßt die Berechnung der Kräfte, welche unter den verschiedenen bei ihnen stattfindenden Verhältnissen in Thätigkeit kommen, und die Werthangabe ihrer Wirkungen. Von diesen Gesichtspunkten aus wollen wir nach und nach die Fahrzeuge mit zwei und mit vier Rädern beleuchten.

### Erste Abtheilung.

#### Die Fahrzeuge mit zwei Rädern.

61. Die Theorie des Zuges bei den zweirädrigen Fahrzeugen liegt gänzlich in der Auflösung folgender allgemeinen Aufgabe: es soll für alle vorkommenden Verhältnisse der Druck auf die Achse, der auf den Rücken des Sabelpferdes und die Kraft bestimmt werden, welche der Motor aufbringen muß, um die verschiedenen Widerstände zu überwinden.

Das System, welches das Gestell des Fahrzeuges mit der Ladung bildet, betrachten wir als unveränderlich. Wir setzen fest, daß der Schwerpunkt des Systems in der lothrechten Ebene liegt, die durch die Längsaxe des Fahrzeuges geht, und welche wir die Längenebene nennen wollen; eben so nehmen wir an, daß die Achschenkeln Cylinder sind, und beachten die geringe Biegung der Achse nicht, damit der Druck parallel mit der Längenebene geht.

Es scheint beim ersten Anblick, als ob man den Schwerpunkt des Systems in eine Ebene legen müßte, die durch die Mittellinie der Achse geht und senkrecht auf der Längsaxe des Gestells steht.

Dies wäre ein Mittel, das Gabelpferd im Zustande der Ruhe jedem Drucke zu entziehen; allein während der Bewegung würden auch die geringsten Unebenheiten des Erdbodens fast beständige Schwankungen hervorbringen und hierdurch Stöße erfolgen, die das Pferd bei weitem mehr anstrengten, als eine mäßige Belastung. Der Schwerpunkt des durch die Ladung und durch das Gestell des Fahrzeuges gebildeten Systems muß demnach immer vor der erwähnten Ebene liegen.

### Ruhe auf einem horizontalen Erdboden.

62. Hiernach zerlegt sich für den Zustand der Ruhe auf einem horizontalen Boden das ganze Gewicht  $P$ , mit Ausnahme der Räder, in vier lothrechte Kräfte, nämlich in zwei gleiche Drucke auf die Berührungslinien von Achsschenkel und Buchse und in zwei gleiche Drucke auf die Enden des Tragegurtes. Wir wollen die mittlere Kraft der beiden ersteren, welche durch den Durchschnittspunkt der Mittellinie der Achse und der Längenebene geht, mit  $P'$  bezeichnen; die mittlere Kraft der beiden anderen, welche ebenfalls lothrecht wirkt und in der Längenebene liegt, soll durch  $P''$  dargestellt werden.

Es mag ferner  $G$  (Fig. 12.) die Lage des Schwerpunkts des Systems sein,  $O$  die Mitte der Achse in der Längenebene,  $A$  die Projection der beiden Punkte, wo die Gabeldeichsel durch den Tragegurt getragen wird, auf jene Ebene. Man ziehe durch  $A$  eine Horizontale  $AB$  und nenne diese Länge  $l$ ; ferner ziehe man durch  $O$  eine Lothrechte  $OB$  und nenne sie  $d$ . Der Werth dieser Größe wird positiv oder negativ sein, je nachdem die Horizontale  $AB$  oberhalb oder unterhalb der Achse fällt. Endlich drücke man durch  $a$  und  $b$  die horizontale Abscisse und lothrechte Ordinate des Schwerpunkts für den Anfangspunkt  $B$  aus.

Der Druck  $P'$  und  $P''$  wird durch die Gleichungen

$$P' = \frac{P(l-a)}{l} \quad (\text{I}) \quad \text{und} \quad P'' = \frac{Pa}{l} \quad (\text{II})$$

bestimmt.

Die zweite dieser Gleichungen zeigt, daß die Last  $P''$  des Gabelpferdes negativ wird, wenn  $a$  es ist, und dann wird das in der ersten Gleichung enthaltene negative Zeichen sich in ein positives

verwandeln. Liegt also der Schwerpunkt hinter der Achse, so sind die Räder mehr belastet, als in jedem andern Fall, und der Zug erfordert mehr Kraft; das Gabelpferd, statt vom Tragegurt einen Druck zu erleiden, wird durch den Bauchgurt gehoben, und es erfolgt, außer der Unbequemlichkeit für den Bauch des Pferdes, eine Verminderung der Zugkraft; denn da das Pferd nicht mehr mit seinem ganzen Gewicht auf den Boden drückt, so legt es sich weniger in das Krumm, um nicht auszugleiten (8).

Es ist demnach sehr wichtig, daß der Schwerpunkt des durch die Ladung und das Gestell gebildeten Systems vor der Mittellinie der Achse liege. Andererseits zeigt die Gleichung (II.), daß die Entfernung  $a$  um so kleiner sein muß, je größer das ganze Gewicht  $P$  ist; denn die Last  $P''$  des Gabelpferdes darf eine gewisse Gränze nicht überschreiten.

### Ruhe auf einem geneigten Erdboden.

63. Um unser System von einem horizontalen Boden auf einen geneigten zu übertragen, brauchen wir es nur um den Punkt  $O$  sich drehen zu lassen. Aus der Lothrechten  $OB$  wird die auf das Terrain Senkrechte  $OB'$ ;  $BA$  nimmt die Lage  $B'A'$  an, senkrecht auf  $OB'$ , und  $G$  geht nach  $G'$ , ein Punkt, dessen rechtwinkliche Coordinaten  $BD'$  und  $D'G'$  den Größen  $a$  und  $b$  gleich sind. Die grade Linie  $A'B'$ , welche durch die neue Lage von  $A$  geht, ist genau genommen nicht mit dem Terrain parallel, wie wir es annehmen; denn vermöge der Stellung des Pferdes muß die von  $A'$  auf das Terrain senkrecht gezogene Linie kürzer sein, als die von  $A$  ausgehende: indessen da der Unterschied nur sehr gering ist, so können wir sie als parallel annehmen. Hieraus folgt, daß der Winkel  $BOB'$  gleich ist dem Winkel  $\downarrow$ , den das Terrain mit dem Horizonte macht.

Wir nehmen ferner an, daß der vom Erdreiche verursachte Widerstand groß genug ist, um eine rückgängige Bewegung der Räder zu verhindern. Das Pferd wird keine Kraft nach vorne anzuwenden haben, um das Fahrzeug festzuhalten, und die Mittellinie der Achse wird eine feste Drehungs-Axe sein.

Die alleinigen Kräfte, denen das System alsdann ausgesetzt ist, sind das ganze Gewicht  $P$ , welches, in der lothrechten Richtung

$GI$  wirkend, sich bestrebt, das Gestell um den Punkt  $O$  zu drehen, und eine Kraft  $P''$ , mit welcher der Rücken des Pferdes sich dieser Bewegung in der Richtung der Normalen in  $A'$  widersetzt.

Nun zerlegt sich das Gewicht  $P$  in zwei Seitenkräfte, die eine  $P \cos \psi$ , welche in der Richtung der Normalen  $GD'$  wirkt, die andere  $P \sin \psi$ , parallel mit dem Erdboden.

Die letztere, deren Richtung  $GF$  ist, bestrebt sich, das System um die feste Achse in einer der ersteren entgegengesetzten Richtung zu drehen, und folglich ist die Gleichung für die Momente in Bezug auf den Drehungspunkt  $O$  für den Fall des Gleichgewichts

$$a P \cos \psi - (d+b) P \sin \psi - l P_1'' = 0$$

woraus man erhält

$$P_1'' = \frac{P a \cos \psi - (d+b) \sin \psi}{l} \quad (I)$$

Dies ist der Druck, dem das Gabelpferd auf geneigtem Erdboden im Zustande der Ruhe ausgesetzt ist; denn der Rücken des Thieres kann als mit der Böschung parallel gehend betrachtet werden.

Die Gleichung (I) giebt das Mittel, den Werth von  $d+b$  so zu bestimmen, daß der Schwerpunkt des Systems auf den steilsten Abhängen, die ein Fuhrwerk passieren muß, nicht hinter die Mittellinie der Achse fällt. Man braucht  $P_1''$  bei solchen Abhängen nur gleich Null zu setzen; denn alsdann fällt der Schwerpunkt in die lothrechte Ebene, welche durch die Drehungsaxe geht. Läßt man die sehr steilen Abhänge unbeachtet, welche in manchem durchschnittenen Terrain angetroffen werden, so kann man die Böschung von  $15^\circ$  als die stärkste ansehen, welche ein Gebirgsweg haben kann.

Man muß daher die Gleichung

$$a \cos 15^\circ - (d+b) \sin 15^\circ = 0$$

oder

$$a - (d+b) \operatorname{tang} 15^\circ = 0 \quad (II)$$

setzen.

Verbindet man diese Gleichung mit dem Werthe von  $a$ , den man aus der Gleichung (II) Nr. 62. findet, so erhält man  $d+b$ , weil die Last  $P''$ , die ein Pferd auf horizontalem Boden tragen kann, bekannt ist, und hieraus läßt sich  $d$  oder  $b$  bestimmen, je

nachdem man ein Fahrzeug, dessen Belastungsart man kennt, construiren oder die Lage des Schwerpunktes des Systems für ein schon gebautes Fahrzeug bestimmen soll.

Anstatt seine Zuflucht zu diesen Formeln zu nehmen, kann man auch im letzteren Fall sich mit dem Verfahren der Kürner behelfen, welche durch das Heben der Gabelbeichsel mit ihren Armen beurtheilen, ob die Last für das Gabelpferd zu stark oder zu schwach ist; in diesem Falle aber muß man, nachdem man die Probe bei horizontaler Lage der Gabelbeichsel gemacht hat, dieselbe um ungefähr  $15^\circ$  erheben, damit man die Gewißheit erhält, daß der Schwerpunkt des Systems auch beim Auffahren der steilsten Böschungen nicht hinter die Mittellinie der Achse fällt.

64. Um daher den Einfluß zu ermitteln, welchen eine geneigte Terrainfläche auf die Belastung des Gabelpferdes hat, genügt es, von der Gleichung (II) Nr. 62. die Gleichung (I) Nr. 63. abzuziehen und zu bestimmen, welche Veränderungen  $P'' - P_1''$  durch die verschiedenen Werthe von  $\psi$  erleidet.

Die aus der angeedeuteten Subtraction entstehende Differenz ist

$$P'' - P_1'' = P \frac{(d + b) \sin \psi + a (1 - \cos \psi)}{l} \quad (\text{III})$$

Es handelt sich nun darum, zu ermitteln, in welchen Fällen das zweite Glied dieser Gleichung positiv ist oder negativ. Zuerst müssen wir bemerken, daß für gewöhnliche Verhältnisse  $d + b$  immer positiv ist; denn  $A'B'$  fällt immer über die Mittellinie der Achse, und der Schwerpunkt  $G'$  liegt über  $AB'$ . Die Abscisse  $a$  ist auch positiv, weil der Schwerpunkt niemals hinter die lothrechte Ebene fallen soll, die durch die Mittellinie der Achse geht. Das Zeichen von  $P'' - P_1''$  hängt daher nur allein von  $\sin \psi$  ab, welcher bergauf positiv und bergab negativ ist.

Wir wollen jetzt untersuchen, in welchen Fällen  $P'' - P_1'' = 0$  ist. Diese Fälle werden durch die Gleichung

$$(d + b) \sin \psi + a (1 - \cos \psi) = 0$$

angegeben, und man findet aus ihr

$$\sin \psi = 0 \text{ und } \sin \psi = \frac{2a(d+b)}{a^2 + (d+b)^2}$$

Die Differenz von  $P'' - P_1''$  ist also positiv, sobald  $\sin \psi > 0$ ,

und Null, wenn  $\sin \psi = 0$  ist; sie wird negativ, wenn  $\sin \psi$  es wird; sie wird noch einmal Null, wenn

$\sin \psi = -\frac{2a(d+b)}{a^2+(d+b)^2}$  wird, und nimmt jenseits dieser Nei-

gung wiederum das positive Zeichen an. Bergauf vermindert sich also die Last des Gabelpferdes und um so mehr, je steiler die Böschungen sind. Bergab vermehrt sich bis zu einer gewissen Böschung die Last des Gabelpferdes, jenseits derselben findet gleichfalls eine Verminderung statt.

Hiernach ist es klar, daß es eine zwischen

$$\sin \psi = 0 \text{ und } \sin \psi = -\frac{2a(d+b)}{a^2+(d+b)^2}$$

liegende Böschung giebt, bei welcher der negative Werth von  $P' - P_1''$  oder der positive von  $P_1''$  ein Maximum wird. Um diese Böschung kennen zu lernen, muß man die Gleichung (I) Nr. 63. differenziren und den Differenzial-Koeffizienten gleich Null setzen. Hierdurch findet man

$$\text{tang } \psi = -\frac{(d+b)}{a}$$

welches anzeigt, daß bergab die Böschung, wo  $P_1''$  das Maximum erreicht, und um so steiler ist, je größer  $d+b$  ist. Gewöhnlich hat  $d+b$  einen solchen Werth, daß die Böschung, welche dem Maximum von  $P_1''$  entspricht, größer ist als die für Pferde irgend passirbaren Böschungen. Folglich erreicht  $\sin \psi$  niemals den Werth von

$$-\frac{2a(d+b)}{a^2+(d+b)^2},$$

und beim Ausruhen auf irgend einer bergab zu befahrenden Böschung vermehrt sich die Belastung des Gabelpferdes, ohne das Maximum zu erreichen.

Wenn man wissen will, in welcher Art das so eben erwähnte vor sich geht, so muß man das System OMLG (Fig. 13), welches von der durch den Punkt O geführten Horizontalen OM und von der aus dem Schwerpunkt G gefällten Lothrechten  $LG = d+b$  gebildet wird, in verschiedene Lagen bringen. Der Schwerpunkt durchläuft einen aus O mit dem Halbmesser OG beschriebenen Bogen; in G' wird das Moment des Gewichtes P sich vergrößert haben, die Entfernung von  $P_1''$  zum Punkte O wird dieselbe bleiben wie bei der Lage G, und folglich wird  $P_1''$  größer geworden

sein als  $P''$ ; in  $G''$  werden die Momente von  $P$  und  $P_1''$  ihr Maximum erreicht haben; in  $G'''$  werden diese Größen dieselben Werthe als in  $G'$  haben; in  $G^{IV}$  werden sie dieselben Werthe als in  $G$  haben, und  $P_1''$  wird noch gleich  $P''$  sein; endlich werden jenseits  $G^{IV}$  die Momente von  $P$  und  $P_1''$  geringer als in  $G$  sein.

### Bewegung auf einem horizontalen Erdboden.

65. Die Kräfte, welche auf das in der Ruhe befindliche Fahrzeug wirken, sind noch vorhanden, wenn Bewegung eintritt; aber sie sind nicht mehr die alleinigen, welche man betrachten muß; neue Kräfte verändern die Drucke, welche die ersteren auf Achse und Gabelpferd hervorbringen.

Wir wollen zuerst annehmen, das Fahrzeug sei nur mit einem Pferde bespannt, und die Bewegung finde auf einem horizontalen Erdboden statt. Die Bezeichnung von Nr. 62. mag beibehalten werden;  $p$ ,  $R$  und  $r$  mögen respective die Gewichte der beiden Räder, ihren Halbmesser und den mittleren Halbmesser des Achsschenkels oder der Buchse bezeichnen;  $Q$  mag die mittlere Kraft der Spannungen darstellen, welche das Pferd in den Zugtauen erzeugt, und man möge annehmen, die Richtung dieser Kraft liege unveränderlich in der Längenebene des Fahrzeuges; der durch die Richtung von  $Q$  mit dem Erdboden gebildete Winkel sei  $\phi$ , und die Entfernung dieser Richtung von der Mittellinie der Achse sei  $d$ . Endlich wollen wir  $d$  positiv annehmen, wenn die Verlängerung der Zugtaue oberhalb der Mittellinie der Achse fällt, und im entgegengesetzten Falle negativ. Man ersieht hieraus, daß angenommen worden ist, die Zugtaue sind in grader Linie angespannt, welche Hypothese ihr geringes Gewicht zu machen gestattet.

Wir dürfen die Bewegung nicht in dem Augenblick betrachten, wo das Fahrzeug aus der Ruhe gebracht wird; die alsdann unmerkliche Geschwindigkeit wächst nach und nach, und erlangt bald den Grad der Geschwindigkeit, der beibehalten werden muß, um das Maximum des Effekts für eine bestimmte Gangart zu erhalten. Wir können demnach annehmen, das Fahrzeug bewege sich gleichförmig.

Damit dies aber der Fall sei, reicht es hin, wenn alle auf das System wirkenden Kräfte um die Mittellinie der Achse beständig im Gleichgewicht sind; denn es behält vermöge ihrer Trägheit die ganze Masse die schon erlangte Geschwindigkeit bei, wenn die Widerstände in jedem Augenblicke durch die bewegende Kraft aufgehoben werden.

Die Buchsen erleiden einen schiefen Druck, welcher durch  $P$  und  $Q$  entsteht.  $P$  bezeichnet hier das Gewicht des ganzen Systems mit Ausnahme der Räder, und  $Q$  die Zugkraft, welche im Punkte  $M$  angebracht ist, wo die Einhängpunkte der Zugtaue auf die Längenebene projektirt sind. (Fig. 14.) Dieser Druck besteht aus einer lothrechten Seitenkraft  $P'$ , welche der lothrechten Gegenwirkung des Rades gleich ist und aus einer horizontalen Seitenkraft  $q$ , welche der mittleren Kraft aller Widerstände gleich ist, die, mit dem Erdboden parallel zerlegt, sich der Bewegung nach vorwärts entgegen setzen. Endlich hebt die Gegenwirkung des Tragegurtes einen Druck  $P''$  auf, welcher ebenfalls aus  $P$  und  $Q$  entsteht.

Es muß nun zwischen den Kräften  $P$  und  $Q$  und den in entgegengesetzter Richtung angenommenen Kräften  $P'$ ,  $q$  und  $P''$  Gleichgewicht stattfinden. Das Gleichgewicht wird bestehen, wenn 1) die Summe der horizontalen Kräfte, 2) die Summe der lothrechten Kräfte und 3) die Summe der Momente für die Drehung um die Mittellinie der Achse gleich Null sind. Hieraus folgen nachstehende drei Gleichungen:

$$\begin{aligned} Q \cos \varphi - q &= 0 \\ P - P' - P'' - Q \sin \varphi &= 0 \\ Qd + Pa - P''l &= 0 \end{aligned}$$

Sie geben

$$q = Q \cos \varphi; P'' = \frac{Qd + Pa}{l}$$

$$P' = P \frac{l-a}{l} - Q \left( \sin \varphi + \frac{d}{l} \right)$$

Folglich ist die Reibung der Achse (59):

$$f' \left\{ \alpha \left[ P \frac{l-a}{l} - Q \left( \sin \varphi + \frac{d}{l} \right) \right] + \beta Q \cos \varphi \right\}$$

und die Walzen-Reibung auf dem Erdboden (47):

$$\frac{A}{R} \left[ P + P \frac{l-a}{l} - Q \left( \sin \varphi + \frac{d}{l} \right) \right]$$

Außerdem bleibt der Widerstand, der aus der Abhärenz und der Reibung an den Seitenflächen der Felgen entsteht (55), immer E. Wenn wir nun annehmen, daß der Schwerpunkt des Systems, der sich mit dem Erdboden parallel bewegt, um eine sehr kleine Größe  $k$  vorgeht, so giebt das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten die Gleichung

$$Qk \cos \varphi - k \frac{r}{R} f' \left\{ a \left[ P \frac{l-a}{l} - Q \left( \sin \varphi + \frac{d}{l} \right) \right] + \beta Q \cos \varphi \right\} - k \frac{A}{R} \left[ P + P \frac{l-a}{l} - Q \left( \sin \varphi + \frac{d}{l} \right) \right] - k E \frac{R-a'}{R} = 0$$

und folglich

$$Q = \frac{r f' a P \frac{l-a}{l} + A \left( P + P \frac{l-a}{l} \right) + E (R-a')}{R \cos \varphi + A \sin \varphi + A \frac{d}{l} + r f' \left[ a \left( \sin \varphi + \frac{d}{l} \right) - \beta \cos \varphi \right]} \quad (I)$$

Wenn wir in diesem Ausdrucke  $a=0$  und  $d=0$  setzen, so drücken wir hierdurch aus, daß das Total-Gewicht  $P$  ganz von der Achse getragen wird, daß die Richtung der Kraft durch die Mittellinie dieser Achse geht, und wir gelangen zu der Gleichung (II) in Nr. 55, in welcher das Glied mit  $f'$  des Nenners unbeachtet blieb. Dies muß auch wirklich so sein, weil das Fahrzeug dann wieder auf das einfache System von zwei Rädern und einer belasteten Achse gebracht ist.

66. Die Gleichung (I), welche die Zugkraft angiebt, und der Werth

$$P'' = \frac{Qd + Pa}{l} \quad (II)$$

für den Druck auf den Tragegurt liefern mehrere Regeln für die Konstruktion.

Zuerst sehen wir aus der Gleichung (I), daß der Theil  $P \frac{l-a}{l}$  des von der Achse getragenen Gewichtes  $P$  einen großen Einfluß auf den Werth von  $Q$  ausübt. Um nun diese Wirkung

zu vermindern, müßte man das Verhältniß  $\frac{a}{l}$  vergrößern. Da aber der Nenner  $l$ , oder die horizontale Entfernung des Tragegurtes von der Achse durch dienstliche Rücksichten bestimmt wird, so kann man nur über  $a$  verfügen. Es müßte also der Schwerpunkt  $G$  des Systems, mit Ausnahme der Räder, von der Achse entfernt werden. (Fig. 14.) Nun zeigt aber die Gleichung (II), daß man  $a$  nicht vergrößern kann, ohne die Last des Gabelpferdes um eben so viel zu vermehren als die Achse erleichtert wird; man muß sich also darauf beschränken,  $a$  eine solche Länge zu geben, daß die Last des Gabelpferdes genau so groß ist, wie es die Sicherung der Gabelbäume gegen Schwankungen erfordert. (61)

Wenn man die Gleichung (II) mit der Gleichung (II) Nr. 62. vergleicht, so wird man finden, daß die Entfernung  $a$  bei einem in der Bewegung begriffenen Fahrzeuge nicht so groß sein kann als bei einem in Ruhe befindlichen; denn die Last des Gabelpferdes hat eine Gränze, die niemals überschritten werden darf, und der Werth derselben für den ersten Fall übersteigt den des zweiten Falles um die Größe  $Q \frac{d}{l}$ , welche mit der Erschwerung des Zuges und mit der Entfernung der Zugtaue von der Mittellinie der Achse wächst und mit der Entfernung dieser Mittellinie von dem Tragegurt abnimmt.

Die Entfernung  $d$  hat einen geringen Einfluß auf den Werth der Zugkraft; indessen wird  $Q$  doch vermindert, wenn die Zuglinie sich von der Achse entfernt und oberhalb derselben bleibt. Da aber das Verhältniß zwischen zwei Werthen von  $Q$  augenscheinlich geringer ist als das umgekehrte Verhältniß zwischen den beiden correspondirenden Werthen von  $d$ , so wird das Product  $Qd$  mit  $d$  wachsen und abnehmen. Folglich müssen die Zugtaue in sehr geringer Entfernung von der Achse bleiben, damit die Last  $P''$  des Gabelpferdes, ungeachtet der Veränderungen von  $Qd$ , wo möglich immer so bleibt, wie sie aus der Entfernung  $a$  sich ergibt.

Was den Winkel  $\phi$  anbetrifft, unter welchem die Zugkraft wirkt, so wird  $Q$  sehr nahe ein Minimum, wenn  $\text{tang } \phi = \frac{A}{R}$  ist. Es muß demnach für ein Fahrzeug, das aus einem einzigen

Gestelle besteht, eben so wie für das einfache System aus zwei Rädern und einer Achse, der Zugwinkel um so größer sein, je schlechter der Weg ist und je kleiner die Räder sind. (55)

Die Gleichung (I) zeigt ferner, daß man die Kraft  $Q$  vermindert, wenn man die Reibung der Achse verringert und sich großer Räder bedient. Indessen darf der Halbmesser  $R$  dieser Räder nicht von der Art sein, daß das Gewicht  $p$  groß genug wird, um durch die Vergrößerung des Zählers die Vergrößerung des Nenners auszugleichen.

Da endlich die Höhe des Schwerpunktes  $G$  über den Erdboden weder in dem Ausdruck für  $Q$ , noch in dem von  $P''$  vorkommt, so hat sie bei horizontalem Boden auf die Anstrengung des Motors keinen Einfluß.

### Bewegung auf einem geneigten Erdboden.

67. Der Fall, wo ein Fahrzeug eine Böschung hinauffährt (Fig. 15.), weicht darin von der Bewegung auf horizontalem Boden ab, daß das Gewicht  $P$  des Wagengestells und der Ladung zwei weder horizontale, noch lothrechte Seitenkräfte hat, nämlich eine  $P \cos \psi$  normal auf die Ebene des Erdbodens, die andere  $P \sin \psi$  dieser Ebene parallel.

Eben so findet der Unterschied statt, daß das Gewicht  $p$  der Räder eine Kraft  $p \sin \psi$  bildet, die der Bewegung geradlinig entgegen wirkt. Die andere Seitenkraft von  $p$ , nämlich  $p \cos \psi$ , drückt nur den Erdboden wie in dem vorherigen Fall das ganze Gewicht.

Die Bedingungen des Gleichgewichts aller Kräfte um die Achse sind (65) demnach

$$Q \cos \psi - q - P \sin \psi - p \sin \psi = 0$$

$$P \cos \psi - P' - P'' - Q \sin \psi = 0$$

$$Qd + Pa - P''l = 0$$

Dies giebt

$$q = Q \cos \psi - (P + p) \sin \psi; \quad P'' = \frac{Qd + Pa}{l};$$

$$P' = P \frac{l \cos \psi - a}{l} - Q \left( \sin \psi + \frac{d}{l} \right).$$

Die Achsenreibung ist demnach (59)

$$f' \left\{ \alpha \left[ P \frac{l \cos \psi - a}{l} - Q \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) \right] + \beta \left[ Q \cos \phi - (P+p) \sin \psi \right] \right\}$$

und die Walzenreibung

$$\frac{A}{R} \left[ p \cos \psi + P \frac{l \cos \psi - a}{l} - Q \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) \right]$$

Wird das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten angewandt, und ziehen wir den Widerstand  $E$ , der aus der Wirkung des Erdbodens gegen die Seitenflächen der Felgen entsteht, mit in Rechnung, so finden wir (45)

$$Q k \cos \phi - k (P+p) \sin \psi$$

$$-k \frac{r}{R} f' \left\{ \alpha \left[ P \frac{l \cos \psi - a}{l} - Q \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) \right] + \beta \left[ Q \cos \phi - (P+p) \sin \psi \right] \right\}$$

$$-k \frac{A}{R} \left[ p \cos \psi + P \frac{l \cos \psi - a}{l} - Q \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) \right] - k E \frac{R - a'}{R} = 0$$

und folglich

$$Q = \frac{1}{D} \left\{ \begin{aligned} & R(P+p) \sin \psi + r f' \left[ \alpha P \frac{l \cos \psi - a}{l} - \beta (P+p) \sin \psi \right] \\ & + A \left( p \cos \psi + P \frac{l \cos \psi - a}{l} \right) + E (R - a') \end{aligned} \right\}$$

wo zur Abkürzung

(I)

$$R \cos \phi + A \sin \phi + A \frac{d}{l} + r f' \left[ \alpha \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) - \beta \cos \phi \right] = D$$

gesetzt ist.

Die Werthe für die bewegende Kraft und für den Druck  $P''$  auf den Tragegurt geben wiederum die in Nr. 66. aufgestellten Konstruktionsregeln; aber auf geneigtem Boden ist die Höhe  $GH$  des Schwerpunktes über die durch die Mittellinie der Achse mit dem Erdboden parallel geführte Linie nicht ohne Einfluß, wie bei dem Fall auf horizontaler Ebene. Der Punkt  $G$  muß so gelegt werden, daß die lothrechte Richtung des Gewichtes  $P$ , selbst bei den steilsten Böschungen, niemals hinter die Achse fallen kann. (63)

Indessen verhindert selbst die beste Lastvertheilung nicht, daß der Zug mit der Vergrößerung von  $\psi$  erschwert wird; denn je größer dieser Winkel ist, desto kleiner wird die Entfernung  $a$ . Der Zug wird ferner im Verhältniß der Vergrößerung von  $(P+p) \sin \psi$  oder der Größe der mit dem Erdboden parallel gehenden Seitenkraft,

welche aus dem Gewicht des ganzen Systems entsteht, erschwert. Es genügt die Bemerkung, daß diese Größe nicht in dem Nenner der Gleichung (I) Nr. 65. vorkommt, um die Ursache zu entdecken, warum der Zug bergauf schwerer wird als auf horizontalem Terrain.

Das so eben gesagte zeigt, daß der Druck  $P''$  auf das Gabelpferd zwei entgegengesetzte Veränderungen zu erleiden hat, wenn der Böschungswinkel größer wird: das Glied  $Qd$  wächst, während das Glied  $Pa$  abnimmt. Es kann daher vorkommen, daß bergauf der Druck  $P''$  dem Druck auf der horizontalen Ebene gleich kommt, oder daß er größer oder kleiner wird.

68. Die Gleichung (I) gilt für das Bergabfahren, wenn man  $\sin \psi < 0$  macht. Das Glied  $R(P+p) \sin \psi$  ist dann negativ und vermindert beträchtlich die Zugkraft. Es kommt selbst vor, daß wenn  $A$  und  $E$  klein sind, der Motor beinahe gar keine Kraft auszuüben hat. Bisweilen wird der Werth von  $Q$  negativ, und das Pferd, statt zu ziehen, ist genöthigt, mittelst des Hinterzeuges auf die Steuerketten zu wirken, um das Fahrzeug zu verhindern, eine beschleunigte Bewegung anzunehmen.

Hieraus folgt keinesweges, daß der Druck  $P''$  geringer ist als beim Bergauffahren. Im Gegentheile, er ist größer, weil bergab  $a$  größer und  $d$  mit  $Q$  negativ wird; denn es ist klar, daß so wie sich die Hinterhand des Gabelpferdes niederbeugt, um das Fahrzeug zurückzuhalten, die Richtung der Kraft unterhalb der Mittellinie der Achse fällt, und oft bei weitem mehr unterhalb, als sie in jedem andern Verhältnisse oberhalb derselben fällt.

69. Alles was über die Bewegung eines zweirädrigen Fuhrwerks durch ein einziges Pferd auf horizontalem und geneigten Erdboden gesagt worden ist, läßt sich auch für den Fall anwenden wo es mit mehreren Pferden bespannt ist. Wenn sie in einer Reihe eins am andern ziehen, so wird  $Q$  die mittlere Kraft aller, und wir haben bereits in Nr. 40. die Gleichung angegeben, welche zwischen dieser mittleren Kraft und der Summe aller partiellen Kräfte stattfindet.

Indessen man spannt die beiden Pferde der Artillerie-Karre nur in engen Defileen in einer Reihe hinter einander. Für gewöhnlich gehen sie neben einander, und die Laue des Sattelpferdes sind, wie dies in Nr. 31. gesagt worden ist, am linken Gabelbaum befestigt. Die Kraft dieses Pferdes zerlegt sich alsdann in zwei Theile, wovon

der eine senkrecht auf die Richtung der Bewegung, der andere parallel mit derselben wirkt. Da der erstere immer sehr gering ist, so kann man ihn außer Acht lassen und für  $Q$  die Summe der Kräfte beider Pferde annehmen.

### Seitendruck auf das Gabelpferd.

70. Da die mittlere Kraft der Kraftäußerungen von zwei neben einander gespannten Pferden einer Karre nicht in die Längenebene des Fahrzeuges fällt, so erzeugt sie zwei Effekte: 1) bewegt sie das System vorwärts, und 2) strebt sie, es um eine auf das Terrain senkrecht stehende Achse zu drehen. Wenn demnach das Terrain dieser Drehung keinen hinlänglichen Widerstand entgegen stellt, so muß das Gabelpferd sie dadurch verhindern, daß es dem Drucke widersteht, welchen seine rechte Seite von dem einen Gabelbaum erleidet.

Es giebt noch zwei andere bemerkenswerthe Fälle, wo dies Pferd ähnliche Seitendrucke auszuhalten hat, wenn nämlich die Räder nicht gleichmäßig fortrollen und wenn die Längenebene des Fahrzeuges nicht lothrecht steht.

Im ersteren Falle sind die Drucke der Achsschenkel in beiden Buchsen einander nicht mehr gleich, weil sie von den Widerständen abhängen, die sich der Bewegung der Räder entgegen stellen. Es findet demnach keine Gleichheit mehr statt zwischen den parallelen Seitenkräften der Kraft  $-\pi$ , die der mittleren Kraft dieser Drucke gleich und entgegen gesetzt ist, d. h. zwischen den Kräften, welche, an der Achse angebracht, sich der Bewegung entgegen stellen. Es seien  $-\pi'$  und  $-\pi''$  diese beiden Kräfte (Fig. 16.) Wir ändern im Stande der Dinge nichts, wenn wir in der Mitte  $C$  der Achse  $AB$  in der Längenebene des Fahrzeuges und parallel mit den Richtungen von  $-\pi'$  und  $-\pi''$  zwei einander entgegen gesetzte Kräfte gleich  $\pi'$  und zwei andere eben so einander entgegengesetzte Kräfte gleich  $\pi''$  anbringen. Dann wird in  $C$  eine mittlere Kraft  $-\pi$  entstehen, welche von  $D$  nach  $C$  wirkt, um sich der Bewegung der Achse wie vorhin entgegen zu setzen, und auf  $AC$  und  $BC$  werden zwei Paar Kräfte ( $\pi'$  und  $-\pi'$ ) und ( $\pi''$  und  $-\pi''$ ) einwirken. Aber das eine Paar dieser Kräfte kann auf den Hebelarm des andern übertragen werden. Hieraus wird sich z. B. auf  $AC$  ein einziges

Paar ergeben, von dem jede Kraft die Differenz von  $\pi'$  und  $\pi''$  ist. Wir wollen dieses Paar in zwei andere zerlegen, wovon das eine in der durch die Mittellinie der Achse parallel mit dem Erdboden geführten Ebene liegt und das andere in einer auf der vorigen senkrecht stehenden und durch dieselbe Mittellinie gehenden Ebene. Dieses zweite Paar bestrebt sich, eines der Räder in die Höhe zu heben, während es das andere gegen den Erdboden drückt; allein die Last des Fahrzeuges hebt vollständig diese Wirkung auf. Es kann daher nur vom ersten Paare ein Seitendruck auf das Gabelpferd erfolgen, indem es das Fahrzeug um eine auf den Erdboden lothrechte Ase zu drehen strebt. Die Widerstände, die sich einer ähnlichen Bewegung der Räder entgegen stellen, sind nicht immer im Stande, diese Bewegung gleich Null zu machen, und alsdann ist das Pferd genöthigt, der Wirkung eines der Gabelbäume zu widerstehen; im Allgemeinen ist aber der hieraus erfolgende Druck nicht groß genug, um ihn bei der Beurtheilung der Anstrengung des Gabelpferdes in Anschlag zu bringen.

Wenn die Längenebene des Fahrzeuges nicht lothrecht steht, oder, was dasselbe ist, wenn die Mittellinie der Achse gegen den Erdboden geneigt ist, so wird die von ihr getragene Last in zwei Theile zerlegt, der eine senkrecht auf diese Mittellinie, der andere parallel mit derselben. Die letztere bestrebt sich, die Räder in der Richtung der Achse gleiten zu lassen, und wenn das Terrain sich nicht genugsam dieser Wirkung entgegenstellt, so folgt hieraus, daß die Gabelbäume einen Seitendruck auf den hintern Theil des Pferdes und einen zweiten auf den vorderen Theil der entgegengesetzten Seite ausüben, was den Gang des Pferdes besonders erschweren muß.

In diesem Falle kann auch das Fahrzeug ein Bestreben zum Umwerfen erhalten, indessen wollen wir die Untersuchung dieses Umstandes der nächsten Abtheilung aufsparen.

## Zweite Abtheilung.

### Die Fahrzeuge mit vier Rädern.

Die Artillerie gebraucht gegenwärtig zwei Arten von vierrädrigen Fahrzeugen. Bei der einen Art wird der vordere Theil des

Vorderwagens so in seiner Lage erhalten, daß eine hinter der Achse befestigte Stütze sich gegen die untere Fläche des Hinterwagens anlehnt; bei der andern Art wird dieser Theil durch die Stangenpferde getragen. Wir haben demnach diese beiden Arten von Fahrzeugen nach einander zu untersuchen. Zur Vereinfachung der Zeichnungen sollen die ersteren Fahrzeuge mit Gegenstütze und die anderen Fahrzeuge mit Deichselträger genannt werden, wo unter diesen letzteren auch die Fahrzeuge mit Gabelbäumen begriffen werden sollen, deren Vorderwagen keine Gegenstütze haben, wie z. B. die Belagerungs-Laffeten von Gribeauval und die Laffeten der englischen Feldartillerie.

### Fahrzeuge mit Gegenstütze.

71. Die Fahrzeuge mit Gegenstütze der heutigen Artillerie sind am gebräuchlichsten folgender Art eingerichtet. Das Hintergestell **AB** (Fig. 17.) des Fahrzeuges greift über einen Theil **ac** des Vorderwagens **ab**, und die Länge dieses Theiles wird durch den Achsschemel **S**, welcher über der Vorderachse **e** liegt, in zwei Theile getheilt. Am hintern Theile **ac** befindet sich auf einer Gegenstütze **a** der Proznagel **O**, welcher in das Prozloch des Hinterwagens eingreift und eine bewegliche Verbindung zwischen Vorder- und Hinterwagen bewirkt.

Aus dieser Anordnung folgt, daß die Deichsel durch die Stangenpferde nicht getragen zu werden braucht und daß, wenn die Stöße die Deichselspitze **b** niederzudrücken streben, das Obergestell des Fahrzeuges in **a** eine Gegenwirkung äußert, welche dieser Wirkung vorbeugt. Soll dies aber geschehen, so darf der Druck von unten nach oben, welchen die Gegenstütze gegen **AB** ausübt, nie im Stande sein, den Hinterwagen um seine Achse zu drehen. Wir sprechen jetzt nicht davon, wodurch diese Bedingung erfüllt wird; es wird hier angenommen, das Fahrzeug sei gut gebaut, d. h. seine Deichsel werde angemessen unterstützt, und wir wollen zuerst für den Fall, wo es nur mit zwei Pferden bespannt ist, diejenige Kraft bestimmen, welche man an den Vorderwagen in einer durch seine Einrichtung bestimmten Richtung anbringen muß, um die gleichmäßige Bewegung auf einem horizontalen und nachgiebigen Erdboden zu unterhalten.

72. Der Hinterwagen wird durch den Vorderwagen fortgezogen, dessen Prohnagel gegen die Wand des Prohloches drückt. Wir wollen  $Q_1$  diejenige Kraft nennen, welche der Nagel äußert, um den Widerständen das Gleichgewicht zu halten, die sich der Bewegung des Hinterwagens entgegen stellen. Die Richtung von  $Q_1$ , welche auf der Wand des Prohloches stets normal ist, geht gewöhnlich mit dem Erdboden parallel; um indessen alle möglichen Fälle zusammenzufassen, wollen wir annehmen, sie mache den Winkel  $\phi'$  mit der Horizontalen.

$P_1$  sei das Gewicht des Obergestells und seiner Ladung,  $p_1$  das Gewicht der Hinterräder,  $P_1''$  der Druck auf den Achsschemel,  $p''$  der Druck der Gegenstübe,  $P'_1$  und  $q_1$  die rechtwinklichen Seitenkräfte des Druckes der Achsschenkel auf die Buchsen,  $a'$ ,  $d'$  und  $l'$  die Hebelsarme der Kräfte  $P_1$ ,  $Q_1$  und  $P_1''$ , und  $c$  sei die horizontale Entfernung vom Prohnagel bis zur Mittellinie der Vorderachse. Der Hebelsarm von  $p''$ , in Bezug auf die Hinterachse, ist  $l' - c$ , und wenn wir zur Vereinfachung der Formeln zuerst die Reibung der Achsschenkel und des Prohnagels nicht berücksichtigen, so haben wir als Bedingungsgleichungen für das Gleichgewicht des Hinterwagens um die Mittellinie seiner Achse (65)

$$\begin{aligned} Q_1 \cos \phi' - q &= 0 \\ P_1 - P_1' - P_1'' - Q_1 \sin \phi' - p'' &= 0 \\ Q_1 d' + P_1 a' - P_1'' l' - p''(l' - c) &= 0 \end{aligned}$$

Diese Gleichungen geben

$$q_1 = Q_1 \cos \phi'; \quad P_1'' = \frac{Q_1 d' + P_1 a' - p''(l' - c)}{l'}$$

$$P_1' = P_1 \frac{l' - a'}{l'} - Q_1 \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - p'' \frac{c}{l'}$$

Hieraus folgt, daß die Achsenreibung ist

$$f \left\{ a' \left[ P_1 \frac{l' - a'}{l'} - Q_1 \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - p'' \frac{c}{l'} \right] + \beta' Q_1 \cos \phi' \right\}$$

und die Walzenreibung

$$\frac{\Lambda}{R'} \left[ p_1 + P_1 \frac{l' - a'}{l'} - Q_1 \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - p'' \frac{c}{l'} \right]$$

Betrachtet man die virtuelle Bewegung des Hinterwagens und drückt man durch  $E_1$  die Wirkung des Erdreiches auf die Seitenflächen der Felgen aus, so ist, wenn  $e'$  die halbe Höhe des eingesunkenen Theils dieser Flächen ist,

$$Q_1 k \cos \phi' - k \frac{r'}{R'} \rho \left\{ \alpha' \left[ P_1 \frac{l' - a'}{l'} - Q_1 \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - p'' \frac{c}{l'} \right] + \beta' Q_1 \cos \phi' \right\} - k \frac{A}{R'} \left[ P_1 + P_1 \frac{l' - a'}{l'} - Q_1 \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - p'' \frac{c}{l'} \right] - k E_1 \frac{R' - e'}{R'} = 0$$

und folglich

$$Q_1 = \frac{r' f' \alpha' \left( P_1 \frac{l' - a'}{l'} - p'' \frac{c}{l'} \right) + A \left( P_1 + P_1 \frac{l' - a'}{l'} - p'' \frac{c}{l'} \right) + E_1 (R' - e')}{R' \cos \phi' + A \sin \phi' + A \frac{d'}{l'} + r' f' \left[ \alpha' \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - \beta' \cos \phi' \right]} \quad (1)$$

73. Der Vorderwagen kann ebenfalls als ein zweirädriges Fahrzeug angesehen werden; aber außer dem Gewichte  $P$  dieses Fahrzeuges und seiner Ladung, weniger den Rädern, erleidet der Achsschemel einen Druck  $P_1''$  und die Gegenstütze einen Druck  $p''$ ; endlich widersteht sich die Gegenwirkung  $Q_1$  des Hinterwagens der Bewegung, und es ist der Druck  $P'$  auf die Pferde Null. Ziehen wir diese neuen Verhältnisse in Betracht, und behalten wir die Bezeichnungen von Nr. 65. bei, so haben wir als Bedingungsgleichungen für das Gleichgewicht um die Mittellinie der Achse, wenn  $d''$  die Entfernung dieser Mittellinie von der Richtung der Kraft  $Q_1$  ausdrückt

$$\begin{aligned} Q \cos \phi - q - Q_1 \cos \phi' &= 0 \\ P + P_1'' + p'' - P' - Q \sin \phi + Q_1 \sin \phi' &= 0 \\ Qd + Pa - p''c - Q_1 d'' &= 0. \end{aligned}$$

Diese Gleichungen geben

$$q = Q \cos \phi - Q_1 \cos \phi'; \quad p'' = \frac{Qd + Pa - Q_1 d''}{c}$$

$$P' = P + P_1'' + p'' - Q \sin \phi + Q_1 \sin \phi'.$$

Substituirt man für  $P_1''$  den Werth, welchen er beim Hinterwagen hat, so findet man

$$P' = P \frac{l' + a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} - Q \left( \sin \phi - \frac{d}{l'} \right) + Q_1 \left( \sin \phi' - \frac{d'' - d'}{l'} \right)$$

Die Achsen- und Walzenreibung sind demnach

$$f \left\{ \alpha \left[ P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} - Q \left( \sin \phi - \frac{d}{l'} \right) + Q_1 \left( \sin \phi' - \frac{d''-d'}{l'} \right) \right] \right\} \\ + \beta (Q \cos \phi - Q_1 \cos \phi')$$

und

$$\frac{A}{R} \left[ p + P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} - Q \left( \sin \phi - \frac{d}{l'} \right) + Q_1 \left( \sin \phi' - \frac{d''-d'}{l'} \right) \right]$$

und die virtuelle Bewegung giebt die Gleichung

$$Q k \cos \phi - Q_1 k \cos \phi' \\ - k \frac{r}{R} f \left\{ \alpha \left[ P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} - Q \left( \sin \phi - \frac{d}{l'} \right) + Q_1 \left( \sin \phi' - \frac{d''-d'}{l'} \right) \right] \right\} \\ + \beta (Q \cos \phi - Q_1 \cos \phi') \\ - k \frac{A}{R} \left[ p + P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} - Q \left( \sin \phi - \frac{d}{l'} \right) + Q_1 \left( \sin \phi' - \frac{d''-d'}{l'} \right) \right] \\ - k E \frac{R-e}{R} = 0.$$

woraus sich ergibt

$$Q = \frac{1}{D} \left\{ Q_1 \left[ R \cos \phi' + r f \alpha \left( \sin \phi' - \frac{d''-d'}{l'} \right) - r f \beta \cos \phi' + A \left( \sin \phi' - \frac{d''-d'}{l'} \right) \right] \right\} \\ + r f \alpha \left( P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} \right) + A \left( p + P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} \right) + E (R-e)$$

(II)

wenn  $D = R \cos \phi + r f \alpha \left( \sin \phi - \frac{d}{l'} \right) - r f \beta \cos \phi + A \left( \sin \phi - \frac{d}{l'} \right)$  ist.

74. In der Gleichung (II) ist der Werth von Q abhängig von Q<sub>1</sub>, und da die Gleichung (I) p'' enthält, welches eine Funktion von Q und von Q<sub>1</sub> ist, so müßte man, um den Werth von Q<sub>1</sub> unabhängig von Q zu erhalten, die rechte Seite der Gleichung (II) in jene substituiren. Hierdurch aber erhielte man eine sehr zusammengesetzte Formel. Um nun eine einfachere und dennoch hinlänglich genaue Formel zu erhalten, wollen wir annehmen, Q und Q<sub>1</sub> hielten sich um die Mittellinie der Vorderachse das Gleichgewicht, wodurch man erhält

$$Q d = Q_1 d''; \quad p'' = \frac{P a}{e}$$

und

$$Q_1 = \frac{r'f'\alpha' \left( P_1 \frac{l'-a'}{l'} - P \frac{a'}{l'} \right) + A \left( p_1 + P_1 \frac{l'-a'}{l'} - P \frac{a'}{l'} \right) + E_1 (R'-e')}{R' \cos \phi' + A \sin \phi' + A \frac{d'}{l'} + r'f' \left[ \alpha' \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - \beta' \cos \phi' \right]} \quad (\text{III})$$

75. Die Gleichungen (III) und (II) werden einfacher, wenn man den gewöhnlichen Fall setzt, wo der Zug des Hinterwagens parallel mit dem Erdboden geht; dann wird  $\phi' = 0$ , und man hat

$$Q_1 = \frac{r'f'\alpha' \left( P_1 \frac{l'-a'}{l'} - P \frac{a'}{l'} \right) + A \left( p_1 + P_1 \frac{l'-a'}{l'} - P \frac{a'}{l'} \right) + E_1 (R'-e')}{R' + A \frac{d'}{l'} + r'f' \left( \alpha' \frac{d'}{l'} - \beta' \right)} \quad (\text{IV})$$

$$Q = \frac{1}{D'} \left\{ \begin{aligned} & Q_1 \left[ R + r'f' \left( \alpha' \frac{d'-d''}{l'} - \beta \right) + A \frac{d'-d''}{l'} \right] + r'f'\alpha' \left( P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} \right) \\ & + A \left( p + P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} \right) + E (R-e). \end{aligned} \right\} \quad (\text{V})$$

Bei den Fahrzeugen der Artillerie braucht die Reibung der Achsen nicht berücksichtigt zu werden, weil diese stets aus Eisen und die Buchsen aus Metall gefertigt sind (46). Wir erhalten dann eine neue Vereinfachung, indem wir  $f' = 0$  machen. Die Gleichungen (IV) und (V) werden hierdurch

$$Q_1 = \frac{A \left( p_1 + P_1 \frac{l'-a'}{l'} - P \frac{a'}{l'} \right) + E_1 (R'-e')}{R' + A \frac{d'}{l'}} \quad (\text{VI})$$

$$Q = \frac{Q_1 \left( R + A \frac{d'-d''}{l'} \right) + A \left( p + P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} \right) + E (R-e)}{R \cos \phi + A \left( \sin \phi - \frac{d}{l} \right)} \quad (\text{VII})$$

76. Bei dem Belagerungs-Material haben Vorder- und Hinterwagen gleiche Räder, daher ist  $R' = R$ , und  $p_1 = p$ , und weil  $\frac{d'}{l'}$  alsdann nothwendigterweise sehr klein ist, so weicht  $R' + A \frac{d'}{l'}$  sehr wenig von  $R + A \frac{d'-d''}{l'}$  ab, obgleich  $d' - d'' = 0$  ist. Wenn wir nun für  $Q_1$  seinen Werth aus der Gleichung

chung (VI) in die Gleichung (VII) substituiren, so erhalten wir

$$Q = \frac{A(2p + P + P_1) + E(R - e) + E_1(R - e')}{R \cos \varphi + A \left( \sin \varphi - \frac{d}{\nu} \right)} \quad (\text{VIII})$$

als einen annähernden sehr einfachen Werth für die Kraft, welche auf den Vorderwagen der Fahrzeuge des Belagerungstrains wirken muß. Es ist übrigens klar, daß man nicht  $E_1 = E$ , und  $e' = e$  setzen darf, weil diese Größen vom Einsinken der Räder in den Erdboden abhängen (55), und da dieses Einsinken mit der Belastung der Achse sich verändert, so ist es für die Räder des Vorder- und Hinterwagens verschieden, wenn auch die Räder gleich sind.

Wenn aber das Terrain, statt nachgiebig zu sein, nur eine weiche Oberfläche hätte (47), so würden sich die Räder nur sehr wenig einschneiden,  $E$  und  $E_1$  würden Null werden, und man erhielte für die Fahrzeuge mit Vorder- und Hinterwagen des Belagerungstrains

$$Q = \frac{A(2p + P + P_1)}{R \cos \varphi + A \left( \sin \varphi - \frac{d}{\nu} \right)} \quad (\text{IX})$$

77. Die Stellung des Prognagels ist nicht bei allen Fahrzeugen dieselbe; bei einigen sitzt dieser Nagel über der Vorderachse, anstatt hinter derselben, wie bei den übrigen. Für einen gegebenen Werth des Winkels  $\varphi'$  wird demnach augenscheinlich der Hebelarm  $d'$  der auf den Hinterwagen wirkenden Kraft in dem Maße vermindert, als der Verbindungspunkt beider Theile des Fahrzeuges sich von der Hinterachse entfernt. Es kann selbst vorkommen, daß  $d'$  Null oder negativ wird, d. h. daß die Linie, welche auf der Berührungsebene des Prognagels und Prohloches senkrecht steht, durch die Mittellinie der Hinterachse geht oder unter dieselbe fällt. Wenn man daher die so eben entwickelten Formeln auf irgend ein Fahrzeug der von uns betrachteten Art anwenden will, so muß man auf das Zeichen von  $d'$  Rücksicht nehmen, und hiermit reicht man auch aus, da  $d''$ , als die einzige von allen übrigen Größen, auf welche die Stellung des Prognagels ebenfalls Einfluß hat, nicht negativ werden kann.

### Fahrzeuge mit Deichselträger.

78. Der Vorderwagen der Fahrzeuge mit Träger hat keine Gegenstütze, weil die Pferde ihn vor der Achse unterstützen, und der Hinterwagen ruht mit seinem vorderen Ende auf dem Holztheile, der den Prozhaken festhält. Da diese Anordnung nur auf das Gleichgewicht am Vorderwagen Einfluß äußern kann, so genügt es für das Gleichgewicht des Hinterwagens, die vorige Anordnung zu betrachten. Da hier also die Gegenstütze fehlt, so ist es klar, daß der von derselben ausgehaltene Druck  $p''$  verschwinden muß. Wenn wir demnach in der Gleichung I. (Nr. 72.)  $p'' = 0$  setzen, so erhalten wir unmittelbar für die Kraft, die der Hinterwagen eines Fahrzeuges mit Deichselträger erfordert,

$$Q_1 = \frac{r'f'a'P_1 \frac{l'-a'}{l'} + A(p_1 + P_1 \frac{l'-a'}{l'}) + E_1(R'-e)}{R' \cos \phi' + A \sin \phi' + A \frac{d'}{l'} + r'f' \left[ \alpha' \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} \right) - \beta' \cos \phi' \right]} \quad (I)$$

Was den Vorderwagen anbetrifft, so wird der Druck, den der Hinterwagen wegen der Unterstützung auf ihn ausübt, vergrößert, und der Werth dieses Druckes läßt sich aus dem in Nr. 72 gefundenen dadurch ableiten, daß man  $p'' = 0$  setzt. Hieraus ergibt sich

$$P_1'' = \frac{P_1 a' + Q_1 d'}{l'}$$

eine Kraft, deren Hebelsarm die Entfernung  $c$  von der Mittellinie der Achse bis zum Prozhaken ist.

Wenn wir nun das in Nr. 73. beobachtete Verfahren wiederholen, und durch  $l$  den Hebelsarm der Last  $P''$  der Pferde ausdrücken, so erhalten wir

$$Q \cos \phi - q - Q_1 \cos \phi' = 0$$

$$P + P_1'' - P' - P'' - Q \sin \phi + Q_1 \sin \phi' = 0$$

$$Qd + Pa - P''l - P_1''c - Q_1 d'' = 0$$

$$q = Q \cos \phi - Q_1 \cos \phi'$$

$$P'' = \frac{1}{l} \left[ Pa + Qd - Q_1 d'' - \frac{c}{l'} (P_1 a' + Q_1 d') \right]$$

$$P' = \frac{1}{l} \left[ P(l-a) + P_1 a' \frac{l+c}{l'} \right] - Q \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) + Q_1 \left( \sin \phi' + \frac{d'}{l'} + \frac{d''}{l} + \frac{d'e}{ll'} \right)$$

$$Q = \frac{1}{D} \left\{ \begin{array}{l} Q_1 \left\{ \begin{array}{l} R \cos \phi' + r f' \alpha \left( \sin \phi' + d' \frac{l+c}{ll'} + \frac{d''}{l} \right) - r f' \beta \cos \phi' \\ + A \left( \sin \phi' + d' \frac{l+c}{ll'} + \frac{d''}{l} \right) \end{array} \right\} \\ + r f' \alpha \left( P \frac{l-a}{l} + P_1 \alpha' \frac{l+c}{ll'} \right) + A \left( p + P \frac{l-a}{l} + P_1 \alpha' \frac{l+c}{ll'} \right) \\ + E(R - e) \end{array} \right\} \quad (\text{II})$$

$$D = R \cos \phi + A \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) + r f' \left[ \alpha \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right) - \beta \cos \phi \right]$$

Da die Größe  $d' \frac{l+c}{ll'}$  unbeachtet gelassen werden kann, so reduziert sich die Gleichung (II) auf folgende

$$Q = \frac{1}{D} \left\{ \begin{array}{l} Q_1 \left[ R \cos \phi' + r f' \alpha \left( \sin \phi' + \frac{d''}{l} \right) - r f' \beta \cos \phi' + A \left( \sin \phi' + \frac{d''}{l} \right) \right] \\ + r f' \alpha \left( P \frac{l-a}{l} + P_1 \alpha' \frac{l+c}{ll'} \right) + A \left( p + P \frac{l-a}{l} + P_1 \alpha' \frac{l+c}{ll'} \right) + E(R - e) \end{array} \right\} \quad (\text{III})$$

79. Die Gleichungen (I) und (III) vereinfachen sich noch um vieles, wenn man die geringe Achsenreibung nicht berücksichtigt und  $\phi' = 0$  macht, eine Annahme, die von der Wirklichkeit sehr wenig abweicht. Dann geben sie

$$Q_1 = \frac{A \left( p_1 + P_1 \frac{l'-a'}{l'} \right) + E_1 (R' - e')}{R' + A \frac{d'}{l'}} \quad (\text{IV})$$

$$Q = \frac{Q_1 \left( R + A \frac{d''}{l} \right) + A \left( p + P \frac{l-a}{l} + P_1 \alpha' \frac{l+c}{ll'} \right) + E(R - e)}{R \cos \phi + A \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right)} \quad (\text{V})$$

Es haben aber die Fahrzeuge mit Weichselträger gleiche Räder, d. h.  $R' = R$  und  $p_1 = p$ ; überdies weichen die Brüche  $\frac{d'}{l'}$  und  $\frac{d''}{l}$  sehr wenig von einander ab. Nehmen wir sie als

gleich an, so erhalten wir als Annäherungswerth für die auf dem Vorderwagen auszuübende Kraft

$$Q = \frac{A \left[ 2P + P + P_1 - \frac{1}{l} (Pa - P_1 a' \frac{c}{l'}) \right] + E(R - e) + E_1(R - e')}{R \cos \phi + A \left( \sin \phi + \frac{d}{l} \right)}$$

80. Mittelft dieser so eben für die vierrädrigen Fahrzeuge entwickelten Formeln kann man die Kraft  $Q$  berechnen, wenn alle Größen der rechten Seite gegeben sind, oder auch eine dieser Größen bestimmen, wenn die Kraft der Bespannung bekannt ist. Jedoch muß man selbst im ersteren Falle diese Kraft zuvor abschätzen, damit man sie mit der aus diesen Formeln sich ergebenden Größe vergleichen und ihre Geeignetheit beurtheilen kann. Wenn das Fahrzeug, wie wir es bisher angenommen haben, nur mit zwei Pferden bespannt wäre, so würde die wirkende Kraft die Summe der mittleren Kraftäußerungen dieser Motoren sein (12). Wenn aber wie gewöhnlich die Bespannung größer ist, so muß man zur Bestimmung der wirkenden Kraft Nr. 40 in dem Falle zu Rathe ziehen, wenn die Pferde an die Kummte der hinteren ziehen, und es wird also die Spannung der an die Bracke befestigten Zugtaue sein, die man mit  $Q$  vergleichen oder an die Stelle dieser Größe setzen muß.

Man muß dies Verfahren nicht allein bei den Fahrzeugen mit Träger (37), sondern auch bei den Fahrzeugen mit Gegenstöße der Feld-Artillerie beobachten; denn man hat bei denselben die Vorderbracke fortgelassen, welche Gribeauval anwandte, um die Stangenpferde unabhängig zu machen. Diese Bracke ist dagegen bei den Belagerungs-Fahrzeugen beibehalten worden. Bei diesen letzteren Fahrzeugen muß man daher nach dem Seil-Polygon (40) die Kraft  $Q'$  der an sie gespannten vorderen Pferde, so wie die Richtung dieser Kraft berechnen, und sodann die mittlere Kraft aus  $Q'$  und aus der Kraft  $Q''$  der Stangenpferde, deren Richtung bekannt ist, bestimmen. Diese mittlere Kraft ist diejenige, welche statt  $Q$  gesetzt oder mit ihr verglichen werden muß.

Wir nehmen hier an, wie wir es bei allen Rechnungen, welche die vierrädrigen Fahrzeuge betrafen, gethan haben, daß durch die Wirksamkeit beider Pferdereihen eine einzige Kraft hervorgebracht werde, die in der Längenebene der Maschine liegt; und dies findet

auch wirklich statt, wenn alle Pferde gleich stark ins Geschirr gehen, oder wenn in ihren Kraftäußerungen Harmonie statt findet.

81. Nachdem wir die Bewegung auf horizontalem Boden vollständig abgehandelt und nach dem, was über das Rollen der Räder (58), so wie über die Bewegung eines zweirädrigen Fahrzeuges auf geneigtem Erdboden (67) gesagt worden, scheint es uns, daß wir den Fall, wenn ein vierrädriges Fahrzeug bergauf oder bergab sich bewegt, mit Stillschweigen übergehen können.

82. Wir beschließen diesen Artikel mit einigen Worten über die Anwendung der für die Fahrzeuge aufgefundenen Formeln. Ungeachtet der großen Zahl von allgemeinen Ausdrücken sieht man doch sogleich, daß die Rechnung mit denselben leicht ist. Mehrere der in ihnen befindlichen Größen sind durch die Maßtafeln gegeben, oder können aus denselben leicht abgeleitet werden. Nichts würde also ihre Anwendung hindern, wenn man  $A$ ,  $E$ ,  $\alpha$  und  $\beta$  kenne. Man darf mit Grund glauben, daß die beiden ersteren für gewöhnliche Bodenarten in kurzem bestimmt sein werden, da der Capitain Morin beabsichtigt, auf den Zug der Fahrzeuge den sinnreichen Mechanismus anzuwenden, durch welchen er mit mathematischer Genauigkeit die Größe der Reibung bestimmt hat.

Die Werthe von  $\alpha$  und  $\beta$ , welche die mittlere Kraft von zwei zusammenwirkenden Kräften ohne Wurzelzeichen auszudrücken gestatten, sind von dem Capit. Gosselin nach dem Ponceletschen Lehrsatze berechnet worden. Nachstehende Tabelle giebt ihren Werth für zwei rechtwinkliche Kräfte  $P'$  und  $q$  an.

Verhältniß von $P'$ und $q$ .	Werth von $\alpha$ .	Werth von $\beta$ .	Maximum des Fehlers.
$P'$ u. $q$ v. belieb. Werthe	0,82840	0,82840	$\frac{1}{6}$
$P' > q$	0,96046	0,39783	$\frac{2}{5}$
$P' > 2q$	0,98592	0,23270	$\frac{1}{71}$
$P' > 3q$	0,99350	0,16123	$\frac{1}{164}$
$P' > 4q$	0,99625	0,12260	$\frac{1}{268}$
$P' > 5q$	0,99757	0,09878	$\frac{1}{417}$
$P' > 6q$	0,99826	0,08261	$\frac{1}{539}$
$P' > 7q$	0,99875	0,07098	$\frac{1}{800}$
$P' > 8q$	0,99905	0,06220	$\frac{1}{1048}$
$P' > 9q$	0,99930	0,05535	$\frac{1}{1428}$
$P' > 10q$	0,99935	0,04984	$\frac{1}{1898}$

Die vierte Spalte zeigt an, wie groß der Fehler höchstens werden kann, wenn man  $\alpha P' + \beta q$  für den Werth von  $\sqrt{P'^2 + q^2}$  setzt, und man sieht aus derselben, daß dieser Fehler sich schnell in dem Maße vermindert, als das Verhältniß von  $P'$  zu  $q$  sich vergrößert. Nun ist aber auf den gewöhnlichen Wegen (16) dies Verhältniß größer als 20; folglich ist der Fehler dann bei weitem kleiner als  $\frac{1}{1538}$ . Bei schlechten Wegen ist das Verhältniß größer als 9, und der Fehler bleibt unter  $\frac{1}{1428}$ . Endlich bleibt selbst bei den schlechtesten Wegen  $P'$  größer als 59, und der Fehler ist noch geringer als  $\frac{1}{417}$ . Man sieht demnach, daß man in allen Fällen ganz gut  $\alpha P' + \beta q$  statt  $\sqrt{P'^2 + q^2}$  setzen kann.

### Grundsätze für die Form.

Wir können nunmehr für die vierrädrigen Fahrzeuge das bei dem zweirädrigen Fuhrwerke in Nr. 66 und 67 beobachtete Verfahren wiederholen und ausführlich die Constructions-Grundsätze abhandeln, welche sich aus den Formeln ergeben.

Die Ausdrücke für die Kräfte, welche Vorder- und Hinterwagen erfordern (78), zeigen klar, daß die Halbmesser der Räder und Achsen einen großen Einfluß auf die Leichtigkeit des Zuges ausüben; dieser Einfluß aber ist genugsam in der vierten Abtheilung des ersten Kapitels abgehandelt worden, und es ist daher überflüssig, darauf zurückzukommen. Es bleibt demnach nur noch zu untersuchen, welche Resultate aus der Veränderung des Winkels, unter welchem die Zugkraft wirkt, aus der Lage der Schwerpunkte von Vorder- und Hinterwagen, aus der Lage der Verbindung beider Theile des Fahrzeuges, aus der Lage des Anspannungspunktes, aus der Entfernung beider Achsen von einander und endlich aus der Art, wie die Deichsel getragen wird, sich ergeben.

### Der Zugwinkel.

83. Wenn man die allgemeinen Werthe von  $Q$  und  $Q_1$  (73 und 78), nachdem man in ihnen  $f' = 0$  gesetzt hat, um die geringe Reibung der Achsen verschwinden zu lassen, differenzirt, so findet man, daß ihr Minimum

$$\tan \varphi = \frac{A}{R}; \quad \tan \varphi' = \frac{A}{R'}$$

entspricht, wie bei den zweirädrigen Fahrzeugen (66).

Es wird leicht sein, die erste Bedingung zu erfüllen, wenn A bekannt ist. Was die zweite betrifft, welche weniger wichtig ist, da  $Q_1$  kleiner ist als  $Q$ , so sucht man nicht, ihr zu genügen; man zieht es vor, eine einfachere Konstruktion zu wählen, indem man die auf die innere Fläche des Prokloches senkrecht stehende Linie, in deren Richtung die für den Hinterwagen nöthige Kraft wirkt, beinahe horizontal legt.

### Die Lage der Schwerpunkte.

84. Das Total-Gewicht  $P + P_1$  des Vorder- und Hinterwagens, mit Ausnahme der Räder, hängt von der Ladung und von der Festigkeit ab, die das Fahrzeug haben soll; mit seiner Form ändert es sich nicht merklich. Die Lage des Schwerpunktes jedes der beiden Wagengestelle kann nur in sofern auf den Zug Einfluß haben, als eine Aenderung in der Vertheilung jenes Gewichtes auf beide Achsen eintritt.

Wenn man z. B. die horizontale Entfernung  $a'$  vom Schwerpunkte des Hinterwagens bis zur Mittellinie der Hinterachse vergrößert, so vermehrt sich auch die Last der Vorderachse genau um eben so viel, als die Last der Hinterachse abnimmt, wie es die Werthe von  $P'$  und  $P_1'$  zeigen.

Durch die Vergrößerung der Entfernung  $a$  des Schwerpunktes des Vorderwagens von der Mittellinie der Achse wird die Größe  $P \frac{a}{l}$  vergrößert und folglich auch die Last  $P'$  dieser Achse bei den Fahrzeugen mit Gegenstöße. Aber dieselbe Größe tritt mit dem Zeichen — zur Last  $P_1'$  der Hinterachse über, wenn man für  $p''$  seinen Werth substituirt.

Bei den Fahrzeugen mit Deichselträger hat  $a$  keinen Einfluß auf die Last der Hinterachse, denn es ist

$$P_1' = P_1 \frac{l' - a'}{l'} - Q_1 \left( \sin \varphi' + \frac{d'}{l'} \right)$$

Dagegen enthält  $P'$ , die Last der Vorderachse, die Größe  $P \frac{a}{l}$  mit dem Zeichen —, und wird also kleiner, wenn  $a$  größer wird, wogegen der Druck  $P''$ , den die Stangenpferde zu tragen haben, um eben so viel wächst.

Wenn man nun bedenkt, daß die Vorderräder die Geleise einschneiden müssen und bei den Wagen mit Gegenstütze am wenigsten Kraft haben (49), so sieht man ein, daß die Lage der Schwerpunkte in Bezug auf die Achsen dieser Fahrzeuge dergestalt bestimmt werden muß, daß durch die Lastvertheilung der Vorderwagen weniger als der Hinterwagen beschwert wird.

Bei den Wagen mit Deichselträger darf außerdem durch die Lage der Schwerpunkte nur ein geringer Druck auf die Stangenpferde hervorgebracht werden.

Was das für die Belastung der beiden Achsen schickliche Verhältniß anbetrifft, so soll dieser Gegenstand in einer andern Nummer abgehandelt werden.

### Die Verbindung von Vorder- und Hinterwagen.

85. Die Verbindung beider Wagen eines Fahrzeuges mit Gegenstütze kann der Hinterachse genähert oder von ihr entfernt, in Bezug auf den Erdboden erhöht oder erniedrigt werden, ohne daß der Winkel  $\phi'$  sich verändert, oder daß der Hebelarm  $d'$  aufhört positiv zu sein. Aber auch die Lasten  $P'$  und  $P_1'$  der beiden Achsen bleiben hierbei ebenfalls dieselben.

In der That,  $d'$  und  $d''$  wachsen oder nehmen um dieselbe Größe ab, und folglich ist ihre Differenz  $d'' - d'$  unveränderlich; überdies drückt diese Differenz die Entfernung der beiden Ebenen von einander aus, welche durch die Mittellinien der Achsen, parallel mit der Richtung der auf den Hinterwagen wirkenden Kraft gelegt sind, und diese Entfernung ist constant, so lange sich  $\phi'$  nicht verändert.

Nun giebt aber die Substitution des Werthes von  $p''$  in den Werth von  $P_1'$

$$P_1' = P_1 \frac{l' - a'}{l'} - \frac{Qd + Pa}{l'} + Q_1 \left( \frac{d'' - d'}{l'} - \sin \phi' \right)$$

und weder in diesem Ausdrucke noch in dem für  $P'$  kann irgends ein Glied sich mit der Lage des Verbindungspunktes verändern.

Wir wollen nun  $d'$  negativ,  $d''$  positiv und  $\phi'$  immer unveränderlich annehmen. Die Veränderungen von  $d'$  und  $d''$  werden noch ohne Einfluß auf die beiden Drucke sein. Alsdann wird  $d'' - d'$  sich in  $d'' + d'$  umgestalten und eine constante Summe

sein, welche ebenfalls die Entfernung der beiden festen Ebenen von einander ausdrückt.

Wenn es sich ereignete, daß  $d'$  und  $d''$  gleichzeitig negativ würden, so würde sich  $d'' - d'$  in  $d' - d''$  umgestalten und eine Größe sein, die aus denselben Gründen wie  $d'' - d'$  unveränderlich wäre. Es kann demnach eine Veränderung in der Lage der Verbindung von Vorder- und Hinterwagen den Einfluß der Kraft  $Q_1$  auf die Last der Achsen eines Fahrzeuges mit Gegenstütze nicht verändern.

86. Eben so leicht ist aus den Ausdrücken für die Drucke (78) einzusehen, daß bei den Fahrzeugen mit Deichselträger die Annäherung und Erhöhung der Verbindung die Last  $P_1$  der Hinterachse vermindert, die Last  $P'$  der Vorderachse vermehrt und den durch die Stangenpferde auszuhaltenden Druck  $P''$  vermindert, während das Entfernen oder Erniedrigen dieses Punktes umgekehrte Wirkungen hervorbringt. In Folge der Annäherung oder des Entfernens verändert sich dann die Entfernung  $c$  des Verbindungspunktes von der Mittellinie der Vorderachse eben so wie  $d'$  und  $d''$ , und diese drei Größen sind Factoren von positiven Gliedern in  $P'$  und von negativen Gliedern in  $P''$ .

Um also die Vorderachse zu erleichtern, müßte die Verbindung in geringer Höhe und hinlänglich entfernt von der Hinterachse liegen, und zur Erleichterung der Pferde müßte sie möglichst hoch und möglichst nahe an der Hinterachse gelegt werden. Diese sich widersprechenden Bedingungen werden sachgemäß erfüllt, wenn die Entfernungen  $c$ ,  $d'$  und  $d''$  in der Art festgestellt werden, daß die Last der Pferde so groß gemacht wird, als dies, ohne ihnen zu schaden, angeht.

87. Aus dem so eben Gesagten ersah man, daß eine Veränderung in der Lage der Verbindung den Einfluß von  $Q_1$  auf die Belastung der Achsen eines Fahrzeuges mit Gegenstütze nicht verändert; wir wollen jetzt zeigen, daß dieser Einfluß gering genug ist, um ihn süglich unberücksichtigt zu lassen.

In der That, wenn der Zug des Hinterwagens parallel mit dem Erdboden geht, wie es gewöhnlich Statt findet, also für  $\phi' = 0$ , so wird das letzte Glied in dem Ausdruck für die Last  $P'$  der

Vorderachse eines Fahrzeuges mit Gegenstütze —  $Q_1 \frac{d'' - d'}{l'}$   
 und das in dem für die Last  $P_1'$  der Hinterachse einfach  
 $Q_1 \frac{d'' - d'}{l'}$ . Nun sind aber  $d'$  und  $d''$  lothrechte Entfernungen,  
 wenn das Terrain horizontal ist, und es ist

$$R' + d' = R + d'' \text{ oder } d'' - d' = R' - R.$$

Durch die Gleichheit der Räder verschwindet demnach das letzte Glied in dem Ausdrucke für die Last jeder Achse, und folglich ist bei den Fahrzeugen mit Gegenstütze, deren Räder gleich hoch sind, die Vorderachse ein wenig mehr und die Hinterachse etwas weniger belastet als bei den Fuhrwerken, die ungleiche Räder haben.

Indessen ist dieser Unterschied nicht beträchtlich; denn bei der Gribeauvalschen Feldartillerie z. B. war  $\frac{R' - R}{l'} = 0,054$ ; das Verhältniß der Drucke auf die beiden Achsen war beinahe wie 2:1, und folglich waren von den sechs an das Fahrzeug gespannten Pferden vier derselben verwendet, um die Kraft  $Q_1$  hervorzubringen. Diese Kraft war also ungefähr 75 Kg.  $\times 4 = 300$  Kg., und es ergibt sich hieraus

$$Q_1 \frac{d'' - d'}{l'} = 300 \text{ Kg. } \times 0,054 = 16,2 \text{ Kg.}$$

welches für die Vorderachse eine nur unbedeutende Erleichterung und für die Hinterachse eine nicht zu berücksichtigende Lastvermehrung ist.

Bei den Fahrzeugen mit Deichselträger ist die Gleichheit der Räder für die Vorderachse günstig; denn diese Gleichheit bewirkt, daß  $d''$  nicht so groß ist als bei ungleichen Rädern. Was die Last  $P''$  der Pferde betrifft, so wird sie durch die Vergrößerung von  $d'$  kleiner; indessen darf diese Last nicht durch diese Rücksicht bestimmt werden, da  $Q_1$  großen Veränderungen unterworfen ist.

Eine Anwendung auf die Belagerungslaffete der Gribeauvalschen Artillerie wird zeigen, wie wichtig es für die Erleichterung des Zuges ist, bei den Fahrzeugen mit Deichselträger und ungleichen Rädern  $d'$  und  $d''$  zu vermindern. Bei dieser Laffete, deren Vorderwagen eine Gabeldeichsel hatte, war  $c = 0$ , weil das Proglöch über der Vorderachse lag, und folglich reducirte sich das

letzte Glied in dem Ausdrucke für die Last  $P'$  dieser Achse auf  $Q_1 \left[ \frac{d'}{l'} + \frac{d''}{l} \right]$ . Eine annähernde Rechnung giebt diesen Koeffizienten von  $Q_1 = 0,2$ .

### Der Befestigungspunkt der Zugtaue.

88. Die Lage des Punktes am Vorderwagen, wo die Laue der Stangenpferde befestigt sind, hat nur auf die Entfernung  $d$  der Richtung der Zugtaue von der Mittellinie der Vorderachse Einfluß. Für einen gegebenen Werth des Winkels  $\phi$  wächst  $d$ , wenn der Befestigungspunkt sich der Achse nähert und dabei seine Höhe über dem Erdboden beibehält; und  $d$  vermindert sich, wenn dieser Punkt sich von der Achse entfernt. Nun aber verursacht bei den Fahrzeugen mit Gegenstütze (72 und 73) die Vergrößerung von  $d$  eine Vermehrung des Druckes  $p''$ , den die Gegenstütze auszuhalten hat, und ebenfalls eine Vermehrung der Last  $P'$  der Vorderachse, während sie den auf den Achsschemel ausgeübten Druck  $P_1''$ , so wie die Last  $P_1'$  der Hinterachse vermindert. Die Verminderung von  $d$  bringt entgegen gesetzte Wirkungen hervor. Man wird demnach bei einer bestimmten Lage des Schwerpunktes durch die größere Entfernung des Befestigungspunktes der Zugtaue von der Vorderachse die Last dieser Achse vermindern (84).

Bei den Fahrzeugen mit Deichselträger ist es umgekehrt: man vermindert die Last  $P'$  der Vorderachse, wenn man den Befestigungspunkt der Zugtaue derselben näher bringt; denn  $P'$  nimmt ab, wenn  $d$  wächst (78), und  $P'$  wächst, wenn  $d$  abnimmt. Der Druck  $P''$  aber, den die Pferde aushalten, erleidet umgekehrte Veränderungen, so daß die horizontale Entfernung des Anspannpunktes von der Vorderachse nur so klein sein darf, als dies die Gränze für die Belastung der Pferde erlaubt.

Was die Drucke anbetrifft, die der Hinterwagen auf seine Achse und auf den Vorderwagen äußert, so sind sie unabhängig von  $d$  und also auch von der Lage des Anspannpunktes.

### Die Entfernung der Achsen von einander.

89. Da die Entfernung  $l'$  der Mittellinien beider Achsen von einander in dem Ausdruck für den Druck  $p''$ , den die Gegen-

stütze auszuhalten hat, nicht vorkommt (73), so äußert dieselbe auch keinen Einfluß auf diesen Druck. Wenn aber dieselbe vergrößert oder verringert wird, so wird die Last  $P_1'$  der Hinterachse (72) ebenfalls vergrößert oder vermindert, und bei dem Druck  $P_1''$ , so wie bei der Last  $P'$  der Vorderachse findet das umgekehrte statt. Da überdies die Glieder, welche in  $P'$  und  $P_1'$  sich verändern, respective dieselbe Größe und entgegengesetzte Zeichen haben (85), so ist es klar, daß die eine Last um eben so viel wächst, als die andere abnimmt.

Hieraus ergibt sich, daß die Auseinanderstellung beider Achsen eines Fahrzeuges mit Gegenstütze zwei Gränzen hat, jenseits welcher die eine oder andere Achse zu stark belastet und der Zug erschwert wird.

Bei den Fahrzeugen mit Deichselträger erleiden der Druck  $P_1''$  des Hinterragens auf den Vorderragen und die Last  $P'$  der Vorderachse Veränderungen, die denen von  $l'$  entgegen gesetzt sind, während die Last  $P'$  der Hinterachse (84) und  $P''$  der Pferde (78) sich in gleicher Art wie diese Entfernung verändern. Die Entfernung  $l'$  hat demnach auch hier zwei Gränzen. Wir werden weiter unten sehen, wie man sie bestimmt.

90. Aus der Zusammenstellung der vier letzten Nummern folgt der allgemeine Grundsatz, daß, welche Veränderungen man in der Form eines Fahrzeuges auch immer vornehmen mag, aus denselben nur eine Veränderung in der Vertheilung des Gesamtdruckes auf den Vorder- und Hinterragen folgt, ein Druck, dessen Werth bei den Fahrzeugen mit Gegenstütze

$P' + P_1' = P_1 + P - Q \sin \phi$   
ist, und bei denen mit Deichselträger

$P' + P_1' + P'' = P_1 + P - Q \sin \phi.$

Es läßt sich indessen nur durch Anwendung von Zahlenwerthen ermitteln, wie viel Last man durch eine bestimmte Formveränderung von einem Wagengestell auf das andere überträgt. Solche Anwendungen lassen sich leicht machen; sobald man die Größen  $A$  und  $E$ , die von dem Widerstande des Erdbodens abhängen, kennen wird, werden die vorher angegebenen Formeln die Kräfte  $Q$  und  $Q_1$  geben, welche in den Ausdrücken für die Drucke vorkommen; so lange aber  $A$  und  $E$  unbekannt sind, muß man für  $Q$  die mittlere Kraft

der durch die Bespannung entwickelten Kräfte annehmen und daraus  $Q_1$  ableiten (87).

### Der Schwerpunkt der ganzen Last.

91. Die früheren Nummern haben gezeigt, daß die Veränderungen in der Form der vierrädrigen Fahrzeuge für die Achsbelastungen zwei Arten von Veränderungen hervorbringen. Die eine Art entsteht aus dem Gewichte; diese Veränderungen sind von der Lage der Schwerpunkte von Vorder- und Hinterwagen abhängig und äußern sich sowohl in der Ruhe als in der Bewegung; die andere Art, welche nur während der Bewegung des Fahrzeuges vorkommen, entsteht durch die Zugkraft. Da die letzteren immer weit geringer als die ersteren sind, so haben die Abstände, welche die Lage der beiden Schwerpunkte bestimmen, am meisten Einfluß auf den Zug.

Um also die Form eines zu erbauenden Fahrzeuges zu bestimmen, ist der einfachste Weg, zuerst den Erfordernissen des Dienstes im Stande der Ruhe zu genügen, alsdann approximativ nach diesen ersten Festsetzungen den Einfluß der Kräfte  $Q$  und  $Q_1$  auf die Belastung der Achsen zu bestimmen und endlich die Schwerpunkte von Vorder- und Hinterwagen so zu legen, daß die Belastung der Zugkraft alle nur mögliche Erleichterung gewährt. Nun aber hängt die Lage der beiden Schwerpunkte oder das angemessene Belastungsverhältniß augenscheinlich von dem Punkte ab, in welchem der Schwerpunkt des Totalgewichts zu liegen kommt. Wir müssen uns demnach jetzt mit der Bestimmung dieses Punktes beschäftigen.

Zuerst werden wir zeigen, daß man gut thut, das ganze Gewicht auf alle vier Räder zu vertheilen, statt es nur von einer Achse tragen zu lassen; wir werden selbst beweisen, daß der Zug um so leichter wird, je mehr Räder vorhanden sind. Da alsdann jedes Rad weniger belastet ist, so könnten seine Abmessungen und sein Gewicht geringer gemacht werden, so daß der Druck auf den Erdboden sich nicht viel verändert und daß der daraus erfolgende Widerstand sich nicht beträchtlich vermehrt. Aber die Anstrengung der Bespannung wird augenscheinlich nur verringert, wenn die Wege

Unebenheiten darbieten; denn der Motor hat nicht mehr nöthig, zur Ueberwindung der Hindernisse eben so viel Kraft-Quantum zu verwenden. Es ist wahr, daß je mehr Räder vorhanden sind, man auch desto mehr Hindernisse antrifft, so daß es sich wohl ereignen könnte, daß bei einer bestimmten Zahl von Rädern die Summe des verbrauchten Kraft-Quantums dieselbe bliebe, als bei einer geringeren Zahl von Rädern. Allein man behält immer den Vortheil, daß bei jedem Hindernisse der Motor ein geringeres Kraft-Quantum verbraucht oder eine geringere Anstrengung macht, als wenn man bei einer bestimmten Zahl von Rädern eines Fahrzeugs den Durchmesser dieser Räder vergrößerte.

Wir wollen nun ferner annehmen, daß ein einziges Rad eine gewisse Last trüge; jeder Stoß dieses Rades gegen ein Hinderniß wird eine plötzliche Veränderung in der Geschwindigkeit der ganzen Masse des Systems nach sich ziehen, und der daraus erfolgende Verlust an lebender Kraft wird dem Total-Gewichte entsprechend sein, während in dem Falle, wo die Last auf mehrere Räder vertheilt wäre, der Stoß auf jedes Rad nur einen Verlust an lebender Kraft nach sich ziehen würde, der nur einem Theile des Total-Gewichts entsprechend ist. Wenn man hiergegen einwendet, daß bei Anwendung eines Rades oder mehrerer derselben am Ende einer Fahrt die Summe der Verluste immer dieselbe sein wird, so antworten wir wie vorhin, daß der durch jeden Stoß verursachte Verlust im zweiten Fall geringer sein wird und daß der Motor in einem gegebenen Augenblicke weniger Anstrengung zu machen hat, um die verloren gegangene Geschwindigkeit wieder zu ersetzen.

Man sieht hieraus, daß vierrädrige Fahrzeuge hinsichtlich des Zuges gegen die zweirädrigen im Vortheil stehen. Auch hinsichtlich der Erhaltung der Straßen sind die ersteren den letzteren vorzuziehen, weil sie nicht so tiefe Geleise einschneiden. Und wenn die Artillerie vermeiden soll, die Wege zu verderben, so geschieht dies nicht allein wegen des öffentlichen Interesses, sondern sie muß es auch zur Schonung ihrer eigenen Besspannungen beachten; denn wenn die ersten Fahrzeuge eines Parks Spuren und Löcher machen, so wird der Zug der hintersfolgenden erschwert.

92. Den Folgerungen, welche wir eben entwickelten, um den Einfluß der Zahl der Räder auf den Zug festzustellen, fügen wir

noch die Resultate mehrerer Versuche hinzu, welche zu seiner Ermittlung und Schätzung angestellt worden sind. Aus den Versuchen Desaguillers, im 2. Bande des Journals der Polytechnischen Schule, läßt sich schließen, daß eine Karre drei Pferde erfordern würde auf einem Wege, wo ein Wagen von demselben Gewichte mit gleicher Geschwindigkeit und gleicher Leichtigkeit von nur zwei Pferden gezogen wird. Der Englische Schriftsteller Joseph Stoures Fry, welcher sich sehr viel mit der Konstruktion der Räder, dem Zuge und der Erhaltung der Straßen beschäftigte, betrachtet es als eine durch lange Erfahrung bestätigte Thatsache, daß ein gutes Pferd mittelst eines Wagens 350 bis 400 Kg. mehr fortzuschaffen kann, als mit einer Karre. Er fügt hinzu, daß die Brauer in London, welche nur vier Fässer auf ihre früheren zweirädrigen Karren legten, jetzt sechs derselben auf den vierrädrigen Wagen legen, den sie auf seinen Rath eingeführt haben, und daß das Pferd weniger angestrengt wird. Endlich erwähnt derselbe Schriftsteller eines Postwagens mit acht Rädern, welcher von vier mittelmäßigen Pferden gezogen wurde, dreißig Reisende mit ihrem Gepäck aufnahm und die zwölf englischen Meilen von Bath nach Bristol (ungefähr fünf französische Postmeilen) in zwei Stunden zurücklegte.

Es ist demnach außer allem Zweifel, daß die Arbeit des Motors gleichmäßiger und der Zug erleichtert wird, wenn man die Zahl der Räder vergrößert und die Last so vertheilt, daß bei einem gegebenen Fahrzeuge jedes Rad einen Theil derselben trägt, so daß die Wirkung eines Hindernisses oder jedes Stoßes für das eine wie für das andere Rad gleich groß wird.

93. Eine solche Vertheilung erheischt, daß der Schwerpunkt der Last in der Längenebene des Fahrzeuges liegt, denn sonst würden die Räder der einen Seite stärker belastet sein als die der andern Seite.

Eben so muß die Zugkraft, welche den Widerständen des Erdbodens das Gleichgewicht hält, für den Vorder- und für den Hinterrwagen dieselbe sein.

Wenn diesem nachgekommen ist und wenn das Terrain keine festen Hindernisse darbietet, so müssen sich die Lasten der beiden

Achsen unter sich verhalten beinahe wie  $R \cos \phi$  und  $R' \cos \phi'$ , wie dies die Gleichung (II) Nr. 55. zeigt.

Sind aber Hindernisse zu überwinden, so ist das Verhältniß der Lasten geringer als das zuvor gegebene; denn wenn  $q$  die Kraft darstellt, welche ein mit dem Gewichte  $p$  beladenes Vorderrad benöthigt, um ein gewisses Hinderniß zu überschreiten, und wenn  $q'$  die Kraft ausdrückt, welche das mit dem Gewichte  $p'$  belastete Hinterrad unter denselben Umständen erheischt, so hat man

$$q = q' \text{ oder } \frac{pp'}{q} = \frac{pp'}{q'} \text{ oder auch } p' \frac{p}{q} = p' \frac{p'}{q'}$$

Aber das Verhältniß  $\frac{p}{q}$  ist die Kraft des Vorderrades (48) und  $\frac{p'}{q'}$  die Kraft des Hinterrades. Die Achsbelastungen müssen demnach den Kräften der Räder ein und derselben Seite proportional sein.

Da bei einer gegebenen Lage des Schwerpunktes die Lasten der Achsen sich umgekehrt verhalten wie die horizontalen Entfernungen des Schwerpunktes von ihren Mittellinien, so ist es klar, daß der Schwerpunkt der ganzen Last in der Längenebene des Fahrzeuges und zwar so liegen muß, daß er den horizontalen Abstand der Mittellinien beider Achsen in zwei Theile zerlegt, welche sich umgekehrt verhalten wie die Kräfte der beiden Räder-Systeme oder wie die Kräfte der beiden auf einer Seite befindlichen Räder. Diese Anordnung erleidet indessen noch durch diejenigen Veränderungen eine Beschränkung, welche die Drucke der Achsen während der Bewegung erleiden, so wie außerdem auch noch die während des Marsches nöthige Stabilität der Deichsel zu berücksichtigen ist, wie wir dies bald sehen werden.

Anderer Rücksichten bewirken außerdem, daß diese Anordnung nicht als Grundsatz aufgestellt werden kann. Die Vorderräder müssen die Spuren einschneiden, und da sie zuerst bestimmte Hindernisse überschreiten, so vermindern sie die Höhe derselben, oder beseitigen sie gänzlich. Es wird folglich der Zug des Vorderwagens im Allgemeinen schwerer sein, als der des Hinterwagens. Es ist überdies vortheilhaft, die schräge Kraft, welche sich bei den Richtungsveränderungen auf die Deichsel äußert, zu vermindern, eine Kraft, welche den Bruch derselben verursachen könnte, wenn der Vorderwagen wie vorhin gesagt belastet und der Erdboden nachgiebig wäre.

Demnach muß also der Schwerpunkt mehr der Hinterachse genähert werden, als dies durch das umgekehrte Verhältniß der Kräfte zweier an einer Seite befindlichen Räder ausgedrückt wird.

Gribeauval wurde durch die Erfahrung bewogen, das Verhältniß von 2 zu 1 zwischen der Belastung von Hinter- und Vorderachse festzusetzen, wenn die Hinterräder höher als die Vorderäder waren. Bei den Fahrzeugen des neuen Systems, wo alle Räder gleich sind, ist das angenommene Verhältniß 3 : 2.

94. Zur Bestimmung der lothrechten Linie, in welcher der Schwerpunkt des Total-Gewichtes liegen muß, wird es nothwendig, die Fahrzeuge, deren Vorderwagen eine Ladung, und diejenigen, deren Vorderwagen keine solche Ladung führen, besonders zu betrachten.

Die Erfahrung zeigt, daß bei den ersteren, deren Deichsel durch den Motor getragen wird, der Schwerpunkt des Vorderwagens so liegen muß, daß die Pferde nur ein Gewicht von 14 K<sub>g</sub>. zu tragen haben. Was die Lage des Schwerpunktes des Hinterwagens betrifft, so wird derselbe durch die Bedingung bestimmt, daß eine gewisse Anzahl von Menschen im Stande sei, den vordern Theil des Obergestells zu heben. Sie hat keinen merklichen Einfluß auf das von den Pferden getragene Gewicht, vorausgesetzt, daß man den Verbindungspunkt von Vorder- und Hinterwagen sehr nahe an die Vorderachse bringt.

Die Fahrzeuge, deren Hinterwagen die ganze Ladung aufnimmt, haben immer eine Gegenstütze, und die Lage des Schwerpunktes wird dergestalt bestimmt, daß der Gegendruck, welchen das Obergestell in einzelnen Fällen auf dieses Stück äußert, kleiner ist als die Elasticität der Deichsel.

Wir beschließen diese Auseinandersetzungen über die horizontalen Entfernungen des Schwerpunktes von den Achsen mit der Bemerkung, daß man die Tragebäume und Deichselarme möglichst kurz machen, dann aber auch möglichst weit auseinander stellen müsse, damit ihre Tragweite vermindert, aber der Ladung kein Raum entzogen werde. Man muß überdies den Tragebäumen dadurch Tragkraft geben, daß man einen Theil der Last außerhalb des Raumes zwischen beiden Achsen legt.

95. Was die Höhe des Schwerpunktes betrifft, so ist sie auf horizontalem Erdboden ganz ohne Einfluß auf den Zug (66),

bergauf oder bergab aber erleiden die Lasten beider Wagengestelle um so mehr Veränderungen, je höher man den Schwerpunkt gelegt hat (67). Es ist daher nothwendig, ihn so nahe als möglich an den Erdboden zu bringen. Hieraus erhält man überdies ein noch weit wichtigeres Resultat: das Fahrzeug ist weniger dem Umwerfen ausgesetzt, d. h. ein Rad jedes Gestelles kann bei weitem höher stehen als das andere, sei es in Folge der schlechten Wege, oder eines Abhanges, ohne daß das System umgeworfen wird.

Um dies zu beweisen, wollen wir annehmen, eine Achse läge parallel mit der größten Neigung einer schiefen Ebene  $AB$  (Fig. 18). Das Fahrzeug befindet sich nur dann auf dem Punkt umzuwerfen, wenn die aus dem Schwerpunkte gefällte Lothrechte durch den Punkt geht, wo das am niedrigsten stehende Rad den Erdboden berührt. Der Schwerpunkt wird also in dieser Lothrechten  $CD$  liegen können und folglich im Punkte  $D$ , wo diese Lothrechte die Längenebene  $DE$  trifft. Nun ist  $\tan CDE = \frac{EC}{DE}$  und der Winkel  $CDE$ , dessen Schenkel senkrecht auf denen des Winkels  $ABF$  stehen, ist dem Neigungswinkel der Ebene  $AB$  gleich. Folglich ist  $\tan ABF = \frac{EC}{ED}$  und man sieht hieraus, daß der Abhang um so steiler sein kann, je kleiner die Entfernung  $ED$  des Schwerpunktes vom Erdboden und je größer die Hälfte der Auseinanderstellung  $EC$  beider Räder einer Achse ist.

### Die Stabilität der Deichsel.

96. Die Unebenheiten und das Nachgeben des Erdbodens streben, die Deichsel um die Richtung, welche sie auf einem vollkommen ebenen Wege beibehalten würde, schwingen zu lassen. Es ist aber wichtig, ein solche Wirkung dadurch zu verhindern, daß man diesem Theile eine beinahe stabile Lage giebt; denn große Schwingungen der Deichsel würden den Stangenpferden beschwerlich fallen, ja sie würden selbst diese Thiere und den Fahrer beschädigen können.

Die schwingende Bewegung der Deichsel ist horizontal oder vertical; bei den Fahrzeugen mit Gegenstöße aber wird die erstere genugsam durch den Widerstand verhindert, den der Vorderwagen

jeder Rotations-Bewegung um den Prognagel entgegen setzt. Ein Theil dieses Widerstandes rührt vom Erdboden her; der andere entsteht aus der Reibung, welche sich durch das Scheuern einzelner Theile mit den berührenden des Hinterwagens erzeugt. Die Wirkung dieser Reibung wächst mit den auf die sich berührenden Punkte wirkenden Drucken und mit den Entfernungen dieser Punkte von der Mittellinie des Prognagels.

Das Gewicht des Vorderwagens eines Fahrzeuges mit Gegenstüße ist das vorzüglichste Hinderniß, das man der Bewegung der Deichsel von unten nach oben entgegensezt; sein Schwerpunkt muß demnach stets vor der Vorderachse liegen. Diese Bewegung wird durch die Proskette begränzt, welche dazu bestimmt ist, die Verbindung von Vorder- und Hinterwagen in dem Fall zu erhalten, wo durch heftige Stöße der Prognagel das Prokloch verlassen würde, wenn er sich darin frei bewegen könnte.

Was die Senkung der Deichsel betrifft, so kann sie allein durch den Gegendruck des Obergestells auf die Gegenstüße verhindert werden, und damit dieser fortwährend sei, muß der Druck  $p''$  dieses Stückes niemals stark genug sein, den Hinterwagen zu heben, oder den Druck  $P_1''$ , den dieser auf den Achsschemel ausübt, auf Null zu bringen (72). Die Stabilität erheischt demnach, daß  $P_1''$  unter allen Verhältnissen des Zuges positiv sei, oder mit andern Worten: es folgt die Bedingung

$$P_1'' = \frac{Q_1 d' + P_1 a' - p'' (b' - c)}{b''} = S^2$$

Wenn man für  $p''$  seinen Werth substituirt (73), so giebt diese Gleichung

$$a' = \frac{b'' S_2}{P_1} + \frac{Pa + Qd}{P_1} \times \frac{b' - c}{c} - \frac{Q_1}{P_1} \left( \frac{b' - c}{c} d'' + d' \right) \quad (I)$$

als diejenige Entfernung, in welcher man den Schwerpunkt des Hinterwagens von der Mittellinie der Hinterachse legen muß, um die Stabilität der Deichsel zu sichern.

Aber  $a'$  und folglich auch  $S^2$  haben Gränzen. Aus ihren Werthen darf durch die Berührung des Hinterwagens und der Gegenstüße kein Druck erfolgen, welcher den Bruch der Deichsel verursachen könnte, wenn unter gewissen später anzugebenden Um-

ständen dieselbe durch die an die bewegliche Vorderbracke gespannten Pferde von oben nach unten gezogen wird.

Es sei nun  $X$  die größte lothrechte niederdrückende Kraft, die auf die Deichselspitze wirken kann, ohne der Elasticität dieses Theiles zu schaden. Für das Gleichgewicht hat man dann folgende Gleichungen

$$p'' c = Pa + Xl, p'' (l - c) = P_1 a'$$

Sie geben

$$p'' = \frac{Pa + Xl}{c}, a' = \frac{l - c}{c} \times \frac{Pa + Xl}{P_1} \quad (II)$$

Der Werth von  $p''$  ist der größte Widerstand, den das Obergestell dem Niedersinken der Deichselspitze entgegen stellen, und der von  $a'$  die größte Entfernung, welche zwischen dem Schwerpunkte des Hinterwagens und der Mittellinie der Hinterachse statt finden darf. Es muß also jeder aus der Gleichung (I) hervorgehende Werth von  $a'$  geringer oder höchstens gleich dem der Gleichung (II) sein.

97. Indessen kann man die Stabilität der Deichsel nur in den Fällen durch die bloße Entfernung  $a'$  bestimmen, wenn  $c$  durch andere Rücksichten festgestellt ist. Ein solcher Fall tritt ein, wenn der Prognagel auf der Gegenstütze steht, weil seine Entfernung von der Mittellinie der Vorderachse sich nach der Größe der Wendung, die das Fahrzeug machen soll, richten muß, während der Hebelarm von  $p''$  nicht mehr bestimmt ist, wenn dieser Nagel über der Vorderachse steht. In diesem Falle müßte man  $c$  einen willkürlichen Werth geben, um  $a'$  zu erhalten. Aber diese letztere Länge kann auch durch die Art des Dienstes bestimmt sein, wie dies wirklich bei der 12pfdigen Laffete Gribeauval's statt findet, welche sich auf ihre Proße bringen lassen muß, wenn das Rohr in seinen Schießlagern liegt. In einem solchen Falle wird die Stabilität der Deichsel nicht mehr durch  $a'$ , sondern durch die Entfernung  $c$  der Mittellinie der Vorderachse von der Gegenstütze bestimmt. Die Gleichung (I) giebt für diese Entfernung den Werth von

$$c = \frac{l (Pa + Xl)}{P_1 a' + Pa + Xl} \quad (III)$$

Macht man hier  $X = 0$ , was voraussetzt, daß die Wirkung

der Pferde ohne Einfluß ist, so findet man den geringsten Werth von

$$c = \frac{Pa \nu'}{P_1 a' + Pa} \quad (\text{IV})$$

Die Gleichung (I) giebt noch einen andern, von der Elasticität der Deichsel unabhängigen Werth von  $c$ ; dieser Werth ist

$$c = \frac{\nu' (Pa + Qd - Q_1 d'')}{P_1 a' + Pa + Qd - Q_1 (d'' - d') - \nu' S^2} \quad (\text{V})$$

und ändert sich mit den Kräften  $Q$  und  $Q_1$ .

Da die Entfernung  $c$  bei einem schon gebauten Fahrzeuge nothwendigerweise immer dieselbe bleibt, so muß die Form des Fahrzeuges die Größe  $d'$  so klein machen, daß  $d'' - d'$  sehr wenig von  $d''$  verschieden ist, und eben so muß sie die Differenz der Glieder, in welchen  $Q$  und  $Q_1$  vorkommen, auf Null bringen, damit die Veränderungen dieser Kräfte die für einen gewöhnlichen Weg bestimmte Größe  $c$  nicht verhindern, der Stabilität in jedem Terrain zu entsprechen.

Eben so muß man auch die Höhe der Deichselspitze über dem Erdboden in der Art festsetzen, daß die Richtung der Kraft der vorderen Pferde durch die Mittellinie der Vorderachse geht, wenn sich das Fahrzeug auf der Ebene bewegt, damit die Veränderungen in dieser Kraft, welche an einem großen Hebelsarm wirkt, unter gewöhnlichen Verhältnissen die Stabilität nicht stören können, ungeachtet des für die Größe  $c$  genommenen angemessenen Werthes.

98. Man müßte noch andere Kräfte in Betracht ziehen, wenn man aus der Theorie allein einen Werth für  $c$  finden wollte, der unter allen Verhältnissen der Deichsel Stabilität gewährt. Die Fahrzeuge befahren oft Wege, an deren Unebenheiten die Räder sich beständig stoßen. Trifft der Stoß die Hinterräder, so wird der Widerstand des Hinterwagens plötzlich vergrößert, und da die Zugkraft der Pferde nicht augenblicklich wächst, so erleidet der Vorderwagen eine Drehung, welche die Deichsel hebt. Die aufsteigende Bewegung wird dann theilweise durch das Gewicht der Deichsel und theilweise durch den Gegendruck aufgehoben, welcher von dem Obergestell sogleich auf den Theil des Achsschemels ausgeübt wird, der vor der Achse sich befindet.

Erleiden die Vorderräder den Stoß, so wird die Geschwindigkeit des Vorderwagens plötzlich vermindert; der Prognagel wird nicht mehr nach hinten gezogen; er kann selbst durch den Hinterwagen nach vorne gestoßen werden, und diese Wirkung oder die Wirkung der Stangenpferde verursacht ein Sinken der Deichsel, wenn der Gegendruck des Obergestells auf die Gegenstütze durch den Werth von  $c$  nicht hinlänglich groß gemacht worden ist.

Um demnach die Stabilität der Deichsel gänzlich der Einwirkung der Wege zu entziehen, muß man  $c$  durch die Gleichung (V) bestimmen, welche sich auf

$$c = \frac{P a l'}{P_1 a' + |P a - l' S^2}$$

reduzirt, und vorläufig für das Quadrat von  $S$  eine Zahl wählen, die dem holperigen Terrain angemessen ist.

Einen solchen Werth für  $S^2$  zu finden, wäre beinahe unmöglich; man muß sich daher an die Erfahrung halten. Diese zeigt, daß bei den Fahrzeugen mit Deichselträger (94) die Deichsel alle nur wünschenswerthe Stabilität hat, wenn sie die Stangenpferde mit 14 Kg. belastet. Hieraus folgt nun augenscheinlich, daß auch bei den Fahrzeugen mit Gegenstütze die Stabilität sehr nahe erhalten wird, wenn ihre Form den Gegendruck  $p''$  des Obergestells unter allen Verhältnissen fähig macht, der mit 14 Kg. belasteten Deichselspitze das Gleichgewicht zu halten. Setzen wir demnach in der Gleichung (III) für die lothrechte Kraft  $X$ , die wir als Gewicht wirkend angenommen hatten, den Werth 14 Kg., so erhalten wir eine Formel, welche  $c$  dergestalt bestimmt, daß die Stabilität in hinlänglichem Grade besteht, von welcher Beschaffenheit auch der Weg sein möge. Diese Formel ist

$$c = \frac{l' (P a + 14 \text{ Kg.} \times l)}{P_1 a' + P a + 14 \text{ Kg.} \times l}$$

99. Die Schwingungen, welche die Deichsel eines Fahrzeuges mit Deichselträger machen kann, sind ebenfalls zweierlei Art, horizontale und verticale. Die ersteren werden hinlänglich durch den Widerstand begrenzt, den der mit einer gewissen Geschwindigkeit begabte Vorderwagen jeder Kraft entgegen stellen kann, die ihn aus seiner Richtung zu bringen versucht, und ebenso durch die Reibung, welche die Arme des Trägers in den von der verticalen Drehungs-

achse weit abliegenden Ringen der Kummte erleiden. Die aufsteigende Bewegung wird durch das vor der Vorderachse wirkende Gewicht des Vorderwagens verhindert, und ein Sinken der Deichsel kann nicht stattfinden, weil die Deichselspitze durch die Kummte der Stangenpferde getragen wird.

Die Stabilität ist demnach bei den Fahrzeugen mit Deichselträger gesichert; aber es ist nothwendig, den auf die Kummte wirkenden Druck in der Art zu begränzen, daß die Pferde nicht beschädigt werden können.

Der allgemeine Werth für die Last der Pferde eines Fahrzeuges mit Deichselträger (78)

$$P'' = \frac{1}{l} \left[ Pa + Qd - Q_1 d'' - \frac{c}{l} (P_1 a' + Q_1 d') \right]$$

zeigt, daß diese Last mit den Kräften  $Q$  und  $Q_1$  sich verändert, d. h. mit der Bodenart und mit der Gestalt des Terrains, und die Erfahrung lehrt (98), daß eine Last von 14 Kg. vollkommen passend ist. Man muß demnach dies Gewicht niemals überschreiten.

Wenn man durch die Form des Fahrzeuges die Entfernungen  $d'$ ,  $d''$  und  $c$  gleich Null machen könnte, so hätte man für  $a$  nur das Resultat der Gleichung  $a = \frac{14 \text{ Kg. } \times l}{P}$  zu setzen. Es ist

aber unmöglich,  $d''$  und  $c$  gleichzeitig auf Null zu bringen; denn dies hieße in die Mittellinie der Vorderachse den Verbindungspunkt von Vorder- und Hintergestell legen. Eben so kann man nicht immer  $d$  gleich Null machen, oder die Mittellinie der Vorderachse durch die Richtung der hinteren Zugtaue schneiden lassen, weil diese Anordnung in gewissen Fällen entweder sehr niedrige Vorderräder oder das Aufgeben der Vortheile erheischen würde, welche aus dem der Zugkraft günstigsten Winkel entspringen.

Da man nun nicht gänzlich die Veränderungen von  $P''$  verhindern kann, so muß man sich darauf beschränken, sie so gering als möglich zu machen.

Hierzu gelangt man, wenn man den Verbindungspunkt von Vorder- und Hinterwagen so viel als möglich in das Niveau der Mittellinie der Vorderachse legt, um  $d''$  recht klein zu machen, wenn man einen Proghaken an der hintern Fläche dieser Achse anbringt, um für den Werth von  $c$  ein Minimum zu erhalten, und

wenn man endlich den Befestigungspunkt der hintersten Zugtaue in solcher Höhe anbringt, daß die Entfernung  $d$  so klein als möglich wird, ohne doch den für die Zugkraft günstigsten Winkel aufzugeben.

Indessen wird es noch besser sein, wenn  $d$  nicht gänzlich auf Null gebracht werden kann, doch  $d''$  so einzurichten, daß die Momente  $Qd$  und  $Q_1 d''$  sich auf horizontalen und gewöhnlichen Wegen aufheben; denn da die Kräfte  $Q$  und  $Q_1$  mit einander wachsen und abnehmen, so würde in allen andern Fällen eine Art von Ausgleichung stattfinden, so daß die Last der Stangenpferde die durch den Werth von  $a$  und durch das Minimum von  $c$  erhaltene Größe auf den gewöhnlichen Wegen niemals viel überschritte.

### Die Freiheit der Deichsel.

100. Als wir auf die Nothwendigkeit bestanden, die Deichsel stabil zu machen, haben wir damit nicht sagen wollen, daß Vorder- und Hinterwagen ein absolut unbiegsames System bilden müßten. Im Gegentheil, ein vierrädriges Fahrzeug muß so construirt sein, daß die Deichsel, wenn sie sich erhebt, mit ihrer gewöhnlichen Lage leicht einen Winkel bilden kann; denn würde diesem nicht nachgegeben, so würde sie beim Bergabfahren dem Zerbrechen ausgesetzt sein.

Denn wenn ein Abhang, der ohne zu hemmen herabgefahren werden kann, steil genug ist, daß die sich dem Rollen der Räder entgegensetzenden Hindernisse kleiner werden als die Kräfte, welche durch die Zerlegung der Gewichte von Vorder- und Hinterwagen parallel mit dem Erdboden wirken, so sind die Stangenpferde genöthigt, das Fahrzeug aufzuhalten, um nicht von der beschleunigten Bewegung mit fortgerissen zu werden. Diese Wirkung aber bringen sie durch die Steuerketten, den Brustriemen und das Hinterzeug hervor, indem sie mit einer nach rückwärts wirkenden Zugkraft auf die Deichselspitze wirken. Da nun dieser Angriffspunkt ihrer Kräfte niedriger liegt, als die Punkte, wo der Brustriemen mit den Steuerketten verbunden ist, so entsteht natürlich um die Mittellinie der Vorderachse eine Drehung, welche die Deichsel so lange hebt, bis die Richtung der Kraft mit dem Gleichgewicht am Vorderwagen übereinstimmt. Es ist demnach unerläßlich, daß die Art der Ver-

einigung beider Theile des Fahrzeuges diese Drehung erlaubt und selbst daß der Deichselträger dieser Drehung nicht entgegen wirkt, wenn die Deichsel durch die Pferde getragen wird.

101. Das Fahrzeug und seine Bespannung bewegen sich nicht immer auf derselben Ebene, wie wir es bis jetzt angenommen haben, im Gegentheile kommt es häufig vor, daß wenn die Artillerie ein wellenförmiges Terrain befährt, die Pferde an der Vorderbrücke sich auf einer ganz andern Ebene als das Fahrzeug befinden. Alsdann liegen die Punkte, wo die Zugtaue dieser Pferde an ihren Kummern befestigt sind, höher oder tiefer als die Vorderachse, und die Richtung der Kraft  $Q'$  trifft nicht mehr auf die Mittellinie dieser Achse.

Es sei  $l$  die Entfernung der Achse vom Einhängepunkt der Vorderbrücke und  $\pm \sin \psi$  der Sinus des durch die neue und durch die frühere Richtung von  $Q'$  gebildeten Winkels. Es ist klar, daß die Seitenkraft  $\pm Q' \sin \psi$  mit dem Hebelsarm  $l$  wirkt, um dem Vorderwagen eine drehende Bewegung zu geben. Das System, welches aus Vorder- und Hinterwagen mit beweglicher Vorderbrücke besteht, bedarf demnach nicht bloß beim Bergabfahren einer gewissen Biegsamkeit. Es ist wahr, daß wenn der Winkel  $\psi$  stets sehr klein wäre, so könnte die Deichsel vermöge ihrer Elasticität hinlänglich nach oben oder unten nachgeben, um ungeachtet der Unbiegsamkeit des Systems die neue Richtung  $Q'$  und die Mittellinie der Vorderachse in dieselbe Ebene zu bringen. Wenn aber das Terrain sehr wellenförmig wäre, so würde die durch die Elasticität gestattete Biegung nicht groß genug sein.

In dem Falle, wo die Richtung von  $Q'$  über die Rotationsachse fielen, würde die Kraft  $Q' \sin \psi$  durch die Gegenstütze einen Druck  $\frac{l}{c} Q' \sin \psi$  auch auf das Obergestell äußern und die Wirkung, die hierdurch auf die Deichselspitze entsteht, müßte kleiner sein als die Elasticität der Deichsel, weil sonst der vordere Theil des Hinterwagens gehoben würde, bevor die Wirkung der Elasticität gleich käme.

Wir müssen noch bemerken, daß wenn die Einrichtung des Fahrzeuges nicht erlaubte, der Deichsel diejenige Freiheit zu geben, welche sie auf wellenförmigem Terrain bedarf, so würde man genöthigt

sein, die Vorderbracke wegzulassen und sämtliche Pferde an einander zu spannen, um den Bruch derselben zu verhindern.

102. Besonders in sehr durchschnittenem Terrain bedarf das System, aus Vorder- und Hinterwagen bestehend, der Biegsamkeit. Wie auch die Vorder- und Mittelpferde angespannt sein mögen, es würde unfehlbar ein Bruch eintreten, wenn der Vorderwagen sich nicht frei um die Mittellinie seiner Achse drehen könnte.

Wir wollen zuerst annehmen, ein mit zwei Pferden bespanntes Fahrzeug hätte ein schmales Ravin **ABC** zu überschreiten und führe die Böschung **AB** (Fig. 19) herab. Es ist klar, daß das ganze System von der gegenüber liegenden Böschung **BC** aufgehalten würde, wenn die Deichsel parallel mit der Ebene **AB** bliebe, und dies träte selbst dann ein, wenn sie nicht in parallele Lage mit **BC** gebracht werden könnte, während das Obergestell parallel mit **AB** bliebe. Es ist demnach nothwendig, daß die beiden Pferde vermöge der Kummte und Steuerketten die Deichsel in dem Maße heben können, als sie selbst die Böschung **BC** ersteigen, bis endlich die Deichsel mit dem Obergestell einen Winkel bildet, der dem der beiden geneigten Ebenen beinahe gleich kommt und dieselbe Lage hat. Eine Einrichtung, die dem Vorderwagen keine solche Drehung erlaubte, oder bei welcher das System von Hinter- und Vorderwagen unbiegsam wäre, würde die Pferde in die Unmöglichkeit versetzen, ihre Bewegung fortzusetzen, ehe noch die Vorderräder an den Fuß der Böschung **BC** gelangt wären; denn sie könnten nur dadurch vorwärts kommen, daß sie das Fahrzeug um seine Hinterachse hoben, und diesen ungeheuern auf ihre Kummte wirkenden Druck auszuhalten, sind sie augenscheinlich nicht im Stande. Ueberdies würde die Deichsel als der schwächste Theil des Fahrzeuges unfehlbar brechen, ehe noch die Vorderräder gehoben wären.

Wir wollen jetzt zwei oder mehr Pferde hinzufügen und sie mittelst der Vorderbracke unabhängig von den Stangenpferden machen. Sie werden die Böschung **BC** ersteigen, wenn das Fahrzeug und die Stangenpferde noch auf der Ebene **AB** sind, und wenn sie nun gar nicht ziehen, so wird alles genau so hergehen, wie vorhin erwähnt wurde. Es kann sich indessen ereignen, daß ein Terrain beträchtliche Zugkraft erfordert oder daß gleichzeitig die Vorderpferde auf **BC** (Fig. 20), die Stangenpferde und der Vorderwagen

auf **AB** sich befinden, während die Räder des Hinterwagens noch auf einer dritten Böschung **AD** jenseits des Bergrückens sind. Hier müssen wenigstens die Pferde an der Vorderbrücke den Stangenpferden helfen; dann wird folglich die Deichsel gehoben, ehe noch die Stangenpferde die Böschung **BC** erreicht haben. In diesem Falle also müssen Vorder- und Hinterwagen nicht allein einen dem Ravin gleichen Winkel bilden können, sondern es müssen überdies die Steuerketten eine solche Länge haben, daß sie die aufsteigende Bewegung der Deichsel nicht verhindern, sonst würden die Stangenpferde sehr bedeutende Kräfte, die sich auf ihre Brustriemen von unten nach oben äußern, auszuhalten haben.

Wir wollen ferner annehmen, ein nur mit zwei Pferden bespanntes Fahrzeug solle eine Crete **ABC** (Fig. 21) überschreiten und die Böschung **AB** hinauffahren. Sobald die Bespannung anfängt, die jenseitige Fläche **BC** hinab zu gehen, so werden die Zugtaue von der Richtung der Deichsel abweichen; der Zug wird die Deichsel verhindern, mit **AB** parallel zu bleiben; sie wird sich der Ebene **AC** nähern müssen, und endlich eine mit dieser Ebene beinahe parallele Lage annehmen, wenn die Vorderräder auf der Spitze der Crete angekommen sind. Man muß also in diesem Fall, wenn kein Theil des Systems leiden soll, es in der Art zusammen setzen, daß Vorder- und Hinterwagen einen mit den beiden abfallenden Flächen gleichen und eben so liegenden Winkel bilden können.

Erlaubt die Einrichtung dem System keine solche Biegung, so wird es unbiegsam, ehe noch die Vorderräder den Gipfel erreichen, und von diesem Augenblicke an strebt die Zugkraft, es zu zerbrechen. Indessen könnte es widerstehen, wenn der Angriffspunkt der auf die Hinterbrücke wirkenden Kraft nahe genug an der Rotationsachse liegt. Wir wollen annehmen, es widerstehe wirklich; alsdann bildet die Deichsel fortwährend mit **BC** einen gewissen Winkel, so lange als die Hinterräder nicht auf dem Gipfel angekommen sind, und da die Bespannung mehr und mehr herabsteigt, so wird endlich ein Augenblick eintreten, wo die Steuerketten angespannt werden, wenn der Winkel **ABC** klein ist. Alsdann haben die Pferde großen Kräften zu widerstehen, die auf den Brustriemen von unten nach

oben wirken, und ihre Gegenwirkung kann den Bruch der Deichsel veranlassen.

Es sei nun, statt aus zwei Pferden, die Bespannung aus mehreren Pferdepaaren zusammengesetzt. Die Wirkungen der vor der Deichsel gespannten Pferde werden, wo sie auch angespannt sein mögen, die Wahrscheinlichkeit des Bruches noch vermehren, wenn die Deichsel nicht die angemessene Freiheit hat; in dem Falle, wo eine bewegliche Vorderbracke angewandt wäre, würde der Bruch der Deichsel unvermeidlich sein, und er könnte selbst stattfinden, ehe noch die Stangenpferde den Gipfel überschritten hätten.

Man sieht also, daß ein Fahrzeug ein sehr durchschnittenes Terrain nicht befahren kann, wenn seine Einrichtung dem Vorder- und Hinterwagen nicht gestattet, aus- und eingehende Winkel zu bilden, welche dem Systeme erlauben, sich unter allen Verhältnissen nach der Gestaltung des Terrains zu biegen. Die Gränzen dieser Winkel oder die Freiheit der Deichsel zu kennen, ist demnach für den Artillerie-Offizier ein wichtiger Gegenstand.

Als wir das Pferd als Motor betrachteten, sagten wir, die gegen den Horizont mit  $30^\circ$  geneigte Fläche sei ungefähr die steilste von angespannten Pferden passirbare Böschung; folglich ist das Minimum der ein- und ausgehenden Winkel, welche die von den Artillerie-Fahrzeugen zu passirenden Ravins oder Creten bilden,  $120^\circ$ , als Werth des dritten Winkels in einem gleichschenkligen Dreieck, dessen andere beiden Winkel  $30^\circ$  groß sind. Es muß also die Deichsel oberhalb und unterhalb ihrer gewöhnlichen Lage AB (Fig. 22) einen Winkel von  $60^\circ$ , als Supplement von  $120^\circ$ , bilden können, und die Deichselspitze muß sich, in Bezug auf diese Lage, um eine dem Produkte von  $3,50$  Met. und  $\sin 60^\circ$  gleiche Größe erheben oder senken können; denn  $3,50$  Met. ist die Entfernung der Mittellinie der Vorderachse vom vordern Ende der Deichsel. Soll also die Elasticität der Fahrzeugtheile niemals in Anspruch genommen werden, so muß wegen der Gestaltung des Terrains die Deichselspitze B die beiden äußersten Lagen B' und B'' annehmen können, welche mit dem Mittelpunkte A der Vorderachse ein gleichschenkliges Dreieck bilden, dessen Grundlinie B'B''  $6,06$  Met. beträgt, weil  $3,50 \text{ Met.} \times \sin 60 = 3,03 \text{ Met.}$  ist.

### Die Unabhängigkeit zwischen Vorder- und Hinterwagen.

103. Es ist nicht genug, daß das System, aus Vorder- und Hinterwagen bestehend, nach horizontaler Richtung biegsam ist; zwischen beiden Wagen muß auch eine solche Unabhängigkeit stattfinden, daß die Achsen in Bezug auf die horizontale Ebene nach verschiedenen Richtungen diejenigen Neigungen annehmen können, welche die Gestaltungen des Erdbodens mit sich bringen. Denn zuweilen wird in Folge von Unebenheiten oder von Löchern, die in den Geleisen sich nicht gleichmäßig einander gegenüber liegen, z. B. das rechte Rad des Vorderwagens höher als das linke stehen, während beim Hinterwagen das entgegengesetzte stattfindet. Wenn die Verbindungsart beider Wagengestelle den Achsen nicht vollkommene Freiheit gestattete, diese entgegengesetzt geneigten Lagen anzunehmen, so würde sich die Maschine fortwährend pressen; sie hätte selbst bei Stößen Erschütterungen auszuhalten, deren Intensität die Festigkeit der Verbindungen vernichten und zuweilen Brüche verursachen könnte.

104. Bei der Einrichtung der von Gribeauval für die Artillerie eingeführten Fahrzeuge findet diese Unabhängigkeit beider Gestelle von einander durchaus nicht statt. Dies entspringt aus der Anwendung des Lenkschemels und aus dem Einschneiden des Prognageloches in ein Holzstück, was sehr stark sein muß. Der Spielraum des Prognagels ist durch die Wände des Prognageloches dermaßen begrenzt, daß die Freiheit des Vorderwagens außerordentlich beschränkt ist und daß das System unbiegsam wird, sobald das Terrain nur einigermaßen durchschnitten ist. Es ist wahr, man könnte diesem Fehler dadurch abhelfen, daß man das Prognageloch und den Prognagel, in dem es sich befindet, durch einen Ring ersetzte, der dem der neuen Feldartillerie ähnlich wäre; aber um den Prognagel zu verhindern, daß er aus diesem Ringe herausgeht, sei es in Folge heftiger Stöße oder der verticalen Bewegungen der Deichsel, müßte man entweder eine Proskette, die immer noch die Biegsamkeit des Systems begränzte, anwenden oder die Länge des Prognagels bedeutend vergrößern, wodurch man in andere eben so schädliche Nachtheile verfallen würde. Es ist daher unmöglich, die Gribeauval'schen Fahrzeuge so einzurichten, daß sie sehr durchschnittenes Terrain passieren können.

Um unsere Behauptung vollständig zu rechtfertigen, wollen wir einen Prognagel annehmen, der wie bei den Gribeauval'schen Feldblaffeten grade über der Vorderachse stände, und die Länge aufsuchen, die man ihm geben müßte, wenn er in einem der ungünstigsten Fälle nicht aus einem Ringe gehen sollte, wenn z. B. die Deichsel gezwungen würde, das Maximum ihrer Senkung anzunehmen. Alsdann hebt das Lenkscheit die Laffete, und wenn  $h$  die Höhe ist, um welche die Deichselspitze  $b$  sich gesenkt hat, so ist die neue Lage  $a'$  des Stützpunktes  $a$  des Lenkscheites (Fig. 23) der Art, daß  $aa' = h \frac{a' B}{B b} = h \frac{c}{l}$  ist. Der Ring  $B$  hat demnach, in Folge der Senkung der Deichsel, auf dem Prognagel eine Entfernung  $BB'$  zurückgelegt, und diese Entfernung ist größer als die lothrechte parallel mit  $aa'$  geführte Linie  $BC$ . Die ganze Länge des Prognagels müßte demnach zum wenigsten gleich  $BC$  sein, d. h.

$$aa' \propto \frac{BE}{aE} = h \frac{c}{l} \propto \frac{l'}{l - c}.$$

Wenn man in diesen Ausdruck für  $h$  die früher gefundene Gränze (102) von 3,03 Met. substituirt und für die anderen Größen beispielsweise die Werthe für die 8pfündige Laffete, so wird man finden, daß dieses Fahrzeug Gribeauval's einen wenigstens 31 Zoll langen Prognagel haben müßte, der also um 21 Zoll länger wäre als der übliche.

Nehmen wir nun auch an, eine solche Länge schade dem übrigen System nichts, nehmen wir ferner an, daß man dem Prognagel einen Durchmesser geben könne, der ihn selbst für den Fall haltbar macht, wo die Kraft, die ihn zu zerbrechen strebt, am obersten Ende wirkt, so bleibt noch immer der große Fehler, daß die Vereinigung und Trennung des Vorder- und Hinterwagens sehr langwierig und schwierig sein würde; diese Operationen würden selbst unausführbar sein, wenn die Pferde angespannt wären. Es ist demnach wahr, daß die von Gribeauval angenommene Einrichtung keinesweges sich für die Fahrzeuge eignet, die eine große Beweglichkeit haben sollen, und dies ist die Hauptursache, warum man ein neues Material für die Feldartillerie eingeführt hat.

Die Gränzen der Unterbäume.

105. Die Batterie-Fahrzeuge befinden sich oft in der Nothwendigkeit, Ravins und Creten passiren zu müssen, und hieraus entstehen neue Bedingungen für ihre Einrichtung. Man fühlt wohl sogleich, daß wenn die Unterbäume nach hinten zu nicht angemessen begränzt sind, sie auf eine der Böschungen des Ravins aufstoßen können, während der Vorderwagen die andere Böschung hinaufgeht. Die Wirkung des Zuges würde mittelst des Stützpunktes, den die Unterbäume auf dem Erdboden finden, für diesen Fall sich bestreben, das Wagengestell in die Höhe zu heben, und diese Wirkung, der das Gewicht der Ladung und des Hinterwagens Widerstand leistet, würde mitunter einen Bruch verursachen.

Es können übrigens die Unterbäume, ohne den eben erwähnten Nachtheil herbeizuführen, um so mehr vor der Hinterachse nach hinten vorspringen, je höher sie liegen und je größer der Winkel des Ravins ist, oder je geringer die Böschungswinkel beider Abhänge sind; aber es ist auch klar, daß, um die Gewißheit zu haben, man werde bei Passirung von Ravins niemals durch die Unterbäume beschränkt, es vollkommen genügt, sie nach der äußern cylindrischen Oberfläche der Hinterräder zu begränzen, oder was dasselbe ist, sie nur um den Halbmesser dieser Räder vorspringen zu lassen.

Dieselbe Regel ist auf Fahrzeuge anwendbar, die kein sehr durchschnittenes Terrain zu passiren haben; denn wenn man die nach dieser Regel gegebene Länge überschreiten wollte, so müßte man den Unterbäumen eine große Stärke geben, damit sie nicht durch das hinter der Hinterachse liegende Gewicht zerbrochen werden.

106. Man muß alle Theile des Hinterwagens, welche höher als die Achse liegen, wie die Unterbäume behandeln. Was aber die niedriger liegenden Theile anbetrifft, so kann ihr Vorspringen nicht mehr durch den Halbmesser der Hinterräder bestimmt werden, sondern sie müssen stets nach der cylindrischen Oberfläche dieser Räder begränzt werden.

Dies zeigt uns, wie ein Vorrathsräd auf der hintern Seite eines Wagens angebracht werden muß. Wenn der unterste Theil dieses Rades über die cylindrische Oberfläche der Hinterräder hinaus-

reichte, so könnte er bei Passirung eines Ravins oder eines Grabens den Erdboden berühren, und es könnte kommen, daß der Trageschenkel zerbräche, oder daß das Vorrathsräd von dem Trageschenkel abglitte und sich so vom Wagen trennte.

**Die Gränzen für die Entfernung beider Achsen von einander.**

107. Die horizontale Entfernung  $l'$  beider Achsen von einander hat ebenfalls eine Gränze, die man nicht überschreiten darf, ohne sich des Vortheils zu berauben, scharfe Creten, wie sie mitunter in sehr durchschnittenem Terrain vorkommen, überschreiten zu können. Um diese Gränzen zu bestimmen, bemerken wir, daß in dem Augenblicke, wo beide Wagengestelle auf derselben Böschungsfäche  $AR$  (Fig. 24) sich befinden, die Entfernung des Gipfels  $B$  der Crete von der Ebene, welche die unteren Flächen aller vier Räder berührt, gleich Null ist, daß sie aber aufhört, dies zu sein, sobald der Vorderwagen auf die Böschungsfäche  $BC$  übertritt, daß sie alsdann so lange wächst, bis die Ebene, welche die unteren Flächen der vier Räder berührt, horizontal liegt, und daß sie nachher wieder abnimmt.

Hieraus folgt, daß die Entfernung des Gipfels der Crete von jener Ebene ihr Maximum erreicht hat, wenn die Ebene  $DE$  der Unterbäume horizontal liegt. Dies Maximum darf daher den Halbmesser  $R'$  der großen Räder nebst der Entfernung  $h$  der Unterbäume von der Mittellinie der Achse nicht übersteigen. Es entspricht aber für eine gegebene Crete dies Maximum dem Maximum der horizontalen Entfernung  $DE$  beider Achsen von einander; denn wenn man in dem Falle, wo der Gipfel  $B$  sich in der Ebene der Unterbäume befindet, die Entfernung  $DE$  vergrößern wollte, so könnten die Räder nicht mehr die beiden Böschungsfächen berühren, ohne daß jene Ebene tiefer als  $B$  zu liegen käme. Folglich ist die Länge, welche  $DE$  hat, wenn  $BF = R' + h$  ist, das Maximum der horizontalen Entfernung beider Achsen von einander.

Nehmen wir nun die steilsten Böschungen oder den auspringenden Winkel des Erdrandes zu  $120^\circ$  (102) an, so haben

$$\text{wir } EH = \frac{R'}{\sin 30^\circ}; \quad BH = \frac{h}{\tan 30^\circ}; \quad DG = \frac{R}{\sin 30^\circ};$$

$BG = \frac{De}{\text{tang } 30^\circ} = \frac{R' + h - R}{\text{tang } 30^\circ}$  und folglich wird die größte Länge, die man  $DE$  geben könnte, wenn man den Vortheil behalten will, die spitzeften Creten überschreiten zu können, durch die Gleichung

$$DE = \frac{R' + R}{\sin 30^\circ} + \frac{R' - R + 2h}{\text{tang } 30^\circ}$$

bestimmt.

108. Wenn alle Räder gleich groß sind, so ist die Differenz der Halbmesser gleich Null und  $DE = \frac{2R}{\sin 30^\circ} + \frac{2h}{\text{tang } 30^\circ}$

Dies ist demnach das Maximum der Entfernung beider Achsen von einander für die Fahrzeuge der neuen Feldartillerie. Da diese einen Block haben, und seine Unterkante mit der der Hinterachse bündig liegt, so ist für sie die Entfernung  $h$  negativ; da sie aber im Ganzen nur ungefähr 0,036 Met. beträgt, so können wir sie unberücksichtigt lassen und ganz einfach setzen  $DE = \frac{2R}{\sin 30^\circ}$ .

Wenn man für  $R$  seinen Werth 0,73 Met. setzt, so findet man, daß die horizontale Entfernung beider Achsen von einander höchstens 2,92 Met. betragen darf. Man muß sich indessen stets unterhalb dieser Gränze halten, und es wäre selbst zweckmäßig, wenn die Ladung es erlaubt, zwischen den beiden Rädern einer Seite nur den zum Dienst nothwendigen Raum zu lassen, d. h. den Raum zum Durchgehen eines Menschen; hierdurch würde man unter gewissen Umständen den Zug erleichtern.

Man begreift leicht, daß die Mittellinien von Vorder- und Hintergestell nicht immer eine einzige gerade Linie bilden; sie schneiden sich unter einem bestimmten Winkel, sobald ein Hinterrad einen merklich größern Widerstand findet als das andere, oder auch wenn der Hinterwagen in der Richtung seiner Achse auf einer geneigten Erdofläche gleitet. Alsdann wird die Kraft, mit welcher der Vorderwagen den Hinterwagen nachzieht, zerlegt, und es entsteht ein Kraftverlust, wobei außerdem die Hinterräder gezwungen sind, wenn der Erdboden nachgiebig ist, sich besondere Spuren einzuschneiden.

Nun besteht aber einer der Widerstände, die sich diesem Abweichen des Hinterwagens entgegensetzen, in der Reibung seines vorderen Theiles auf dem Vorderwagen, und wenn alle übrigen Umstände gleich angenommen werden, so wird dieses Abweichen um so leichter statt finden, je größer der Hebelsarm der Kraft, welche es erzeugt, im Vergleich zu dem Hebelsarm der Reibung zwischen beiden Gestellen ist. Folglich vermindert man für einzelne Fälle die Leichtigkeit des Zuges, wenn man die Entfernung der Achsen von einander vergrößert, und im Gegentheil erspart man Kraft, wenn man diese Entfernung verringert.

109. Uebrigens wird die Entfernung beider Achsen von einander durch die Art und Weise, wie die Last vertheilt werden muß, und durch den Raum, den sie in der Länge einnehmen kann, bestimmt; denn der Schwerpunkt der Last muß immer so liegen, daß die Belastung von Vorder- und Hinterwagen in einem bestimmten Verhältniß zu einander stehen (93), und folglich hängt von der Länge des Obergestells die Auseinanderstellung der Achsen ab, da der hintere Vorsprung der Unterbäume durch die cylindrische Oberfläche der Hinterräder begrenzt ist (105).

Indessen wenn man den Schwerpunkt der Last so hoch gelegt hätte, daß bei den zu überschreitenden Böschungen die eine oder die andere Achse der lothrechten Linie sehr nahe kommen könnte, in welcher das Total-Gewicht wirkt, so würde es zweckmäßig sein, dem Obergestell die größtmöglichste Länge zu geben, um so die Veränderungen der von den Achsen getragenen Lasten und folglich auch die Veränderungen des Verhältnisses zwischen ihnen zu vermindern. Hieraus folgt, daß man für die Entfernung beider Achsen von einander eine Länge annehmen muß, welche beinahe gleichviel von den angegebenen Gränzen (108) abweicht.

### Versuche von Edgeworth.

110. Es wird nicht ohne Interesse sein, zu sehen, daß die gründlichen Versuche von Edgeworth zwei unserer Grundsätze für die Form der Fahrzeuge (95 und 109) und selbst das aus der Theorie für die Wagen mit Federn (53) abgeleitete vollkommen bestätigen. Diese Versuche bilden zwei Klassen: die ersteren sind mit kleinen vierrädrigen Wagen im Maßstabe von  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{2}$  ange-

stellt worden; bei den anderen bediente man sich Fahrzeuge von gewöhnlichen Abmessungen. Bei den ersteren bestand der Weg aus einer horizontal gelegten Bohle, auf welcher hölzerne Hindernisse von 0,009 Met. Höhe angenagelt waren. Man veränderte die Entfernung der Achsen, so wie auch die Lage des Schwerpunktes der Last, und fand, daß weder die Höhe dieses Punktes über den Erdboden, noch die Länge des Obergestells irgend einen Einfluß auf den Zug haben, wenn der Boden hart, eben und nicht in der Richtung der Achsen geneigt ist (108).

Dieselben Versuche bewiesen überdies die Vortheile der Fahrzeuge mit Federn. Das Verhältniß der bei diesen Fahrzeugen angewandten Zugkraft zu der bei den Fahrzeugen ohne Federn war bei einer Geschwindigkeit von zwei englischen Meilen oder 1609 Meter in der Stunde  $\equiv 9 : 12$ ; bei einer Geschwindigkeit von  $3\frac{1}{2}$  Meilen  $\equiv 8 : 12$  und bei einer Geschwindigkeit von  $5\frac{1}{2}$  Meilen  $\equiv 6 : 12$ .

Die Versuche im Großen wurden mittelst einer Maschine, von Edgeworth Peiramer genannt, angestellt; sie bestand aus einem kleinen zweirädrigen Fahrzeuge, auf dem eine Achse mit einer großen horizontalen Rolle stand. Ein Tau lief in der Rinne dieser Rolle und war mit seinen Enden an die beiden Fahrzeuge befestigt, die man vergleichen wollte. Diese beiden Fahrzeuge waren nach gleichem Modell gebaut und unterschieden sich nur durch die Auseinanderstellung ihrer Achsen oder durch die Lage ihrer Schwerpunkte; es ist klar, daß derjenige Wagen, der eine größere Belastung bedurfte, um nicht rascher zu gehen als der andere, weniger Zugkraft erfordert. Allein man fand keinen merkbaren Unterschied, weder wenn man die Auseinanderstellung ihrer Achsen ungleich machte, noch auch wenn man die Schwerpunkte in verschiedenen Höhen anbrachte. Andererseits standen dagegen die Wagen mit Federn um so mehr im Vortheil, je beträchtlicher die Hindernisse, je größer die Geschwindigkeiten und je schwerer die Lasten waren, wie es auch bei den Versuchen im Kleinen statt fand.

### Der Winkel des geringsten Widerstandes.

111. Wir beschließen die Grundsätze für die Form und diesen zweiten Abschnitt mit der Aufzählung der Versuche, welche zur

Ermittelung des Winkels angestellt wurden, den die Zugtaue mit der Horizontalen bilden müssen, damit die bewegende Kraft beinahe ihr Minimum erreicht.

Es wird indessen nicht unangemessen sein, vorher zu zeigen, wie schwer sich Versuche bei Fahrzeugen ausführen lassen, wenn der Zweck derselben ist, die Kraft zu bestimmen, welche der Motor zum Transport eines bestimmten Gewichtes anwendet. Diese Kraft kann durch den Dynamometer für irgend einen Augenblick nur in dem Falle richtig angegeben werden, wenn weder eine Beschleunigung noch Verzögerung in der Bewegung statt findet, was ein sehr seltener und schwer erkennbarer Fall ist. Wenn unvermerkt Beschleunigung statt findet, so wird nothwendig die durch das Instrument angezeigte Kraft größer sein, als das Maß der Widerstände, so daß der Zeiger vorgehen kann, obgleich die Summe der Widerstände sich nicht verändert, oder stehen bleiben kann, obgleich die Widerstände kleiner geworden sind. Tritt eine Verzögerung ein, die dem Beobachter entgeht, so giebt der Dynamometer die Größe der Widerstände geringer an, als sie ist, und diese Widerstände können zugenommen haben, ohne daß der Zeiger seinen Platz verändert hatte.

Wenn man anstatt direkt die Zugkraft zu ermitteln, indem man das Mittel der nach und nach beobachteten Kräfte nimmt, sie dadurch bestimmen wollte, daß man das bei einem gegebenen Wege verbrauchte Kraft-Quantum durch die Länge des Weges theilte, so brauchte man die Beschleunigungen und Verzögerungen nicht in Rechnung zu ziehen, weil man annehmen kann, es hätte zwischen ihnen eine Ausgleichung statt gefunden; aber man müßte alle Veränderungen des Dynamometers anmerken, jede Angabe des Zeigers mit der Länge des Weges multipliciren, der während der Zeit zurückgelegt worden ist, wo das Zeichen constant geblieben, und alle Producte zusammen addiren, um das ganze Kraft-Quantum zu erhalten. Wenn nun auch die Ausmessung jeder einzelnen Wegestrecke keine Schwierigkeit darbietet, so sieht man wohl ein, daß dies hinsichtlich der Beobachtung des Instruments nicht eben so ist, wenn die Spannung der Zugtaue schnell zwischen sehr verschiedenen Gränzen wechselt, wie es bei holprigen Wegen vorkommt. Bei einem solchen Falle sich darauf zu beschränken, von Zeit zu Zeit

die Zahlen des Zeigers zu beobachten, und ihr Mittel als die constante Kraft anzunehmen, die mit der Wegestrecke multiplicirt werden muß, hieße sich großen Irrungen aussetzen.

Endlich müßte man ebenfalls die Kraft  $Q$  in dem Augenblicke beobachten, wo der Motor das Fahrzeug aus dem Stande der Ruhe bringt, wenn man haben wollte, daß der mittlere Werth auf die Mehrzahl der Fälle passe, und es wäre beinahe unmöglich, gerade den Moment des Entstehens der Bewegung zu bemerken. Jedoch würde die Messung der Widerstände sehr der Genauigkeit entbehren, wenn der Dynamometer nur in dem Augenblicke beobachtet wird, wo das Fahrzeug bereits eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat; denn diese Geschwindigkeit könnte durch ganz verschiedene Kräfte erreicht sein, nur daß die größere Kraft sie schneller hervorbringt, als die kleinere.

Hieraus können wir schließen, daß man in die Resultate der bisher über Fahrzeuge angestellten Versuche wenig Zutrauen setzen kann. Da die Schriftsteller die so eben angedeuteten Schwierigkeiten nicht erwähnt haben, so muß man glauben, daß sie nicht alle nöthige Vorsicht anwandten, Fehler zu vermeiden, oder wenigstens ihre Ursachen zu verringern oder zu entkräften. Die Bestimmung der mittleren Kraft durch die Resultate der bis jetzt angestellten Versuche kann demnach nur als eine einfache Annäherung angesehen werden; allein man muß aus Mangel an genauen Werthen sich mit ihr begnügen. Aus diesem Grunde wollen wir die Resultate der Versuche anführen, die uns mit der größten Sorgfalt ausgeführt scheinen.

112. Eine Kommission von Artillerie-Offizieren in Metz wurde beauftragt, die Fahrzeuge des neuen Systems mit denen des Systems Gribeauval zu vergleichen; sie arbeitete mit zwei achtpfündigen Laffeten, mit eingelegten Geschützröhren. Da die Laffete der modificirten englischen Artillerie beträchtlich höhere Progradier hat als die Proge Gribeauvals, so vermuthete man, ihr Zug sei leichter. Indessen zahlreiche in allen Terrainarten ausgeführte Märsche ließen keinen Unterschied bemerken, weder in der für beide Fahrzeuge benötigten Zugkraft, noch in der Anstrengung der Stangenpferde zum Aufhalten beim Bergabfahren. Aber diese erste Vergleichung war weit entfernt zu genügen, weil sie sich nur

auf die scheinbare Anstrengung der Pferde und auf die beim Bergabfahren von den Fahrzeugen angenommene Geschwindigkeit begründete. Die Kommission mußte demnach den Dynamometer von Regnier anwenden.

Um das Pressen zu vermeiden, welches stets auch von unangetriebenen Pferden hervorgebracht wird, ließ man die Fahrzeuge von Menschen mittelst zweier Bäume ziehen, welche so an ein Tau befestigt waren, daß jeder Theil desselben die Länge der Zugtaue, nämlich 2,40 Met. hatte. Damit der Zugwinkel constant und derselbe bleibe, unter welchem gewöhnlich die Kräfte der Pferde wirken, brachte man an jeden Baum ein Bleiloß von 1,20 Met. Länge an, welches die Leute nöthigte, den Baum in der mittleren Höhe der Kummthöse zu erhalten. Man erhielt hierdurch die in der folgenden Tabelle aufgeführten Resultate.

System	Höhe der		Zug- win- kel.	Total- Ge- wicht des Fahr- zeuges	Last der		K r ä f t e			
	Vor- der- Räder.	Hin- ter- Räder.			Vor- der- Achse.	Hin- ter- Achse.	auf Anger		auf gepflüg- tem Felde	
							beim An- fah- ren.	wäh- rend des Mar- sches.	beim An- fah- ren.	wäh- rend des Mar- sches.
							Rg.	Rg.	Rg.	Rg.
Gribeauval	42"	54"	12°	Rg. 1653	Rg. 494	Rg. 794	Rg. 180	Rg. 71	Rg. 350	Rg. 132
Modificirtes Englisches	54	54	5-6	1678	520	784	190	81	400	192

Das mittlere Verhältniß von P zu Q während des Marsches auf gepflügtem Felde war demnach beinahe 12 bei dem Fahrzeuge des alten Systems unter einem Zugwinkel von 12°, während es nur 8,7 bei dem Fahrzeuge des neuen Systems war, dessen vier Räder gleich hoch sind, das aber unter einem Winkel von nur 5 bis 6° fortgezogen wurde.

Um besser beweisen zu können, daß die Verminderung des Zugwinkels die Ursache sei, weshalb die Wirkung eines Unterschiedes von 12 Zoll in der Höhe der beiderseitigen Progräder verschwand, ließ die Kommission den Befestigungspunkt der Tauen bei dem Fahrzeuge des neuen Systems verändern, so daß die Kraft

unter verschiedenen Winkeln wirken konnte. Sie erhielt so folgende Resultate:

Zugwinkel.	mittlere Kraft beim Anfahren.	Bemerkungen.
5° 45'	73 Kg.	Das Terrain war hart, vollkommen eben und von geringem Regen feucht.
10 20	60	
11 32	55	

Man sieht aus dieser Tabelle, daß die erforderlichen Kräfte abnehmen, je mehr man sich dem Zugwinkel von 12° nähert.

Ein anderer Versuch mit einem 4pfündigen Geschütze des Systems Gribeauval, dessen Proze und Lafete mit mehreren sehr schweren Gegenständen belastet waren, zeigte, daß die Kräfte wieder zunehmen, sobald der Winkel von 12° überschritten wird. Die nachstehende Tabelle giebt die Resultate des Versuches, der ebenfalls auf hartem und ebenem Boden ausgeführt wurde.

Zugwinkel.	mittlere Kraft beim Anfahren.	Bemerkungen.
0° 0'	139 Kg.	
7 23	140 "	
12 —	126 =	
15 —	145 =	
17 20	152 =	

113. So lange also nicht zahlreichere als die angeführten Versuche, mit noch genaueren Instrumenten angestellt, den vorhin mitgetheilten Resultaten widersprechen, kann man den Winkel von 12° als wenig abweichend von demjenigen betrachten, der im gewöhnlichen Terrain am meisten die Zugkraft begünstigt.

Da übrigens der Winkel von 12° auf einem ebenen und festen Boden das Minimum der Kraft giebt, so müßte, um bei Vergrößerung der Widerstände das Minimum zu erhalten, die Neigung der Zugtaue um ein wenig größer sein, z. B. wenn die Beschaffenheit des Weges den Zug erschwert (83); denn dieser Fall erfordert augenscheinlich, daß der Druck auf den Boden ver-

minbert werde. Wenn es sich im Gegentheile darum handelt, einen Abhang hinauf zu fahren, so muß der Zugwinkel vermindert werden; es würde selbst angemessen sein, wenn die Zugtaue alsdann parallel mit dem Abhange liefen, weil der Haupt-Widerstand die Kraft  $P \sin \psi$  ist, welche in einer der Bewegung entgegengesetzten Richtung wirkt (81). Da aber die in schlechten Wegen entstehenden Rads Spuren merklich die Neigung der Zugtaue vermehren, da ferner die Stellung der Pferde beim Bergauffahren diese Neigung um ein geringes vermindert und endlich da steile Böschungen seltener vorkommen, als schwierige Wege, so kann man den Befestigungspunkt der Zugtaue am Fahrzeuge so anbringen, daß auf horizontalem und festem Erdboden die Pferde unter einem Winkel von  $12^\circ$  ziehen.

Diese Neigung gehört überdies zu denjenigen, unter welchen ein Pferd das Maximum seiner Kraft entwickeln kann, wie wir dies gesehen haben (8); sie vereinigt demnach allgemein alle Vortheile, und wenn man durch ihre Annahme strenge genommen auch nicht das Maximum der Wirkung erhält, so kann man doch gewiß sein, daß man sich nicht weit davon entfernt.

### Dritte Abtheilung.

#### Geleise, Wendung und Hemmung der Fahrzeuge.

Wir theilten die Fahrzeuge in zwei Klassen; sie sind beide getrennt in den vorhergehenden Abtheilungen von uns näher beleuchtet worden. Indessen ist in der zweiten Abtheilung ihre allgemeine Theorie noch nicht vollständig, und da das noch Fehlende sowohl die Fahrzeuge mit zwei als mit vier Rädern betrifft, so wollen wir aus demselben eine besondere Abtheilung bilden.

#### Das Geleise der Fahrzeuge.

114. Das Geleise eines Fahrzeuges ist die Urseinanderstellung der beiden Räder, welche sich um dieselbe Achse drehen; es wird auf dem Erdboden von der Mitte der Felgenbreite des einen Rades bis zur Mitte der Felgenbreite des gegenüberstehenden Rades gemessen, oder was dasselbe ist, von der inneren Fläche der Felgen des einen Rades bis zur äußern Fläche der Felgen des andern.

Man giebt dem Vorder- und Hintergestell eines vierrädrigen Fahrzeuges gleiches Geleise, damit die Felgen des Hinterwagens in die Spuren der Vorderräder eingreifen, was den Zug erleichtert. Aus demselben Grunde giebt man auch allen Fahrzeugen, die bestimmt sind, in der Kolonne zu marschiren, gleiches Geleise. Eben so ist das Geleise der Belagerungs- und der Feld-Artillerie gleich, weil beide gleiche Wagen haben.

Es besteht daher in der Artillerie nur ein einziges Geleise. Gribeauval setzte es auf 56½ Zoll fest, d. h. auf das Doppelte des Halbmessers des höchsten von ihm für die Feld- und Belagerungs-Fahrzeuge benutzten Rades. Dies Verhältniß besteht noch. Man könnte kein größeres annehmen, ohne die Zahl der Terrainstellen zu vermehren, welche die Fahrzeuge nicht passiren können; man könnte kein kleineres annehmen, ohne die Fahrzeuge dem leichteren Umwerfen auszusehen (95). Eine lange Erfahrung hat überdies bewiesen, daß eine Geleisebreite von der Höhe der Räder die wenigsten Unbequemlichkeiten mit sich bringt.

115. Da die zwei- und vierrädrigen Fuhrwerke dasselbe Geleise haben, so folgt, daß, wenn der Schwerpunkt bei beiden Arten gleich hoch liegt, die ersteren eine geringere Stabilität haben oder leichter umwerfen als die anderen.

Denn wir wollen annehmen, die aus dem Schwerpunkte gefällte Lothrechte falle bei einer Karre außerhalb des Raumes zwischen beiden Rädern. Der einzige Widerstand, der sich dem Umwerfen dieses Fahrzeuges entgegenstellt, ist die Reibung des Tragegurtcs auf dem Tragesattel oder des Bauchgurtcs an den Bauch des Gabelpferdes, und da diese Reibungen schwach sind, so wird die Thätigkeit des Gewichtes ihre Wirkung hervorbringen, wenn nicht der in die Höhe steigende Gabelbaum sich an das Pferd legt, statt über dasselbe fortzugehen. Aber in diesem Falle läuft das Thier die größte Gefahr, umgerissen zu werden, besonders bei schnellen Gangarien und folglich ist die Anlehnung des Gabelbaumes an das Pferd eher ein Nachtheil der Karren als ein Vortheil.

Wenn ein vierrädriges Fahrzeug auf einer Ebene fährt, welche so stark geneigt ist, daß Vorder- und Hintergestell zugleich umwerfen können, so wird dies wie bei der Karre weder durch

die Einrichtung des Fahrzeuges, noch durch die Art der Anspannung verhindert. Wird aber dieser Unfall auf irgend einem Terrain dadurch herbeigeführt, daß durch eine Erhöhung oder durch ein Loch im Wege nur ein einziges Rad eines Gestelles gehoben oder versenkt wird, so können die Stellung und der Druck des vorderen Gestelles in manchen Fällen diesen Unfall verhindern. Droht der Vorderwagen umzuwerfen, so muß die Gegenstütze das Obergestell mit heben und umstürzen; ist der Hinterwagen bedroht, so muß er den mittelst des Prognagels mit ihm verbundenen Vorderwagen nachziehen. Selbst wenn die Verbindung dieser beiden Theile auch nur aus einem Ringe und einem Haken, wie bei den Fahrzeugen mit Deichselträger, bestände, so würde diese Verbindungsart dennoch immer ein Hinderniß abgeben, welches in sehr vielen Fällen genügte, das Umwerfen des Systems zu verhindern.

### Die Wendung der Fahrzeuge.

116. Je kleiner der Raum ist, den ein Fahrzeug zur Ausführung einer halben Wendung bedarf, und je weniger Verhältnisse die Directionsveränderungen unmöglich machen können, um desto leichter und schneller lassen sich die Manöver ausführen. Die beste Einrichtung wird demnach diejenige sein, welche den zu einer Wendung nöthigen Raum zu einem Minimum oder die Lenkung möglichst kurz macht. Wir wollen die Mittel zur Erfüllung dieser wichtigen Bedingung auffuchen.

Zuerst bemerken wir, daß die Achsen eines Fahrzeuges von selbst eine rechtwinkliche Lage gegen die Richtung der Bewegung annehmen. Wenn sich demnach ein zweirädriges Fahrzeug in gradener Linie bewegt, so sind im Allgemeinen die auf einander folgenden Lagen der Achse rechtwinklich auf die Richtung des Motors, und wenn das Fahrzeug sich auf einem Kreisbogen bewegt, oder auf einer gebrochenen Linie, die man für einen Bogen annehmen kann, so liegt die Achse beständig in den Radien des Bogens, weil die Bewegung fortwährend ihre Richtung verändert, wie eine bewegliche Tangente. Hat das Fahrzeug vier Räder, so sind die beiden Achsen im Allgemeinen mit einander parallel, wenn die Bewegung auf gradener Linie stattfindet; bei einer Kreisbewegung aber sind ihre successiven Lagen auf einen festen Punkt gerichtet.

Die Gründe für diese Erscheinung liegen darin, daß das System immer von selbst diejenige Stellung annehmen muß, welche den Gesamt-Widerstand zu einem Minimum macht, und daß die Reibung der Buchsen gegen die Achschenkeln nicht so groß ist, wenn die Mittellinie der Achse rechtwinklich gegen die Richtung des Zuges liegt, als wenn sich diese Linien unter schiefem Winkel schneiden. In diesem letzteren Fall würde wirklich eine Zerlegung der Zugkraft eintreten; die mit der Mittellinie der Achse parallel gehende Seitenkraft würde die Achse längs der Buchse gleiten lassen, eine neue Reibung hervorbringen und bald dahin wirken, die Räder auf der Erde seitwärts zu schieben, wodurch ein übergroßer Widerstand erzeugt würde. In diesem letztern Fall treten dieselben Verhältnisse ein, als ob eine Zugkraft in sehr spitzem Winkel gegen die Mittellinie der Achse wirkte, und die Räder würden sich nicht mehr drehen.

117. Da der Mittelpunkt der Bogen, welche von den verschiedenen Punkten eines zweirädrigen Fuhrwerkes bei den Richtungsveränderungen beschrieben werden, stets in der Mittellinie der Achse oder in ihrer Verlängerung liegen muß, so ist es klar, daß ein solches Fahrzeug sich auch wenden kann, indem es sich um den Punkt dreht, wo eines der Räder auf dem Erdboden aufsteht. Auf diese Art führt man auch gewöhnlich die Richtungsveränderungen mit der Karre aus, wenn es an Platz fehlt, um einen größeren Kreis zu beschreiben.

Wibbann beschreibt das äußerste Ende A des dem Drehpunkte B (Fig. 25) gegenüber liegenden Gabelbaums den größten aller von den verschiedenen Punkten des Fahrzeuges beschriebenen Bogen. Es sei nun  $e$  der Halbmesser AB dieses Bogens,  $l$  die Entfernung AC des Punktes A von der Mittellinie der Achse und  $b$  die horizontale Entfernung BC des Drehpunktes B von dem Gabelbaume AC. Man erhält die Gleichung

$$e = \sqrt{l^2 + b^2}$$

welche folgenden Grundsatz einleuchtend macht: die Wendung eines zweirädrigen Fahrzeuges ist um so kürzer, je schmaler das Geleise und je kürzer die Gabelbäume sind.

Es ist übrigens ersichtlich, daß man noch kürzer wenden könnte, wenn man den Punkt F, wo die Mittellinie der Achse die Längen-

ebene des Systems trifft, als Drehpunkt annahme, und würde man hierdurch noch das Hinderniß vermeiden, welches durch das trichterförmige Einwühlen des sich drehenden Rades im Erdboden entsteht.

118. Ein aus Vorder- und Hinterwagen bestehendes Fahrzeug kann sich ebenfalls um ein Rad drehen, der Drehpunkt liegt dann nothwendig da, wo ein Hinterrad auf dem Boden aufsteht, und es ist außerdem zu einer solchen Bewegung nothwendig, daß die Vorderachse eine solche Lage annehmen kann, daß ihre Verlängerung durch den Drehpunkt geht, oder mit anderen Worten: die Mittellinien beider Achsen müssen mit einander einen bestimmten, beinahe rechten Winkel bilden können, welcher Bedingung aber die Einrichtung fast aller Artillerie-Fahrzeuge widerstreitet. Aus diesem Grunde steht die Karre in Bezug auf den zu einer Wendung nöthigen Raum gegen das vierrädrige Fahrzeug in großem Vortheil, und dieser Vortheil ist so wichtig, daß er die einzige Ursache ist, warum man bei dem neuen Material der Belagerungs-Artillerie die Karre beibehalten hat.

119. Da der Winkel, welchen eine Achse mit der andern bilden kann, auf die Größe des zur Wendung nöthigen Raumes einwirkt, so müssen wir ihn in den Ausdruck für den Halbmesser des durch die Deichselspitze beschriebenen Bogens einführen. Zu diesem Ende bezeichnen wir ihn durch die veränderliche  $\gamma$  und nennen ihn den Lenkungswinkel.

Bei einem vierrädrigen Fahrzeuge sind zwei Fälle zu betrachten: der erste Fall ist, wo der Prognagel grade über der Mittellinie der Vorderachse steht; beim zweiten Falle befindet er sich hinter derselben. Wir wollen uns zuerst mit dem ersten Falle beschäftigen und lassen demnach den Vorderwagen sich um den Prognagel **D** (Fig. 26) so weit drehen, daß die Mittellinie seiner Achse durch irgend einen Punkt **B** geht, um welchen die Drehung geschehen soll. Diese vorbereitende Bewegung wird ohne irgend eine Bewegung des Hinterwagens geschehen, und die hierzu erforderliche Kraft besteht nur in der, welche zur Ueberwindung des durch das Terrain den Vorderädern entgegen gestellten Widerstandes nöthig ist.

Hat sich der Vorderwagen gedreht, so ist der Halbmesser  $e$  der Wendung **BA**, und man hat

$$e = \sqrt{AD^2 + BD^2}$$

Es sei nun  $l'$  die Entfernung **CD** der Mittellinien beider Achsen von einander bei paralleler Lage,  $l$  die Entfernung **AD** der Mittellinie der Vorderachse von der Deichselfspitze **A**. Hieraus folgt

$$BD = \frac{l'}{\sin y} \text{ und } e = \sqrt{l^2 + \frac{l'^2}{\sin^2 y}} \quad (I)$$

Der Ausdruck für  $e$  zeigt, daß dieser Halbmesser ein Minimum ist, wenn  $\sin y$  sein Maximum erreicht und wenn die Längen  $l$  und  $l'$  so klein sind, als sie nur werden können. Nun erreicht  $\sin y$  sein Maximum, wenn  $BD = l'$ , d. h., wenn der Mittelpunkt **B** der Wendung lothrecht unter der Mitte **C** der Hinterachse liegt. Soll also ein vierrädriges Fahrzeug, dessen Prognagel über der Achse steht, auf dem kleinst möglichen Raume eine Wendung machen können, so müssen beide Achsen möglichst nahe an einander liegen der Vorderwagen muß nur grade die durchaus nothwendige Länge haben, und die Einrichtung des Fahrzeuges muß der Vorderachse gestatten, bis in die Längenebene des Hinterwagens kommen zu können, und dann sich das Fahrzeug selbst um eine Lothrechte durch die Mitte der Hinterachse drehen.

120. In dem Falle, wo der Prognagel **O** zwischen den beiden Achsen liegt (Fig. 27), kann der Vorderwagen nicht mehr die zur Wendung des ganzen Systems nothwendige Stellung annehmen, ohne daß der Hinterwagen sich auch um einen Punkt der Mittellinie seiner Achse dreht, weil der Punkt **O** genöthigt ist, sich zu bewegen. Wenn daher das Erdreich der Bewegung der Hinterräder einen starken Widerstand entgegenstellte, so wäre es möglich, daß die auf die Deichsel wirkende Kraft groß genug würde, um dieselbe zu zerbrechen.

Die beim vorigen Fall gebrauchte Bezeichnung soll auch hier beibehalten werden; wir haben aber außerdem noch die Entfernung **OD** des Prognagels von der Mittellinie der Vorderachse zu beachten, die wir  $c$  nennen wollen. Ziehen wir nun **OE** parallel mit **BD**, und **EF** parallel mit **OD**, so haben wir

$$BD = DF + FB = OE + FB = \frac{l' - c}{\sin y} + \frac{c}{\tan y} = \frac{l' - c}{\sin y} + \frac{c \cos y}{\sin y}$$

$$= \frac{l' - c (l - \cos y)}{\sin y}$$

und folglich

$$e = \sqrt{l^2 + \left[ \frac{l' - c (1 - \cos y)}{\sin y} \right]^2} \quad (\text{II})$$

Diese Gleichung zeigt, daß das Minimum von  $e$  dem Minimum von  $\cos y$ , dem Maximum von  $\sin y$  und  $c$ , und den kleinsten Werthen entspricht, welche  $l$  und  $l'$  erhalten können.

Die Bedingungen, die man zu erfüllen hat, um ein vierrädriges Fahrzeug der angenommenen Art so einzurichten, daß es sich in dem kleinst möglichen Raume wenden läßt, bestehen daher in den für den erst genannten Fall geltenden und in der Bedingung, daß die Entfernung des Prognagels von der Mittellinie der Vorderachse so groß als möglich sein muß.

Wenn man die Gleichung (I) und (II) mit einander vergleicht, so ergibt sich ebenfalls, daß von zwei vierrädrigen Fahrzeugen, bei denen  $l$  und  $l'$  dieselben sind, und die man um einen, in einer bestimmten Entfernung von einem der Hinterräder abliegenden Punkt drehen will, zur Ausführung einer halben Wendung dasjenige Fahrzeug weniger Raum gebraucht, dessen Prognagel zwischen beiden Achsen liegt, als das Fahrzeug, dessen Prognagel über der Mittellinie der Vorderachse steht. In der Wirklichkeit indessen ist die Differenz der Halbmesser beider Wendungen sehr unwichtig; denn die Entfernung  $c$  ist immer so klein, daß die Größe  $c (1 - \cos y)$  nicht 0,03 der Entfernung beider Achsen übersteigt.

Wenn nun aber auch die Stellung des Prognagels zwischen beiden Achsen keinen großen Vortheil bei den um einen bestimmten Punkt auszuführenden Wendungen gewährt, so gestattet sie doch, um einen dem Fahrzeug näher liegenden Punkt zu wenden, oder mit anderen Worten: sie erlaubt den beiden Achsen, einen größeren Lenkungs-Winkel zu bilden, als man bei einem Fahrzeuge erhalten könnte, dessen Prognagel über der Vorderachse steht. Dies wollen wir gleich zeigen.

### Der Lenkungswinkel.

121. Unter denjenigen Größen, welche auf die Größe des zu einer halben Wendung nöthigen Raums bei den zwei Arten der vierrädrigen Fahrzeuge einwirken, befinden sich einige, die durch andere mit der Directionsveränderung in keiner Verbindung stehenden

Bedingungen bestimmt werden und die man daher nicht abändern darf, um den zur halben Wendung nöthigen Raum zu verkleinern. Dies sind im Allgemeinen die Länge des Vorderwagens und die Entfernung beider Achsen von einander. Man erreicht also die Absicht, den Fahrzeugen die möglichst kürzeste Lenkung zu geben, nur dadurch, daß man sie dergestalt baut, daß der Lenkungswinkel möglichst wenig vom rechten Winkel abweicht; denn im Allgemeinen wird man es schwerlich erreichen, denselben  $90^\circ$  groß zu machen.

Denn ist der Prognagel über der Achse angebracht, so kann der Lenkungswinkel nur in dem Falle ein rechter werden, wo die Erhöhung der Unterbäume oder des Blockes, je nach dem eingeführten Systeme, den Vorderrädern gestattet, unter diese Theile zu gehen; aber alsdann wird das Auf- und Abladen sehr schwierig, und bei der großen Erhöhung des Schwerpunkts wirft das Fahrzeug leicht um. Diese Nachtheile kann man aber durch die Verkleinerung des Halbmessers der Vorderräder nicht vermeiden, weil hierdurch wiederum der Zug beträchtlich erschwert würde.

Wenn der Prognagel zwischen beiden Achsen steht, so kann man bei jeder Höhe der Räder und Unterbäume den Lenkungswinkel gleich einem Rechten machen, wenn man  $e$  gleich dem Halbmesser der Vorderräder plus der halben Breite des Dbergestells macht, aber viele Gründe verbieten, den Prognagel soweit von der Vorderachse abzustellen.

Da der Lenkungswinkel nicht gleich einem Rechten gemacht werden kann, so muß er mindestens  $40^\circ$  groß sein. Die Erfahrung hat die Nothwendigkeit dieser niedrigsten Gränze für diejenigen Fahrzeuge gezeigt, deren Achsen 8 bis 9 Fuß aus einander stehen, wie bei dem System Gribbeauval. Wenn man sich aber mit einem solchen Werth von  $y$  begnügte, so könnte man die halbe Wendung auf Wegen von weniger als 28 Fuß Breite nicht mehr ausführen, und bei raschen Wendungen, wo die Pferde nicht ganz genau geführt werden können, würde es oft vorkommen, daß ein Vorderrad an das Dbergestell stieße, plötzlich festgehalten würde und einen Stützpunkt abgäbe, vermittelst welchem das System umgeworfen würde, wenn die Deichsel nicht bräche. Die ernsthaften Folgen und die Wahrscheinlichkeit eines dieser beiden Unfälle machen es sogar wichtig, die Kürze der Wendung lieber durch einen großen Lenkungs-

winkel als durch eine nähere Zusammenstellung der Achsen zu erhalten.

122. Um die Mittel finden zu können, durch welche der Lenkungswinkel einen großen Werth erhält, muß man die Abmessungen der Fahrzeuge auffuchen, welche auf diesen Winkel einwirken. Zu diesem Ende wollen wir ein Fahrzeug betrachten, dessen Unterbäume auf beiden Achsen aufliegen, wie bei den Parkwagen.  $AB$  bezeichne die Längsachse des Systems (Fig. 28),  $AC$  die Mittellinie der Vorderachse,  $DE$  die äußere Fläche des rechten Unterbaumes und  $FG$  die innere Fläche des Vorderrades; wir wollen ferner annehmen,  $G'$  sei der Punkt, wo dies Rad den Unterbaum  $DE$  berührt, wenn bei einer Wendung das Vorderrad durch das Obergestell aufgehalten wird, und endlich mag  $O$  die Mittellinie des Spannnagels bezeichnen.

Da der Lenkungswinkel durch die Richtung der Mittellinie beider Achsen während der halben Wendung gebildet wird (119), so ist er dem Winkel gleich, welcher durch die gewöhnliche Lage der Vorderachse und durch die Lage derselben gebildet wird, wenn die Verlängerung ihrer Mittellinie durch den Mittelpunkt der Wendung geht. Aber in welcher Art auch die vorbereitende Bewegung statt findet, so kann man ihr dennoch den Spannnagel zum Drehpunkte geben, wenn man den Hinterwagen feststehend annimmt. Folglich wird der Lenkungswinkel auch durch die gewöhnliche Lage und durch die neue Lage jeder geraden horizontalen Linie gebildet, welche von irgend einem Punkte des Vorderwagens nach der Mittellinie des Spannnagels gezogen wird. Es bezeichnet also der Bogen  $GG'$ , den der Punkt  $G$  beschreibt, wenn er bis an den Unterbaum  $DE$  gelangt ist, den größten Lenkungswinkel, welchen das betrachtete System geben kann.

Es ist augenscheinlich, daß der Winkel  $GOG'$  mit der Höhe der Unterbäume über dem Erdboden wächst; ein größerer Theil des Rades geht alsdann unter das Obergestell und der Bogen  $GG'$  wird nothwendig größer. Die Höhe der Bäume aber hat eine Gränze, die man nur in dem Falle überschreiten darf, wo ihre Länge es unmöglich macht, durch andere Mittel eine hinlänglich kurze Wendung zu erlangen, was namentlich beim Haket statt findet. Im Allgemeinen muß man also die Vergrößerung des

Lenkungswinkels der Fahrzeuge nicht durch die Erhebung der Unterbäume zu bewirken suchen.

Liegen **DE** und **AC** in derselben Ebene, so ist **G** das Ende eines horizontalen Halbmessers, und der Winkel **GOG'** hat seinen geringsten Werth.

Das Minimum des Lenkungswinkels entspricht demnach dem Falle, wo die Erhöhung der Unterbäume dem Halbmesser der Vorderräder gleich ist.

Bei einer geringeren Erhöhung würde **GOG** wiederum wachsen; sollte dies aber statt finden, so müßte der Verbindungspunkt beider Wagengestelle tiefer liegen als die Mittellinie der Vorderachse, und so liegt er nicht. Ein solches System würde indessen mehr Stabilität haben, als jedes andere; der Schwerpunkt des Hinterwagens läge minder hoch über dem Erdboden, und stieße ein Vorderrad an das Obergestell an, so könnte dieses nicht in die Höhe gehoben werden und eben so wenig die Verbindung beider Wagen zerbrechen, oder der Hinterwagen umwerfen. Solche Unfälle sind unvermeidlich, wenn man Unterbäume anwendet und ihnen eine solche Erhöhung giebt, daß diese sich der Höhe der Vorderräder nähert; dies kam auch zuweilen bei den Gribeauval'schen Munitionswagen vor.

123. Man könnte den Lenkungswinkel auch dadurch wachsen lassen, daß man die Auseinanderstellung der äußeren Flächen der Unterbäume verminderte: der Punkt **G'** würde dann im Kreisbogen weiter vom Punkte **G** abliegen (Fig. 28). Diese Auseinanderstellung aber hängt von dem Raum ab, den die Beladung des Wagens erheischt, und wenn auch die einzelnen Abmessungen der Ladung verändert werden können, so ist es doch unmöglich, ihre Breite zu vermindern, ohne die Entfernung der Achsen oder die Erhöhung des Schwerpunktes zu vergrößern, da das Volumen der Ladung unveränderlich bleibt. Deshalb kann man nicht immer über die Auseinanderstellung der Unterbäume zu Gunsten der Wendungen verfügen.

Wir beschränken uns demnach auf die Bemerkung, daß es immer vortheilhaft ist, die Unterbäume durch einen Block zu ersetzen, wenn die Abmessungen der Ladung es erlauben. Wenn alsdann die Achsen sehr weit auseinander stehen, so erhält man

einen hinlänglich großen Lenkungswinkel, selbst wenn man zur Erleichterung des Zuges ziemlich hohe Vorderräder anwendet, und ist der Hinterwagen nur kurz, so behält der Lenkungswinkel noch eine hinreichende Größe, wenn man die Vorderräder eben so hoch macht als die Hinterräder.

Die Gleichheit der vier Räder bietet einen zu großen Vortheil, als daß wir nicht andeuten sollten, wie man den Fall erkennen kann, wo die Ladung, welche ein Fahrzeug aufnehmen soll, die Anwendung eines Blockes beim Hinterwagen gestattet. Man braucht nur zu untersuchen, ob die Ladung nicht den Raum einnehmen wird, in welchem sich ein oder das andere Vorderrad bewegt, um die zur kürzesten halben Wendung nöthige Stellung anzunehmen. Diese Untersuchung erfordert nur die Berechnung der Entfernung  $AB$ , der gewöhnlichen Lage der Mittellinie  $AH$  der Vorderachse vom Punkte  $B$ , wo das Rad an den Block  $BC$  stößt (Fig. 29). Diese Entfernung besteht aus den beiden Theilen  $AC$  und  $BC$ . Die letztere ist

$$BC = \sqrt{CD^2 + BD^2}$$

Wenn wir aber annehmen, daß der Spannnagel zwischen beiden Achsen in  $O$  ist, so ist  $CD$  das halbe Geleise, weniger der halben Breite der Radeschienen, die Horizontale  $BD = BE - DE$ , und  $BE$  läßt sich sehr leicht aus dem Halbmesser des Rades und aus der Erhöhung des Blockes finden. Was  $DE$  oder  $CF$  betrifft, so ist sie gleich  $OG - OC$ . Statt  $OC$  kann man die halbe Breite des Blockes setzen; hieraus folgt, daß  $DE$  ein wenig zu groß, und  $BD$ , so wie  $BC$  ein wenig zu klein ist. Dieser Fehler wird ziemlich ausgeglichen, wenn man  $AC$  gleich  $OG$  setzt.

Der Fall, wo der Spannnagel auf der Achse steht, ist zu einfach, um sich dabei aufzuhalten.

124. Man könnte den Lenkungswinkel auch noch vergrößern, wenn man das Geleise vergrößerte, ohne die Auseinanderstellung der Unterbäume zu verändern, und wenn man die Höhe der Räder verminderte. Das Geleise ist indessen auf  $56\frac{1}{2}$  Zoll festgesetzt, und mehrere wichtige Rücksichten widersehen sich seiner Abänderung (114). Der Halbmesser der Räder hat einen zu großen Einfluß auf den Zug, als daß man daran denken könnte, vom Maximum ihrer

Höhe viel abzubrechen. Man kann selbst sagen, diese Höhe sei das letzte, was man zur Vergrößerung des Lenkungswinkels verändern darf.

125. Endlich wird dieser Winkel um desto größer, je näher der Spannnagel an dem Hinterragen liegt. Um dies zu zeigen, nehmen wir an, der Spannnagel liege zuerst in A (Fig. 30), d. h. über der Vorderachse. Alsdann ist nach dem Vorigen (122)  $GAG''$  der Lenkungswinkel. Legen wir nun den Verbindungspunkt der Wagengestelle weiter rückwärts, z. B. nach O, so wird dieser Winkel  $GOG'$ , und der Punkt G' ist von der Vorderachse weiter entfernt als G'', wenn der Bogen  $GG'$  die Linie AB jenseits des Durchschnittspunktes von  $GG''$  trifft. Da nun diese Bogen sich in G schneiden, so können sie sich nur jenseits der durch die Mittelpunkte gelegten geraden Linie AO zum zweiten Male schneiden, und da die gebrochene Linie  $AO + OG$  oder  $OJ$  größer ist als  $AG$ , so muß der Bogen  $GG'$  nothwendigerweise AB in einem Punkt J treffen, der weiter von A entfernt ist als der Punkt, wo  $GG''$  diese gerade Linie schneiden wird. Es ist daher die schräge Linie  $GG'$  länger als die schräge Linie  $GG''$ , und da der Halbmesser  $OG$  kleiner ist als  $AG$ , so ist es klar, daß der Bogen  $GG'$  mehr Grade mißt, als der Bogen  $GG''$ .

Auf dieselbe Art kann man beweisen, daß der Lenkungswinkel sich in dem Maße vergrößert, als der Spannnagel sich dem Punkte O' nähert, in welchen die von G auf AB gefällte Senkrechte trifft.

Was die Lagen betrifft, welche weiter von A als von O entfernt sind, so vergrößern sie ebenfalls den Lenkungswinkel; um sich aber hiervon zu überzeugen, muß man andere Mittel zur Hülfe nehmen. Wenn wir zuerst bemerken, daß der Winkel  $GO''B$  größer ist als der Winkel  $GO'B$ , so bleibt uns nur noch übrig, das Verhältniß zwischen den Winkeln  $G^{IV}O''B$  und  $G''O''B$  zu untersuchen. Nun sind die Sinus  $G^{IV}H''$  und  $G''H''$  dieser Winkel gleich, und der Halbmesser  $O''G$  des ersteren ist größer als der Halbmesser  $O''G$  des zweiten. Es hat folglich der Winkel  $G^{IV}O''B$  für den Halbmesser 1 den kleinsten Sinus, oder auch  $G^{IV}O''B$  ist kleiner als  $G''O''B$ , woraus folgt, daß der Lenkungswinkel  $GO''G^{IV}$  größer ist als der Lenkungswinkels  $GO''G''$ .

126. Aber daß der Wendung gegenüber liegende Vorderrad setzt der durch Zurücksetzung des Spannnagels hervorgebrachten Vergrößerung eine Gränze; denn wenn in Folge einer gewissen Lage des Verbindungspunktes von Vorder- und Hintergestell dies Rad durch den auf derselben Seite liegenden Unterbaum aufgehalten wird, bevor noch das gegenüber liegende Rad durch den andern Baum aufgehalten würde, so könnte der Lenkungswinkel nicht die Größe erreichen, die er haben sollte. Dieser Fall ist aber möglich, wie wir sehen werden.

Wenn der Spannnagel über der Vorderachse steht, so findet das für das eine Rad geltende auch bei dem andern statt, und die Unterbäume können nach vorne unendlich verlängert werden, ohne daß der Lenkungswinkel sich verändert. Wenn aber der Punkt  $O$  zwischen beiden Achsen liegt, so verhält es sich anders: während der Punkt  $G$  den Bogen  $Gg$  (Fig. 31) beschreibt, so beschreibt ein Punkt  $G'$ , der im linken Rade liegt, und von  $O$  eben so weit entfernt ist als der Punkt  $G$ , einen Bogen  $G'D'$  gleich  $Gg$ , und jeder in demselben Rade zwischen  $F'$  und  $G'$  liegende Punkt beschreibt einen größern Bogen, der nicht mehr zwischen den Parallelen  $D'E'$  und  $F'G'$  liegen kann, so daß wenn der Unterbaum  $D'E'$  über  $D'$  hinaus nach vorne verlängert würde, das linke Rad früher als das rechte aufgehalten würde. Es muß sich also der Baum in  $D'$  endigen, im Fall der Spannnagel in  $O$  liegt, wenn der Lenkungswinkel so groß sein soll, als er es sein kann; oder auch wenn das Ende des Baumes durch einen vor  $D'$  liegenden Punkt begränzt wird, so muß der Verbindungspunkt in der Linie  $AB$  in gleicher Entfernung von diesem Punkte und von  $G$  abliegen, d. h. die Lage des Spannnagels wird durch den Schnitt der Mittellinie  $AB$  und einer in der Mitte von  $GD'$  senkrecht stehenden Linie bestimmt, wenn das vordere Ende des Unterbaumes im Voraus gegeben ist.

Hiernach ist es klar, daß der Punkt  $O$  um so weiter hinter die Vorderachse zu liegen kommt, je weniger  $D'$  vor derselben vorsteht; denn die Linie  $GD'$  wird um so kürzer, je weniger sie gegen  $AB$  schief liegt, und die Senkrechte auf ihr muß  $AB$  um so entfernter schneiden. Folglich wird die Entfernung  $AO$  oder  $c$  des Spannnagels von der Mittellinie der Vorderachse, so wie der Len-

kungswinkel ein Maximum werden, wenn die vorderen Enden **D** und **D'** der Unterbäume lothrecht über dieser Mittellinie liegen.

Es sei  $k$  die Entfernung **CG** dieser Mittellinie von dem Punkte, mit welchem das an der Seite der Wendung liegende Rad den Unterbaum berührt,  $e$  die halbe Breite des Obergestelles,  $b$  die Entfernung eines Rades von der äußern Fläche des parallel gegenüber liegenden Unterbaumes, so ist  $b - e$  das halbe Geleise weniger der halben Breite der Radeschienen und man hat  $c^2 = \text{OD}'^2 - e^2 = \text{OG}'^2 - e^2 = (b - e)^2 + (k - c)^2 - e^2$ , woraus folgt

$$c = \frac{(b - e)^2 + k^2 - e^2}{2k} \quad (\text{III})$$

Dies ist die Gränze für die Entfernung, in welcher die Mittellinie des Spannnagels sich hinter der Mittellinie der Vorderachse befinden darf; diese Gränze gestattet, durch einfache Zeichnung den größten Lenkungswinkel zu erhalten, den ein Fahrzeug mit Unterbäumen haben kann, und es muß beim Bau eines Fahrzeuges das Bestreben dahin gerichtet sein, diesen Winkel so viel als möglich zu erreichen.

127. Man kann übrigens den Werth des Sinus vom Winkel **GOg** oder  $y$ , als Funktion von  $c$ , leicht finden. Da  $\text{GOg} = \text{GOB} - g\text{OB}$  ist, so ist  $\sin y = \sin \text{GOB} \cos g\text{OB} - \sin g\text{OB} \cos \text{GOB}$ . Nun ist  $\sin \text{GOB} = \frac{b - e}{\text{OG}}$ ,  $\sin g\text{OB} = \frac{e}{\text{OG}}$ ,  $\cos \text{GOB} = \frac{k - c}{\text{OG}}$ ,  $\cos g\text{OB} = \sqrt{1 - \frac{e^2}{\text{OG}^2}}$  und  $\text{OG} = \sqrt{(b - e)^2 + (k - c)^2}$ ; folglich

$$\sin y = \frac{(b - e) \sqrt{(b - e)^2 + (k - c)^2 - e^2} - e(k - c)}{(b - e)^2 + (k - c)^2} \quad (\text{IV})$$

Substituirt man für  $c$  sein Maximum oder macht man  $c = 0$ , je nach den Umständen, so findet man durch die Gleichung (IV) den größten Werth des Lenkungswinkels für ein bestimmtes Fahrzeug und verbindet man die Gleichungen (II) und (IV) mit einander, so erhält man in Bezug auf den zweiten Fall das Minimum des Halbmessers der Wendung.

### Hemmungs-Arten.

128. Als Schluß unserer Abhandlung über die Fahrzeuge haben wir noch eine Beschreibung und Prüfung der verschiedenen gebräuchlichen Hemmungsarten zu geben, d. h. der verschiedenen Mittel, durch welche man bei bestimmten Abhängen der Wirkung des Total-Gewichts entgegen wirkt, um die zum Aufhalten des Systems erforderliche Kraft der Stangenpferde zu vermindern (58).

Es ist leicht einzusehen, daß eine vollkommene Hemmart folgenden Bedingungen entsprechen muß: 1) sie darf den Widerstand nur um so viel vermehren, als dies die Böschung und die Beschaffenheit des Erdbreichs erfordert; 2) sie muß gestatten, daß man mit denjenigen Theilen der Radeschienen, welche sich gegen den Erdboden reiben, abwechseln kann; 3) sie muß ein leichtes und schnelles Hemmen und Enthemmen erlauben; 4) sie darf weder die Unabhängigkeit der beiden Wagengestelle von einander, noch den Gebrauch des Fahrzeuges beschränken, und endlich 5) muß sie einfach und haltbar sein.

### Die Hemmung der Frachtwagen.

129. Die bei der Mehrzahl der Frachtwagen gebräuchliche Hemmungsart ist beinahe vollkommen: das Hemmmittel besteht in einem Stücke Holz, in dessen beiden Enden zwei Reibeplatten angebracht sind; diese beiden Platten drückt man mittelst einer Schraube, die durch das Holz geht und eine feststehende Mutter hat, gegen die Radeschienen.

Da der Mechanismus unter dem Obergestell und noch hinter der Hinterachse liegt, so behalten Vorder- und Hinterwagen ihre Unabhängigkeit von einander, und der Gebrauch des Wagens, oder der Transport der Beladung wird nicht beschränkt. Ein einziger Mensch reicht hin, um schnell zu hemmen oder die Hemmung zu beseitigen, ohne das Fahrzeug anzuhalten, da er nur die Kurbel der Schraube nach der einen oder andern Seite zu drehen braucht. Der Druck der Platten gegen die Radeschienen kann je nach der Steilheit des Abhanges und der Härte des Erdbodens abgemessen werden, wodurch man den sehr großen Vortheil erlangt, die rückwärts wirkende Kraft der Stangenpferde zu vermindern und selbst auf Null zu bringen, ohne die Räder gänzlich am Vorwärts-

drehen zu hindern. Hierdurch bleiben die Räder beinahe in den beim Transport gewöhnlichen Verhältnissen und erleiden keine außergewöhnliche ihr Verderben verursachende Einwirkung; denn die Reibung der Platten kann nicht als sehr schädlich angesehen werden, da sie auf die ganze Ausdehnung der Schienen vertheilt ist und auch auf dem längsten Abhange die Dicke der Schienen nicht merkbar verringern kann. In dem Falle endlich, wo man genöthigt ist, den Rädern das Drehen zu benehmen, wird es leicht, mit der den Erdboden berührenden Fläche der Schienen abzuwechseln und so die starke Abnutzung, welche aus der fortwährenden Reibung ein und derselben Punkte entstehen würde, zu verhindern; man braucht hierzu nur den Druck der Platten während eines einzigen Augenblicks zu vermindern, und auch nur gerade so viel, daß sich die Räder etwas wenigere drehen.

Unglücklicherweise ist die Hemmart der Frachtwagen zu zusammengefaßt und nicht haltbar genug, um für die Artillerie zu passen; überdies würde sie wegen der Lage, die sie hat, bei dem Gebrauch mehrerer Arten von Fahrzeugen nachtheilig sein.

#### Die Gribeauval'sche Hemmung.

130. In der Artillerie hemmt man nur ein Rad und zwar immer eins der Sattelseite, weil der Fahrer sich auf dieser Seite befindet. Diese Hemmungsart hat zwar den Nachtheil, daß sie nicht erlaubt, auf der Handseite zu hemmen, was bei manchen Böschungen von Vortheil wäre; allein dieser Fall tritt sehr selten ein, und man vermeidet außerdem die Abnutzung des gehemmten Rades durch einen von Zeit zu Zeit auszuführenden Umtausch.

Es gab im System Gribeauval zwei verschiedene Hemmmittel: das erste war für die Fahrzeuge der Feldartillerie bestimmt und bestand in einer Hemmkette; das zweite war das Hemmtau, welches bei allen Fahrzeugen benutzt werden konnte, insbesondere aber beim Belagerungstrain angewandt wurde.

Die Hemmkette Gribeauval's bestand aus zwei ungleich langen Ketten, welche von einem großen mit dem Obergestell fest verbundenen Ringe ausgingen. Die längste Kette hing nach der Seite des Hinterwagens zu und endigte in einen zweiten Ring. Das Ende der kürzeren Kette war ein Schließhaken. Sollte

gehemmt werden, so führte man die längere Kette zwischen Felge und Nabe unter einer Speiche durch ihren Ring wieder nach vorne und steckte durch ihn den Schließhaken. Ein dritter Ring, der in einer mittleren Schake der kürzeren Kette hing, diente dazu, den zurückgebogenen Schließhaken an dieser kürzeren Kette festzuhalten und folglich so die ganze Kette zu schließen.

Eine solche Hemmungsart gestattet es augenscheinlich nicht, das von ihr ausgehende Hinderniß der Steilheit der Böschungen und der Härte des Erdbodens angemessen zu verändern. Ist einmal die Kette angespannt, so dreht sich das gehemmte Rad nicht mehr, und die Schiene reibt auf dem Boden im Verhältniß zu dem normalen Drucke, d. h. um so mehr, je geringer der Böschungswinkel ist, ganz entgegengesetzt wie es statt finden sollte. Da man weder einz noch aushaken kann, ohne das Fahrzeug still halten zu lassen, so wird der Marsch der Kolonne bedeutend verzögert, wenn die Zahl der Fahrzeuge groß ist, und man ist gezwungen, ein und denselben Theil der Radeschienen den ganzen Berg hinunter reiben zu lassen. Hieraus entsteht eine sehr beträchtliche Abnutzung, wenn der Abhang lang, steil und holperig ist und besonders wenn das Fahrzeug schwer beladen ist.

Uebrigens ist die Kette in dem Augenblicke, wo man aushaken will, so angespannt, daß man diese Operation nicht ausführen kann, ohne das Fahrzeug zurückzuschieben.

131. Indessen muß man anerkennen, daß diese Hemmungsart alle nur wünschenswerthe Einfachheit und Festigkeit besitzt und daß die an das Obergestell befestigte Hemmkette, indem sie eine Felge des Hinterrades umfaßt, der Unabhängigkeit beider Wagengestelle von einander keinen Abbruch thut. Das Fahrzeug kann seine Richtung, während es gehemmt ist, verändern, ohne daß die Spannung der Kette aufhört, was nicht statt finden könnte, wenn diese Kette an dem einen Wagengestell befestigt wäre und die Felge eines Rades vom andern Gestelle umfaßte. Eben so wahr ist es, daß der Gebrauch der Laffeten und der übrigen Fahrzeuge weder durch das Hemmen selbst, noch auch durch die Art, wie der Apparat beim Nichtgebrauch befestigt ist, im geringsten beschränkt wird. Endlich muß man einräumen, daß, so wie die Kette angebracht ist, der Mann, welcher sie anlegt oder abnimmt, ihre beiden

Theile mit großer Bequemlichkeit ergreifen und um die Felge schlingen, oder auch die längere Kette wieder anhängen kann, wenn man von der Böschung herunter ist.

132. Aber außer den bereits ange deuteten Fehlern hat die Gribeauval'sche Hemmungsart noch einen andern, welcher dadurch entsteht, daß durch die Spannung der Kette eine Kraft hervorgebracht wird, durch welche das Rad gegen die Ebene der Felgen in schräger Richtung gezogen wird. Denn diese Spannung zerlegt sich in zwei Theile, wovon der eine in der Ebene der Felgen wirkt und nur allein die Hemmung hervorbringt; der andere senkrecht auf diese Ebene wirkende Theil wird aber dem Rad und der Achse beschwerlich und vermehrt unnöthig die Spannung der Schaken.

Man beseitigt diesen Fehler so viel als möglich, wenn man die Kette recht nahe an den Punkt befestigt, wo das Vorderrad bei den Direktionsveränderungen an das Obergestell stößt (123), und wenn man die Kette so lang macht, daß der Ort, wo sie die Felge umfaßt, sehr nahe an dem Punkt liegt, in welchem die Schiene den Boden berührt.

Hierdurch erhält die Hemmkette die größte Länge, die sie überhaupt haben kann. Der durch ihre Richtung und die Ebene der Felgen gebildete Winkel wird beinahe auf sein Minimum reduziert, der Theil der Spannung, welcher das Drehen des Rades verhindert, wird beinahe auf sein Maximum gebracht, die Spannung, welche dem Rade und der Achse schadet, ist so weit ermäßigt als es nur angeht, und bei übrigens gleichen Umständen sind die Kettenglieder weniger dem Zerbrechen ausgesetzt.

Aus diesen Einrichtungen geht auch noch ein anderes gutes Resultat hervor: die Stöße, welche das gehemmte Rad erleidet, schaden ihm viel weniger als wenn der reibende Theil des Rades weiter von dem Theile entfernt ist, welcher von der Kette, wie von einem festen Punkte, gehalten wird.

Die Erschütterungen, welche aus den in allen Richtungen erfolgenden Stößen wegen dieser Befestigung des Rades entstehen, werden indessen nicht gänzlich aufgehoben; bei holperigen Wegen sind sie immer noch sehr merkbar. Auch verursachen sie eine sehr starke Reibung der Kette gegen die umschlungene Felge und gegen

die festgehaltene Speiche. Hieraus entsteht eine um so schnellere Abnutzung, als die Stellung des Rades während des Herabfahrens nicht geändert werden kann. Da dieser Nachtheil aber durch die Anwendung einer Kette veranlaßt wird, so wurde er bei den schwer beladenen Fahrzeugen, wo er besonders stark hervortrat, durch die Anwendung eines Laues (130) beseitigt.

Dieses Hemmtau endigte sich in zwei Schlaufen; es war am Obergestell befestigt; man umschlang damit eine Speiche, und nachdem man eine Schlaufe durch die andere gesteckt hatte, hielt man sie mittelst eines Knebels, der die Gestalt eines Zeltpflockes hatte, zusammen. Die Hemmungsart wurde durch dieses Hemmtau also nicht verändert.

### Die Hemmung mit dem Hemmschuh.

135. Mehrere der von uns an der Grébeaualschen Hemmungsart aufgefundenen Mängel werden beseitigt, wenn man statt der Kette oder des Laues den Hemmschuh der Postwagen anwendet; aber wir werden bald sehen, daß hierdurch in Stelle dieser Fehler ein anderer, weit beträchtlicherer eintritt.

Der Hemmschuh ist mittelst einer Kette an den Hinterrwagen befestigt und er muß so gelegt werden können, daß wenn er auf der Erde liegt, seine Mitte die Radachsen berührt. Um ihm diese Lage zu geben, legt man ihn vor das Rad und läßt das Fahrzeug vorgehen. Anfänglich bewegt er sich nicht, weil die Kette noch nicht angespannt ist; bald aber erreicht ihn das Rad und kommt auf ihn hinauf; sobald das Rad beinahe seine Mitte berührt, wird die Kette angespannt und der Schuh mit fortgezogen. Die rollende Bewegung hört auf, weil das Rad auf einem Körper ruht, der sich mit derselben Geschwindigkeit bewegt, und aus der Walzen-Reibung der Radachsen wird eine gleitende Reibung des Hemmschuhes gegen den Erdboden. Man sieht hieraus, daß der Hemmschuh von Eisen sein muß; denn wäre er von Holz, so würde er bald zerbrechen oder abgenutzt. Eben so nöthig ist es, daß auf seinen langen Seiten Gränzblätter stehen, damit er die Felge wie eingefügt hält, und damit die Seitenstöße oder der Zug der Kette ihn nicht unter dem Rade wegziehen kann.

Die Hemmung mit dem Hemmschuh schadet weder den Speichen, noch den Felgen, noch selbst den Radeschienen; sie beseitigt so viel als möglich die Wirkung der Erschütterungen, welche das Rad durch die Stöße erleidet; den Theil der Kettenspannung, welche den Hemmschuh in der Ebene der Felgen zieht, bringt sie aufs Maximum, und den schädlichen Theil der Spannung führt sie aufs Minimum; folglich ist die totale Spannung so gering als sie es sein kann. Man kann indessen weder die Hemmung anlegen, noch abnehmen, ohne das Fahrzeug anzuhalten; die letzte Operation erfordert selbst eine rückgängige Bewegung, und die Intensität des Hindernisses, welches man der Drehung des Rades entgegenstellt, verändert sich umgekehrt wie der Böschungswinkel und die Härte des Bodens.

Diesem Fehler muß man noch den von uns als sehr beträchtlich ange deuteten hinzufügen, daß die Spannung der Kette, welche senkrecht auf die Ebene der Felgen wirkt, sich bestrebt, den Hemmschuh der Achse des Fahrzeuges zu nähern, wodurch also das äußere Gränzblatt gegen das Rad gedrückt wird. Dieses Gränzblatt kann also umgebogen und selbst abgebrochen werden, ungeachtet der guten Qualität des Eisens, weil die Biegung die Festigkeit des Eisens vermindert, und alsdann rollt das Rad wiederum frei. Die zahlreichen mit dem neuen Material der Feldartillerie angestellten Versuche haben wirklich bewiesen, daß das äußere Gränzblatt des Hemmschuhes sehr oft abbricht und daß dann die Hemmung des Rades aufhört.

#### Die Hemmung des neuen Materials.

134. Die so eben erwähnten Versuche haben ebenfalls dargegan, daß das Zerreißen der Hemmkette lange nicht so häufig vorkommt, als der Bruch des Gränzblattes am Hemmschuh; man hat sie demnach bei der neuen Artillerie beibehalten und sie selbst bei dem Belagerungstrain angewandt. Aber indem man die Hemmkette für alle Fahrzeuge einführte, wollte man ihren üblen Einwirkungen auf die Felgen und Speichen der schwer belasteten Fahrzeuge vorbeugen, und zu diesem Ende ersetzte man den Theil der Kette, der mit dem Rade in Berührung kommen muß, durch ein Stück Tau. Im Uebrigen gleicht die neue Hemmung der Bela-

gerungs-Fahrzeuge der früher bei den andern Fahrzeugen gebräuchlichen (130).

Was die Hemmkette des neuen Feldmaterials anbetrifft, so weicht sie von der Kette des früheren Materials ein wenig ab, obgleich sie ebenfalls ganz aus Eisen besteht. An einem ihrer Enden sitzt der Ring, welcher sie an das Obergestell befestigt, am andern ist der Schließhaken angebracht, so daß sie durch den Befestigungspunkt nicht in zwei Theile getheilt wird. Der Ring, in welchen zur Schließung der Kette der Schließhaken eingreift, hängt in einer Kettschake, die in einer bestimmten Entfernung von dem befestigten Ende liegt. Hieraus folgt, daß die neue Kette beim Hemmen nur auf einem Theile ihrer Länge doppelt liegt und daß jede Schake des einfachen Kettenendes eine doppelt so große Spannung als die anderen auszuhalten hat. Was also die Haltbarkeit dieser Ketten anbetrifft, so ist diese geringer als beim frühern Material.

### Die Hemmung der Karren.

135. Die in der Artillerie gebräuchliche Hemmungsart läßt sich, wie jede andere, sowohl bei dem zwei- als bei dem vierrädrigen Fuhrwerke anwenden; aber die Karre ist leicht genug, daß man sich in den gewöhnlichen Fällen das Hemmen ersparen kann. Demnach hat sie keine Hemmkette.

Wenn es aber in irgend einem Verhältnisse durchaus nöthig wird, den sich der Bewegung beider Räder entgegenstellenden Widerstand zu vergrößern, so kann man ein Hemmtau benutzen (132). Aber alsdann muß der Erdboden eben sein; denn auf einem holperigen Wege würden durch das Hemmen eines einzigen Rades horizontale Schwingungen entstehen, die stark genug sein könnten, um das beim Bergabfahren bereits durch seine Stellung angegriffene Gabelpferd umzuwerfen. In einem solchen Falle ist es besser, den Widerstand zu vermehren, ohne das Drehen beider Räder zu verhindern, und dies bewirkt man, indem man das Sattelpferd hinten an das Fahrzeug zum Aufhalten anspannt.

## Zweiter Theil.

### Die Laffeten.

Die Theorie der Fahrzeuge, die wir so eben beendigt haben, läßt sich auch auf die Laffeten anwenden, insoweit sie Maschinen zum Transporte von Lasten sind. Indessen ist es nicht diese ihre Bestimmung, mit der man sich hauptsächlich beschäftigen muß, und wenn auch bei der Construction der Feldlaffeten, welche sich schnell und auf allen Wegen bewegen müssen, die Berücksichtigung des Transports einen großen Einfluß ausübt, so kann dieselbe z. B. bei den Küstenlaffeten fast ganz unbeachtet gelassen werden, indem diese Laffeten viel mehr den Bedingungen hinsichtlich des Schießens genügen müssen, als denen, welche ihr Dienst als Fahrzeug vorschreibt.

Im Folgenden wollen wir die Laffeten nur ganz allein in Bezug auf die Wirkungen des Schießens beleuchten. Diese Wirkungen sind zweierlei Art: die Kraft des Pulvers bringt zuerst Percussionen auf die verschiedenen Theile der Maschine hervor, und aus ihnen entsteht sodann der Rücklauf.

### Erstes Kapitel.

#### Theorie der Percussionen.

Der Zweck dieses Kapitels ist, die allgemeinen Werthe der Percussionen zu entwickeln, welche beim Schießen die Punkte auszuhalten haben, mit denen das Rohr in der Laffete und die Laffete auf dem Erdboden ruht, um daraus Grundsätze für die Formen abzuleiten, die geeignet sind, der Maschine die möglichst größte Haltbarkeit zu geben, ohne ihre Beweglichkeit zu beeinträchtigen. Vor allem aber müssen wir uns mit der Kraft beschäftigen, welche das entzündete Pulver auf das Rohr ausübt.

### Die Wirkung des Pulvers.

136. Das elastische und expansive Fluidum, welches durch die Entzündung einer Pulverladung erzeugt wird, wirkt mit gleicher Kraft nach allen Richtungen. Der Raum, in welchem sich dies Fluidum entwickelt, wird im Gleichgewicht bleiben, wenn er nach allen Seiten geschlossen ist, und wenn jeder Punkt seiner innern Oberfläche hinlänglichen Widerstand leistet. So wie aber eine seiner Wände nachgiebt, so wird der Druck des Gases auf die gegenüberliegende Seitenfläche nicht mehr im Gleichgewicht erhalten, erzeugt also eine Geschwindigkeit und setzt den einschließenden Raum in Bewegung, wenn sich nicht fremde Ursachen derselben entgegen stellen. Folglich strebt der Rücklauf, in dem Augenblicke zu entstehen, wo das Geschöß sich in Bewegung setzt, und es würde in jedem Augenblicke die Kraft auf den Boden derjenigen Kraft gleich sein, durch welche das Geschöß in der Richtung der Seelenachse fortgetrieben wird, wenn die Durchmesser beider gleich wären und wenn man die Quantität der Bewegung unberücksichtigt lassen könnte, welche das Gas, von welchem ein Theil mit der Kugel zugleich fortgetrieben wird, erhalten hat.

Lagrange hat zuerst den Einfluß der Quantität der Bewegung, welche die Menge des Gases annehmen muß, bemerkt. Er hat diesen Gegenstand in ungedruckten Untersuchungen über die Kraft des Pulvers abgehandelt, ohne indessen die Differenzial-Gleichung, zu welcher er gelangte, zu integriren. Ein Auszug aus diesen Untersuchungen, mit einem Kommentar von Poisson, wurde im 21sten Hefte des Journals der Polytechnischen Schule abgedruckt. Der Capitain der Artillerie Piobert hat sich ebenfalls mit dieser Frage beschäftigt und eine vollständige und anwendbare Lösung derselben gegeben. Aus seinen Formeln kann man die Quantität der Bewegung finden, welche einem Rohre wirklich mitgetheilt wird, wenn man von demselben das Gewicht des Geschosses und der Pulverladung in Kilogrammen kennt.

Das Verhältniß der gleichzeitig auf das Geschöß und auf das Rohre ausgeübten Wirkungen läßt sich auch noch aus den Resultaten der Versuche berechnen, welche Hutton zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeiten durch gleichzeitige Anwendung der Pendel-

Kanone und des ballistischen Pendels anstellte. Es geht daraus hervor, daß die Quantität der Bewegung des Rohrs stets größer ist, als die der Kugel, und daß ihr Verhältniß stets mit der Pulverladung wächst, so lange das Kaliber nicht verändert wird.

Wir können also die auf den Boden der Seele parallel mit der Achse hervorgebrachte Wirkung als bekannt annehmen. Diese Wirkung, welche der Masse  $m$  des Rohrs eine Geschwindigkeit  $V$  mittheilt, wird also durch  $m V$  ausgedrückt.

### Die Wirkung des Rohrs.

137. Die Wirkungen des Schusses auf die Laffete hängen von der Quantität der Bewegung  $m V$ , welche das Rohr besitzt, ab. Strenge genommen beginnen sie schon, ehe noch diese Kraft ihre ganze Intensität erreicht hat; da aber die Geschwindigkeit  $V$  in einer außerordentlich kurzen Zeit mitgetheilt wird, so können wir wohl annehmen, daß die Masse  $m$  plötzlich durch sie in Bewegung gesetzt werde.

Die ersten Wirkungen der Triebkraft  $m V$  sind Percussionen auf die Stützpunkte. Es kann sich nun ereignen, je nach der Größe des Schußwinkels, daß die Räder mit dem Erdboden in Berührung bleiben und ihre Felgen einen Theil des Stoßes vom Rohr aushalten, oder daß der Stoß sie in die Höhe hebt, wobei die Laffete sich um die Linie dreht, in welcher der Laffetenschwanz auf der Erde aufliegt.

Die Bestimmung der Percussionen bietet demnach zwei sehr verschiedene Fälle dar. Poisson hat beide in einem auf Befehl des Kriegsministers veröffentlichten *Memoire* abgehandelt, worin zum erstenmale die Grundsätze der Mechanik strenge auf die uns beschäftigende Frage angewandt worden sind, und vielleicht würde es genügen, die Resultate dieser gelehrten Arbeit wiederzugeben. Wir glauben jedoch, für den Fall, wo die Laffete ihre vier Stützpunkte behält, in einige Details eingehen zu müssen; denn ist dieser Fall auch nicht der wichtigste, so ist er doch der einfachste, und seine Untersuchung wird die Erscheinungen für den Fall, wo die Räder gehoben werden, leichter begreifen lassen.

Niedergedrückte Räder.

138. Um den Fall leichter untersuchen zu können, wo die Räder auf dem Erdboden bleiben und durch die Wirkung des Rohrs gegen denselben gedrückt werden, nehmen wir das System als unbiegsam, unveränderlich und ganz unelastisch an; auch das Terrain soll unfähig sein, selbst den geringsten Theil der auf die Stützpunkte verwandten Geschwindigkeit wieder zu ersetzen, und um alle Verhältnisse zu umfassen, die bei diesem Fall eintreten können, wollen wir den Winkel, den der Horizont mit der Ebene macht, auf welcher die Laffete steht,  $\uparrow \downarrow$  nennen, wenn diese Ebene von den Rädern nach dem Laffetenschwanz ansteigt, und  $— \downarrow$ , wenn der Laffetenschwanz tiefer steht als die Räder; ebenso wollen wir durch  $\odot$  den Schußwinkel, d. h. den Winkel, den die Achse des Rohrs mit der Horizontalen macht, bezeichnen. Die beiden Winkel  $\downarrow$  und  $\odot$  sind von einander unabhängig; wie groß auch der erste sein mag, der zweite bleibt constant, so lange die Lage des zu treffenden Ziels sich in Bezug auf die Achse der Schildzapfen nicht verändert.

Die anderen zu beachtenden Größen werden wie folgt bezeichnet:

- $z$ . die Entfernung des Schwerpunkts des Systems von der Unterstützungsebene,
- $a, b$ . die Entfernungen dieses Schwerpunkts von den aus den Stützpunkten des Laffetenschwanzes und der Räder auf dem Erdboden errichteten Normalen,
- $c$ . die Entfernung dieses Schwerpunkts von der Achse der Seele,
- $M$ . die Total-Masse des durch das Rohr und die Laffete gebildeten Systems,
- $V_1$  die Geschwindigkeit, welche im Augenblicke des Rücklaufs jeder Theil dieser Masse parallel mit dem Erdboden annimmt,
- $N$ . die Percussion des Laffetenschwanzes gegen die Unterstützungsebene,
- $R$ . die Percussion der Räder gegen dieselbe Ebene,
- $f$ . der Coefficient der gleitenden Reibung.

Die bewegende Kraft des Systems ist gleich  $m V$  (136); sie wirkt auf den Boden der Seele in der Seelenachse und in entgegengesetzter Richtung mit dem Flug der Kugel; sie erzeugt die bei-

den Percussionen  $N$  und  $R$  und die Kraft  $MV_1$ , welche den Schwerpunkt der Masse  $M$ , parallel mit dem Erdboden, nach hinten treibt. Durch diese drei Kräfte werden wiederum die gleitenden Reibungen  $N_f$  und  $R_f$  erzeugt, welche sich dem Rücklaufe oder der Wirkung von  $MV_1$  entgegenstellen; denn im ersten Augenblick haben die durch die Laffete rasch fortgeschleppten Räder eine geringere Geschwindigkeit der Rotation als der Ortsveränderung, und gleiten wie der Laffetenschwanz über den Erdboden fort. Man begreift übrigens, daß  $N_f$  und  $R_f$  die mittleren Kräfte der Reibungen sind, welche von beiden Laffetenwänden und den beiden Rädern hervorgebracht werden, und daß sie in der Längenebene der Laffete eben so wie  $MV_1$  wirken.

Das System ist während der Wirkung von  $mV$  keiner andern Kraft ausgesetzt, weil diese Wirkung nur in dem außerordentlich kurzen Zeitraum stattfindet, während dessen die Kugel die Seele durchläuft, weil ferner die Wirkungen der Schwerkraft für einen solchen Zeitraum unbeachtet und demnach auch das Totalgewicht unberücksichtigt bleiben kann.

Da nun die Masse  $M$  sich mit der Geschwindigkeit  $V_1$  bewegt, so müssen die Kraft  $MV_1$  in der entgegengesetzten Richtung ihrer Wirkung, die Reactionen des Erdbodens und die beiden Reibungen der Triebkraft  $mV$  das Gleichgewicht halten.

Betrachten wir  $mV$  als eine positive Kraft, so erhalten  $MV_1$  und die Reibungen  $N_f$  und  $R_f$ , die sich dem Rücklauf unmittelbar entgegensehen, das Zeichen  $-$ ; die Reactionen  $N$  und  $R$  gegen den Laffetenschwanz und die Räder führen das Zeichen  $+$ , so daß jede Kraft, welche normal auf den Erdboden und von oben nach unten, in entgegengesetzter Richtung von den beiden Reactionen, wirkt, negativ sein muß.

Die Seitenkräfte von  $mV$  sind also  $mV \cos (\odot \pm \psi)$  welche parallel mit dem Erdboden und  $-mV \sin (\odot \pm \psi)$ , welche senkrecht auf denselben wirken; denn es ist augenscheinlich  $\odot \pm \psi$  der Winkel, den die Richtung der bewegenden Kraft mit der Neigung des Erdbodens bildet.

Wenn wir nun das bei den Fahrzeugen beobachtete Verfahren (65) hier ebenfalls in Anwendung bringen und den Schwerpunkt

von  $M$  als den Mittelpunkt der Momente betrachten, so erhalten wir für das Gleichgewicht folgende drei Bedingungsgleichungen:

$$m V \cos (\ominus \pm \psi) - M V_1 - N f - R f = 0$$

$$N + R - m V \sin (\ominus \pm \psi) = 0$$

$$m V c + (N + R) f h + R b - N a = 0$$

Sie geben

$$M V_1 = m V [\cos (\ominus \pm \psi) - f \sin (\ominus \pm \psi)] \quad (\text{I})$$

$$N = m V \frac{(b + f h) \sin (\ominus \pm \psi) + c}{a + b} \quad (\text{II})$$

$$R = m V \frac{(a - f h) \sin (\ominus \pm \psi) - c}{a + b} \quad (\text{III})$$

als die Werthe für die Stärke des Rücklaufs und für die Quantitäten der Bewegung, welche auf den Laffetenschwanz und die Räder verwendet werden.

139. Dasselbe Verfahren läßt sich zur Ermittlung der Percussionen anwenden, welche die Schildzapfenlager und die Richtschraube auszuhalten haben. Die Reactionen, welche durch sie auf die Schildzapfen und auf die höchste Frieße am Bodenstück erfolgen, müssen in Verbindung mit der im Schwerpunkte von  $m$  wirkenden Kraft  $- m V_1$  der bewegenden Kraft  $m V$  das Gleichgewicht halten, weil vermöge dieser Kraft sich das Rohr mit der Geschwindigkeit  $V_1$  bewegt (Fig. 33).

Die Reaction der Schildzapfenlager auf die Achse der Schildzapfen giebt eine Kraft  $+ S$ , welche normal auf den Erdboden von unten nach oben wirkt, und eine Kraft  $- T$ , welche parallel mit der Richtung des Rücklaufes, aber entgegengesetzt wirkt.

Bezeichnet  $U$  die Intensität der Percussion auf die Richtschraube oder die Reaction auf die höchste Bodenfrieße, und ist  $\ominus'$  der von der Achse der Schraube mit der Perpendicularen auf dem Erdboden gebildete Winkel, so wird diese Reaction eine normale Kraft  $+ U \cos \ominus'$ , und eine parallele in der Richtung der Bewegung wirkende Kraft  $- U \sin \ominus'$  hervorbringen. Die Seitenkräfte von  $m V$  werden übrigens wie vorhin  $m V \cos (\ominus \pm \psi)$  und  $- m V \sin (\ominus \pm \psi)$  sein.

Nehmen wir nun die Achse der Schildzapfen als Drehungsachse an, und bezeichnen durch  $l$ ,  $p$  und  $p'$  respective die Entfernungen dieser Achse von der Richtung der Kraft  $U$ , von der

Seelenaxe und von der durch den Schwerpunkt des Rohrs parallel mit dem Erdboden geführten Linie, so sind die Bedingungsgleichungen für das Gleichgewicht:

$$m V \cos (\Theta \pm \psi) + U \sin \Theta' - m V_1 - T = 0$$

$$S + U \cos \Theta' - m V \sin (\Theta \pm \psi) = 0$$

$$m V_P - m V_1 P' - U l = 0$$

Hieraus ergibt sich für die Quantitäten der Bewegung, welche auf die Laffete verwendet werden:

$$T = m [V \cos (\Theta \pm \psi) - V_1] + U \sin \Theta' \quad (\text{IV})$$

$$S = U \cos \Theta' - m V \sin (\Theta \pm \psi) \quad (\text{V})$$

$$U = \frac{m}{l} V_1 P' - V_P \quad (\text{VI})$$

Die beiden ersten Ausdrücke geben den Winkel  $\Theta''$ , den die Richtung der Percussion auf die Schilbzapfenlager mit einer Parallele zum Erdboden bildet; denn augenscheinlich ist

$$\text{tang } \Theta'' = \frac{S}{T} \quad (\text{VII})$$

140. Die plötzliche Bewegung der Laffete verursacht auf die Buchsen der Räder eine Percussion, welche eine Reibung erzeugt. Diese Reibung kann unberücksichtigt bleiben, und die gegen die Unterstüßungsebene schiefe Percussion zerlegt sich. Ihr mit dieser Ebene parallel gehender Theil B ist augenscheinlich gleich der Summe aus der der Masse  $m'$  der Räder mitgetheilten und der durch die Reibung aufgehobenen Quantität der Bewegung. Man hat demnach

$$B = m' V_1 + Rf \quad (\text{VIII})$$

Was die Percussion anbetrifft, welche die Buchsen in normaler Richtung auf den Erdboden von oben nach unten erleiden, so kann dieselbe nicht von der Percussion verschieden sein, welche durch die Räder auf die Unterstüßungsebene ausgeübt wird; ihr Werth ist demnach durch die Gleichung (III) gegeben, mit Ausnahme des Vorzeichens.

Ehe wir angeben, was die obigen acht Formeln lehren, müssen wir noch bemerken, daß wenn man in ihnen  $\psi$  gleich Null setzt, man die von Poisson für den Fall gegebenen Formeln erhält, in welchem die Laffete auf einer horizontalen Ebene steht, welche von den Rädern nicht verlassen wird.

141. Bei den Geschüßbettungen macht man  $\psi$  positiv, damit der Rücklauf geringer werde. Wenn für diesen Fall der Schußwinkel  $\Theta$  immer derselbe bleibt, so zeigt die Gleichung (I), daß  $V_1$ , als Anfangsgeschwindigkeit des Rücklaufs, in dem Maße abnimmt, als die Neigung des Erdbodens größer wird, und die Gleichungen (II) und (III) zeigen, daß dagegen die Percussionen des Laffetenschwanzes und der Räder wachsen.

Aus der Gleichung (IV) läßt sich für die Percussion, mit welcher die Schildzapfen auf die Pfannen parallel mit der Unterstützungsebene wirken, nichts folgern; denn  $U \cos \Theta'$  verändert sich sehr wenig und die beiden andern Theile von  $T$ , welche entgegengesetzte Zeichen haben, nehmen ab, wenn  $\psi$  wächst.

Die Gleichung (V) beweist, daß  $S$  wächst und daß folglich die Laffete mehr leidet, wenn die Neigung des Erdbodens größer wird. Ebenso läßt sich daraus folgern, daß die Anfangsgeschwindigkeit des Rücklaufs kleiner wird.

Was die Percussion der höchsten Bodenrieße auf die Richtschraube anbetrifft, so bleibt sie constant, ungeachtet der Veränderungen von  $\psi$ , weil dieser Winkel in dem Werth von  $U$  nicht vorkommt.

Was wir so eben über den Laffetenschwanz und die Räder gesagt haben, setzt zwar voraus, daß die Entfernungen  $a, b, c, h$ , oder die Constructions-Linien sich mit  $\psi$  nicht verändern, und dies ist strenge genommen nicht richtig; denn wenn durch die Vergrößerung von  $\psi$  der Laffetenschwanz höher zu stehen kommt, so ist man genöthigt, um ein gegebenes Ziel zu treffen, das Bodenstück ein wenig zu senken, damit der Schußwinkel  $\Theta$  sich nicht ändert, und dadurch nehmen der Schwerpunkt des Rohrs und dann auch der Schwerpunkt der Total-Masse  $M$  eine andere Lage an, wodurch die Constructions-Linien sich verändern. Allein es ist leicht ersichtlich, daß die Abweichung der Schwerpunkte von ihrer frühern Lage nur sehr unbedeutend ist, und daß folglich die Veränderungen in den Constructions-Linien unberücksichtigt bleiben können.

142. Wir wollen uns jetzt zwei Laffeten denken, die ihren Constructions-Linien nach sehr verschieden, aber von gleicher Masse sind, gleiche Röhre führen und sich unter gleichen Schußverhältnissen befinden. Nach den Formeln hat bei beiden der Rücklauf gleiche

Anfangsgeschwindigkeit, die Stöße auf die Schilbzapfenlager sind weder in Hinsicht ihrer Intensität, noch ihrer Richtung verschieden, und die Summe der von dem Laffetenschwanz und den Rädern ausgeübten Percussionen bleibt für beide Fälle dieselbe; denn nicht diese Summe  $N + R = mV \sin(\Theta \pm \Psi)$  kann sich mit der Form verändern, sondern nur die Vertheilung derselben auf die Stützpunkte. Aber die Vertheilung selbst ist bei Laffeten, welche  $\Theta$  nicht größer als 10 bis 12° gestatten, fast ganz unwichtig, weil bei solchen Schußwinkeln  $N$  und  $R$  nothwendigerweise sehr klein sind, wie wir es bald sehen werden.

Hieraus folgt, daß die hauptsächlichsten Beschädigungen der Kanonen- und Haubitzaflaffeten nicht von ihren Konstructionslinien abhängen; denn sie zeigen sich durch das Zerbrechen oder Zersplittern der Wände, und diese Wirkungen entstehen durch die Kräfte  $S, T, N, R$  und  $U$ . Die Konstructionslinien also hätten wenig Einfluß auf die Conservation der Laffeten, wenn die Räder niemals in die Höhe gehoben würden.

143. Aus der Gleichung (III) läßt sich noch ersehen, unter welchen Umständen die Räder gehoben werden. Es ist klar, daß sie gegen den Erdboden gedrückt werden, so lange  $R > 0$ , und daß dies nicht mehr geschieht, wenn  $R = 0$  ist oder wenn  $\sin(\Theta \pm \Psi) = \frac{c}{a - fh}$  wird. Wenn also  $\sin(\Theta \pm \Psi) < \frac{c}{a - fh}$  wird, so werden die Räder gehoben, und die obigen Formeln lassen sich nicht mehr anwenden.

Je kleiner demnach aus der Größe der Konstructionslinien der Werth von  $\frac{c}{a - fh}$  wird, desto seltener werden Schußverhältnisse eintreten, wo dieselben auf die Zerstörung der Lafete einwirken; denn um so seltener werden die Räder gehoben. Um aber für  $\frac{c}{a - fh}$  einen kleineren Werth zu erhalten, muß man  $c$  und  $h$  vermindern oder den Schwerpunkt der ganzen Masse der Seele auf  $a$  und dem Erdboden näher bringen, ferner  $a$  vergrößern oder jenen Schwerpunkt von der Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes entfernen. Uebrigens ist auch ersichtlich, daß je weniger rauh

der Erdboden ist, um so weniger sind die Räder dem Gehobenwerthen ausgesetzt, weil auch  $f$  um so kleiner wird.

144. Ehe wir diesen Artikel beschließen, wollen wir die Art andeuten, wie man aus den gegebenen Formeln die Stöße in Zahlenwerthen berechnen muß, welche die einzelnen Theile der Laffete beim Schießen erleiden.

Es ist klar, daß die Einheit der Zahlen, welche man durch die Werthe der Percussionen erhält, nicht das einfache Kilogramm sein kann; denn wenn man eine solche Einheit annähme, so würde hierdurch die Wirkung des Stoßes der Wirkung eines gewöhnlichen Druckes gleichgestellt, und wie wir bereits angedeutet haben (138), ist dieser letztere nicht wahrnehmbar in der außerordentlich kurzen Zeit, die das Geschöß bedarf, um die Seele zu durchlaufen, oder die Masse  $m$  des Rohrs, um die Laffete in Bewegung zu setzen.

Um nicht nöthig zu haben, die Zeit und die Drucke in Betracht zu ziehen, muß man die Percussionen durch eine gleichartige Einheit ausdrücken, d. h. man nehme als Einheit die Wirkung einer Gewichtseinheit an, welche von einer Höhen-Einheit herabfällt, so daß jeder Zahlenwerth ein bestimmtes Vielfaches dieser Wirkung ausdrückt, oder in Kilogrammen das Gewicht, welches 1 Meter hoch herabfallend, auf den bezüglichen Theil der Laffete einen Stoß hervorbringt, der dem des Schusses gleich ist.

Soll z. B. die Percussion berechnet werden, die der Laffetenschwanz erleidet, so müßte man sagen: weil  $N$  gleich ist der durch den Erdboden aufgehobenen Quantität der Bewegung  $m n V$ , wo  $n$  den Factor  $\frac{(b + fh) \sin(\theta \pm \psi) + c}{a + b}$  bedeutet, so ist  $n V$  der von der Masse  $m$  beim Stoß des Laffetenschwanzes erlittene Verlust an Geschwindigkeit und  $\frac{m n^2 V^2}{2}$  — das zur Hervorbringung dieses Stoßes angewandte Kraft-Quantum. Aber ein Kraft-Quantum ist eine Zahl von Kilogramm-Meter, d. h. ein Gewicht, das auf 1 Meter gehoben wird oder von derselben Höhe heruntergefallen ist. Demnach giebt  $\left(\frac{m n^2 V^2}{2}\right)$  Kilogramm das Gewicht an, welches aus der Höhe von 1 Meter auf die untere Fläche des Laffetenschwanzes

fallend, daselbst dieselbe Wirkung hervorbringen würde, als die Reaction des Erdbodens gegen die Percussion von  $mV$ .

145. Wir wollen dies Kapitel, wie wir angedeutet haben (142), damit beschließen, daß wir zeigen, wie die normalen Percussionen, welche auf den Laffetenschwanz und die Räder wirken, stets sehr schwach und folglich unfähig sind, die Laffete zu zerstören.

Es seien  $n$  und  $n'$  respective die Factoren von  $mV$  in den Werthen von  $N$  und  $R$ . Wir erhalten alsdann  $n + n' = \sin(\Theta \pm \Psi)$  weil  $N + R = mV \sin(\Theta \pm \Psi)$ . Nun übersteigt  $\Theta$  bei Kanonen und Haubißen niemals die Größe von  $10$  bis  $12^\circ$ , und mit diesen Geschützen läßt sich auf sehr starken Abhängen ohne bedeutende Unbequemlichkeit nicht schießen. Demnach ist  $\sin(\Theta \pm \Psi)$  immer weit kleiner als  $1$ , und die Factoren  $n$  und  $n'$  sind nur kleine Brüche. Da überdies die der Masse  $m$  des Rohrs mitgetheilte Geschwindigkeit  $V$  sehr klein ist, selbst bei  $\frac{1}{2}$  Kugelschwerer Ladung, so sieht man, daß die Percussionen  $\left(\frac{m n^2 V^2}{2}\right)$  Kilogramm und  $\left(\frac{m n'^2 V^2}{2}\right)$  Kilog. oder  $N$  und  $R$  ebenfalls nur sehr klein sein können.

### In die Höhe gehobene Räder.

146. Der Fall, wo die Räder gehoben werden, tritt dann ein, wenn die Neigung des Erdbodens und der Schußwinkel von der Art sind, daß die Ungleichung  $\sin(\Theta \pm \Psi) < \frac{c}{a - fh}$  stattfindet

(143). Alle Punkte des Systems haben alsdann zwei Geschwindigkeiten: die eine der Ortsveränderung parallel mit dem Erdboden, die andere der Drehung um die Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes. Es kann selbst vorkommen, und dies hängt vom Winkel  $\Theta$  ab, daß das Rohr, statt auf der Richtschraube liegen zu bleiben, sich um die Schildzapfenaxe so dreht, daß sich das Bodenstück hebt. Die Bestimmung der Percussionen wird durch diese kreisförmigen Bewegungen sehr zusammengesetzt, wie man dies wohl einsehen wird; indessen ist der dabei zu befolgende Gang durchaus derselbe, welcher uns die im vorigen Artikel gegebenen Gleichungen geliefert hat. Da wir die Berechnungen aber nicht anders wiederge-

ben können als Poisson, so verweisen wir auf das von ihm über die Wirkungen des Schusses veröffentlichte Memoire, aus welchem wir die Formeln für den in Rede stehenden allgemeinen Fall entnehmen. Diese Formeln sind indessen ihrer Form nach verändert worden, da es unser Zweck ist, den Einfluß der Drehungs-Geschwindigkeiten auf die Werthe der Percussionen erkennen zu lassen. Um unsern Zweck besser zu erreichen, haben wir die verwendeten Geschwindigkeiten in eine Tabelle zusammen getragen, in welcher auch der ausnahmsweise Fall, wo die Räder nicht gehoben werden, aufgenommen ist. Mit Hülfe dieser Geschwindigkeiten kann man die Intensität der Stöße leicht berechnen (144).

Im übrigen sind die aufgestellten Hypothesen, wodurch die Lösung der neuen Aufgabe erleichtert wird, mit den obigen gleich geblieben; indessen haben wir zur Vereinfachung der Formeln ein horizontales Terrain angenommen. Der Schuwinkel  $\theta$  ist daher dem Winkel gleich, der durch die Ase des Rohrs mit dem Erdboden gebildet wird, und aus den mit der UnterstüzungsEbene parallel oder normal gehenden Linien werden nun horizontale und lothrechte Linien.

- Nachstehende Bezeichnungen sollen gebraucht werden (Fig. 34):
- $m, m', M$  die Massen respective des Rohrs, der Räder und des ganzen Systems,
  - $a$  (4. 9.) die Entfernung der Unterstüzungslinie des Laffetenschwanzes von der Lothrechten durch den Schwerpunkt 1 der Masse  $M$ ,
  - $b$  (5. 9.) desgleichen für die Räder,
  - $a'$  (4. 12.) die Entfernung der Unterstüzungslinie des Laffetenschwanzes von der Lothrechten durch den Schwerpunkt 2 der Masse  $m$ ,
  - $b'$  (5. 12.) desgleichen für die Räder,
  - $c$  (1. 8.) die Entfernung des Schwerpunktes der Masse  $M$  von der Ase 6. 7. der Seele,
  - $h$  (1. 9.) die Höhe desselben Punktes über dem Erdboden 5. 4,
  - $h'$  (2. 12.) die Höhe des Schwerpunktes der Masse  $m$ ,
  - $l$  (3. 13.) die Entfernung der Ase 3 der Schildzapfen von der Ase der Richtschraube,
  - $p$  (3. 10.) die Entfernung der Schildzapfenaxe von der Seelenaxe,

- $q$  (2. 10.) die Entfernung des Schwerpunkts der Masse  $m$  von der Ebene, welche durch die Schildzapfenaxe senkrecht auf die Seelenaxe gelegt ist,
- $p'$  (2. 11.) die Entfernung desselben Punkts von der durch die Schildzapfenaxe gelegten horizontalen Ebene,
- $q'$  (3. 11.) die Entfernung desselben Punkts von der durch die Schildzapfenaxe gelegten lothrechten Ebene,
- $\varnothing$  der Schußwinkel, welcher positiv oder negativ ist, jenachdem das Geschütz über oder unter den Horizont gerichtet ist,
- $\varnothing'$  der Winkel, den die Ase der Richtschraube mit der Normalen auf dem Erdboden bildet,
- $f$  der Koeffizient der gleitenden Reibung,
- $m k^2, m' k'^2, MK^2$  die Momente der Trägheit; die Ase jedes Moments bildet eine Linie, die mit der Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes parallel geht und durch den Schwerpunkt der respectiven Masse geführt ist,
- $V$  die Geschwindigkeit des Geschützrohres in der Richtung seiner Ase vor den Stößen,
- $V_1$  die Anfangs-Geschwindigkeit des Rücklaufs für das ganze System,
- $\varphi$  die Winkelgeschwindigkeit des Systems um die Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes,
- $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit des Rohrs um die Schildzapfenaxe,
- $V_n, V_r, V_s, V_t, \frac{U}{m}$  Geschwindigkeiten, welche respective auf den Laffetenschwanz, auf die Räder, auf die Schildzapfenpfannen in vertikaler Richtung, auf dieselben in horizontaler Richtung und auf die Richtschraube in der Richtung ihrer Ase verwendet werden.

Endlich wollen wir zur Abkürzung setzen

$$D = \begin{cases} \left[ K^2 - \frac{m'}{M} k'^2 + a(a-fh) \right] \left[ k^2 + \left(1 - \frac{m}{M}\right) p'^2 + \left( q' + \frac{m}{M} f p' \right) q_1 \right] \\ - \left[ k^2 - (a' - fh) q' + (h' - h) p' \right] \left[ k^2 - a' q' + (h' - h - fa) p' \right] \frac{m}{M} \end{cases}$$

und folgende Größen durch Zahlen bezeichnen:

$$K^2 - \frac{m'}{M} k'^2 + a(a - fh) \quad (1); \quad k^2 + \left(1 \frac{m}{M}\right) p'^2 + \left(q' + \frac{m}{M} fr'\right) q' \quad (2);$$

$$k^2 - (a' - fh) q' + (h' - h) p' \quad (3); \quad k^2 - a' q' + (h' - h - fa) p' \quad (4);$$

$$c - (a - fh) \sin \Theta \quad (5); \quad p - \frac{m}{M} (\cos \Theta - f \sin \Theta) p' \quad (6);$$

Nunmehr wird es leicht sein, die nachstehende Tabelle, welche die auf die verschiedenen Theile der Lafete verwendeten Geschwindigkeiten für die drei beim Schießen vorkommenden Fälle angebt, zu verstehen. Wir fügen denselben noch die Werthe für die beiden Winkelgeschwindigkeiten bei.

Geschwindigkeiten.	Die Räder und das Bodensstück niedergedrückt.	Die Räder gehoben, das Bodensstück niedergedrückt.	Die Räder und das Bodensstück gehoben.
$V_r$	$\frac{(a-fh) \sin \ominus - c}{a+b} V$		
$V_n$	$V \sin \ominus - V_r \dots$	$V \sin \ominus + a \frac{M}{m} \phi \dots \dots \dots$	$V \sin \ominus + a \frac{M}{m} \phi + q \omega \dots \dots \dots$
$V_1$	$\frac{m}{M} (\cos \ominus - f \sin \ominus) V$	$\frac{m}{M} (\cos \ominus - f \sin \ominus) V - (h + fa) \phi.$	$\frac{m}{M} (\cos \ominus - f \sin \ominus) V - (h + fa) \phi + \frac{m}{M} (p' - fq') \omega$
$U \frac{1}{m}$	$\frac{1}{l} (p' V_1 - p V).$	$\frac{1}{l} (p' V_1 - p V) + \frac{1}{l} (k^2 - \alpha' q' + h' p') \phi$	
$V_z$	$V \cos \ominus - V_1 + \frac{U}{m} \sin \ominus'$	$V \cos \ominus - V_1 + \frac{U}{m} \sin \ominus' - h' \phi$	$V \cos \ominus - V_1 - h' \phi + p' \omega \dots$
$V_s$	$U \frac{1}{m} \cos \ominus' - V \sin \ominus$	$U \cos \ominus' - V \sin \ominus - \alpha' \phi.$	$-(V \sin \ominus + \alpha' \phi + q' \omega) \dots \dots \dots$
$\phi$	$\dots \dots \dots \frac{m}{M} \times \frac{(5)}{(1)} V \dots \dots \dots$	$\dots \dots \dots \frac{m}{M} \times \frac{(5)}{(1)} V \dots \dots \dots$	$\frac{m}{DM} [(5) \times (2) \times (6) \times (3)] V \dots \dots$
$\omega$	$\dots \dots \dots$	$\dots \dots \dots$	$\frac{1}{D} \left[ \frac{m}{M} \times (5) \times (4) - (6) \times (1) \right] V.$

147. Der Einfluß der beiden Drehungen auf die Percussionen und auf die Rücklaufs-Geschwindigkeit ist leicht einzusehen.  $V_n$  wächst im zweiten Falle um  $V_r$  und um die verticale Geschwindigkeit  $a \frac{M}{m} \phi$ , welche der Schwerpunkt des Systems vermöge der durch die Hebung der Räder mitgetheilten Quantität der Bewegung  $M \phi \sqrt{a^2 + h^2}$  annimmt. Im dritten Falle wächst dieselbe Geschwindigkeit  $V_n$  noch um  $q' \omega$ , welches die verticale Geschwindigkeit ist, die vermöge der Hebung des Bodenstücks dem Schwerpunkt des Rohrs durch die Quantität der Bewegung  $m \omega \sqrt{p'^2 + q'^2}$  mitgetheilt wird.

Dagegen nimmt  $V_1$  ab: im zweiten Falle um die horizontale Geschwindigkeit  $h \phi$ , welche aus  $M \phi \sqrt{a^2 + h^2}$  hervorgeht, und um die Geschwindigkeit  $f a \phi$ , die wegen der Vergrößerung wegfällt, welche die Reibung des Laffetenschwanzes durch die aus dem Heben der Räder hervorgehende Percussion erleidet. Im dritten Falle nimmt  $V_1$  noch ab, um die Geschwindigkeit  $\frac{m}{M} f q' \omega$ , welche wegen der Vergrößerung wegfällt, die dieselbe Reibung durch die aus dem Heben des Bodenstücks hervorgehende Percussion erleidet; andererseits aber wächst  $V_1$  um die horizontale Geschwindigkeit  $\frac{m}{M} p' \omega$  welche aus  $m \omega \sqrt{p'^2 + q'^2}$  hervorgeht. Denn da diese beiden Drehungen nach entgegengesetzten Richtungen stattfinden, so müssen sie auch die Anfangsgeschwindigkeit des Rücklaufs in entgegengesetzter Art verändern.

Die Quantität der Bewegung  $m \phi \sqrt{a'^2 + h'^2}$ , welche dem Rohre durch das Heben der Räder mitgetheilt wird, verändert die Percussionen auf die Schildzapfenlager. Von der horizontal verwendeten Geschwindigkeit  $V_t$  geht  $h' \phi$  ab, als horizontale Seitenkraft der Geschwindigkeit  $\phi \sqrt{a'^2 + h'^2}$ , welche der Schwerpunkt von  $m$  annimmt, und von der vertical verwendeten Geschwindigkeit  $V_s$  geht die verticale Seitenkraft  $a' \phi$  ab.

Was die Hebung des Bodenstücks anbetrifft, so vermehrt sie die erstere der auf die Schildzapfenlager verwendeten Geschwindigkeit, so wie die horizontale Seitenkraft  $p' \omega$  der Winkelgeschwindigkeit,

welche der Schwerpunkt  $m$  erhält, und vermindert die andere um die lothrechte Seitenkraft  $q_w$ .

Es ist übrigens so leicht, sich von allen diesen eben angegebenen Veränderungen Rechenschaft zu geben, daß man auch durch bloße Betrachtung des Parallelogramms der Kräfte aus den Formeln des ersten Falles die für den zweiten und dritten ableiten könnte.

148. Die Ausdrücke für die verwendeten Geschwindigkeiten zeigen nicht an, ob die Kreisbewegungen auch wirklich die Werthe der Geschwindigkeiten in der veränderlichen Größe  $V_1$  vergrößern; aber eine praktische Anwendung der Ausdrücke zeigt, daß bei zwei Laffeten von gleicher Masse und unter gleichen Schußverhältnissen, diejenige die stärksten Percussionen auf ihre Schildzapfenlager und den Laffetenschwanz auszuhalten hat, welche die größte Winkelgeschwindigkeit  $\phi$  annimmt.

Um die schädlichsten Percussionen zu ermäßigen, muß man daher solche Konstruktionslinien wählen, daß die Geschwindigkeit  $\phi$  sehr klein wird. Aber der Ausdruck für diese Geschwindigkeit ist selbst für den zweiten Fall, wo er viel weniger zusammengesetzt als beim dritten Falle ist, nicht einfach genug, um aus demselben den Einfluß der Entfernungen  $a$ ,  $c$  und  $h$  leicht zu erkennen.

Daher muß man nur wie beim ersten Fall (143) die Größe  $\frac{c}{a-h}$  auf ihr Minimum zu bringen suchen; denn je weniger die Räder dem Heben ausgesetzt sind, um so geringer muß nothwendigerweise auch die Drehungsgeschwindigkeit für einen solchen Schußwinkel sein, bei dem die Räder wirklich gehoben werden.

Hieraus folgt, daß man die Percussionen einer Laffete ermäßigt, wenn man den Schwerpunkt der ganzen Masse  $M$  der Seele nahe und dem Erdboden nähert, und wenn man in horizontaler Richtung diesen Schwerpunkt von der Linie entfernt, in welcher der Laffetenschwanz aufliegt.

Die mit den verschiedenen gebräuchlichen Laffeten angestellten Berechnungen haben gezeigt, daß die Konstruktionslinien dergestalt geordnet sein dürfen, daß die Räder der Feld-Laffeten bei einem Schußwinkel von 7 bis 8° anfangen, den Erdboden zu verlassen. Wenn aber das Rohr im Verhältniß zum Geschosß sehr leicht ist,

wie bei der Szölligen Belagerungshaubize, so ist der Winkel von  $7^\circ$  eine Gränze, die man nur dann erreichen darf, wenn man dafür gesorgt hat, daß die Widerstandsfähigkeit der Beschläge, welche die Achse befestigen, vergrößert ist, und wenn das Verhältniß des Gewichts vom Geschütze zu dem des Geschosses sehr groß ist, wie bei der Festungs- und Küsten-Artillerie, so kann der Schußwinkel, unter welchem die Räder aufhören, gegen den Erdboden gedrückt zu werden, bis zu  $15^\circ$  steigen, ohne daß die Laffete zu stark angegriffen wird.

149. Jedoch bemerken wir, daß die Veränderungen in den Konstruktionslinien eben keine besonders auffallende Verminderung der Percussionen hervorbringen, wenn nur die allgemeine Einrichtung der Laffeten ungefähr dieselbe bleibt. Wenn z. B. die Spfündige Laffete des neuen Modells etwas weniger von den Wirkungen des Schusses leidet als die ältere, so kommt dies daher, wie eine Anwendung der Formeln zeigt, daß sie etwas leichter ist, und nicht weil ihre Konstruktionslinien von einander abweichen, und wenn die neue 12pfündige Laffete merklich weniger leidet als die Gribaunalsche, so liegt die Hauptursache davon wiederum in der Gewichtsverschiedenheit: denn die erstere wiegt nur 1245 Kg., während die letztere 1319 Kg. wiegt, auch ist die Anfangsgeschwindigkeit des Rücklaufs bei der einen größer als bei der andern, wie dies auch nach dem Ausdruck für  $V_1$ , in welchem ein Theil die Größe  $M$  im Nenner hat, statt finden muß.

Wenn aber die allgemeine Einrichtung der Laffeten sehr verschieden ist, so sind Veränderungen in den Konstruktionslinien sehr wirksam. So z. B. bewirkt die Größe dieser Linien bei den Belagerungs-Laffeten, daß die Räder nicht mehr gehoben werden, sobald der Schußwinkel 4 bis  $5^\circ$  beträgt, während bei den Festungs- und Küsten-Laffeten dieser Umstand erst bei einem Schußwinkel von ungefähr  $15^\circ$  eintritt, woraus augenscheinlich folgt, daß bei gleichem Winkel die erstere Laffete weniger leidet als die zweite.

150. Das wirksamste Mittel, die Percussion auf die Laffete zu schwächen, ist, dem Rohr das größte Gewicht zu geben, welches noch die für das System nothwendige Beweglichkeit gestattet. Aus der Vergrößerung von  $m$  folgt wirklich eine Verminderung von  $V$

und folglich von allen Stößen, deren allgemeiner Ausdruck  $\left(\frac{mn^2 V^2}{2}\right)$  Kg. ist, wo  $n$  einen Bruch darstellt (144).

Die Percussionen sind auch um so geringer, je schwächer die Pulverladung ist, wenn alle übrigen Umstände gleich bleiben; denn von dieser Ladung hängt der Werth von  $V$  ab.

Der Schußwinkel aber hat wenig Einfluß, weil er niemals sehr groß ist und weil der Bruch  $n^2$  nur das Quadrat des Sinus oder Cosinus enthält.

151. Wenn bei den Laffeten, deren Schußwinkel 10 bis 20° nicht übersteigt, die Hebung der Räder durch diesen Winkel begrenzt wird, wie z. B. bei den Festungs- und Küsten-Laffeten, so erleidet der Laffetenschwanz eine starke normale Percussion, denn  $Vn$  erhält alsdann einen großen Werth. Was in Nr. 145 bewiesen worden ist, ist demnach für solche Fälle nicht wahr. Indessen braucht man einen solchen Stoß in Bezug auf den übrigen Theil der Laffete wenig in Anschlag zu bringen, da er nur den Laffetenschwanz zu zerbrechen oder zu spalten strebt; aber man muß ihn berücksichtigen, wenn man die Dimensionen einer Laufrinne bei einem Rahmen bestimmen will, weil dieser Theil dem Zerbrechen ausgesetzt ist, da er den hintern Theil der Laffete trägt und selbst nur von zwei Stützen getragen wird.

152. Das auf die Schildzapfenlager verwendete Kraft-Quantum ist bei starken Ladungen und schweren Geschossen, wie Granaten und Kartätschen, im Verhältniß zu dem Werthe, den  $V$  alsdann erhält, sehr groß. Der daraus entstehende Stoß verursacht Längentrisse und zuweilen Brüche; es werden hierdurch oftmals die Laffeten dienstuntauglich, was besonders vorkommt, wenn die Richtung des Stoßes sehr von der Parallelen mit dem Erdboden abweicht, d. h. wenn seine lothrechte Seitenkraft im Verhältniß zur horizontalen groß ist.

Man muß sich daher besonders bestreben, die Percussionen auf die Schildzapfen zu vermindern. Das Mittel hierzu ist offenbar, die Rücklaufs-Geschwindigkeit so groß zu machen, als es der Dienst erlaubt, indem man die Total-Masse des Systems vermindert. Wenn demnach die Masse des Rohrs gegeben ist, so muß

die Masse der Laffete auf das durch den Rücklauf und durch die Haltbarkeit bedingte Minimum gebracht werden.

Dies setzt bei der Konstruktion eine große Geschicklichkeit voraus; man muß die Holz-, Eisen- und Metalltheile dergestalt combiniren, daß man eine Laffete erhält, die bei der möglichst kleinsten Masse einen sehr großen Widerstand zu leisten vermag.

153. Die Trägheit und die Reibung der Räder bewirken, daß die Brust der Laffete die Mittelachse stößt. Die horizontale Seitenkraft dieses Stoßes ist sehr schädlich, da sie durch einen Holztheil von geringer Länge in der Richtung seiner Fasern aufgehoben werden muß. Daher ist es denn auch nicht selten, daß nach einer Anzahl Schüsse ein beinahe horizontaler Sprung im vordern Winkel des Achslagers entsteht. Dieser Sprung zieht sich immer mehr und mehr nach der vordern Fläche der Laffetenwand hin, und es kommt selbst zuweilen vor, daß der untere Theil der Laffetenbrust mit dem übrigen Theile nur noch durch die Beschläge verbunden ist. Man müßte demnach sich bestreben, die Geschwindigkeit des Rücklaufes zu vermindern: aber andere wichtigere Betrachtungen (152) erheischen gerade das Gegentheil, und es läßt sich weiter nichts thun, als das Gewicht der Räder auf die Gränze zu beschränken, welche die nöthige Haltbarkeit erfordert.

154. Mit der Percussion auf die Richtschraube braucht man sich nicht zu beschäftigen; denn nach dem aus den Formeln für  $\frac{U}{m}$  berechneten Werthe ist sie stets sehr schwach, und wenn sie in der Wirklichkeit ihren theoretischen Werth übersteigt, so muß man glauben, daß diese Vermehrung aus einem besondern Umstande bei der Bewegung des Geschosses in der Seele herrührt, ein Umstand, dessen Einfluß weder abgeschätzt, noch verhindert werden kann.

155. Die Achse stößt die Buchse in allen Schußverhältnissen. Wenn die Räder gehoben werden, so strebt die Percussion der Achsschenkel, den Winkel zu vergrößern, den sie mit der Mittelachse bilden. Diese Percussion haben die Beschläge auszuhalten, d. h. die Achspfanzen und die mit Schraubengewinden versehenen Enden der Schraubenbolzen, durch welche die Pfannen gehalten werden. Da diese Theile schwach sind, so ist es wichtig, daß das Kraft-Quantum, welches auf sie verwendet wird, ebenfalls schwach sei.

Dies wird aber statt finden, wenn man den Konstruktionslinien die angemessenen Längen giebt, um den die Gränzen der Hebung der Räder (148) bildenden Schußwinkel sehr klein zu machen.

Es scheint anfänglich, als ob man die Achse und ihre Beschlüge beträchtlich schone, wenn man die Masse  $m'$  der Räder verringert; aber der Einfluß aller nur möglichen Veränderungen dieser Masse auf diejenigen Percussionen, wo sie in Rechnung kommt, ist im Grunde sehr unbedeutend. Die Intensität des Stoßes nimmt wirklich gleichzeitig mit dem Verlust ab, welchen die Geschwindigkeit der Masse  $M - m'$  erleidet, und dieser Verlust vermindert sich, wenn das Verhältniß von  $M - m'$  zu  $m'$  wächst oder wenn  $m'$  kleiner wird; aber das Verhältniß ist zu groß, als daß die Größe, welche überhaupt von der Masse  $m'$  fortgenommen werden kann, dies Verhältniß so vermehrte, daß die Percussionen merklich vermindert werden könnten.

Bei dem neuen Material ist die Masse der Räder hinsichtlich der für sie nöthigen Haltbarkeit auf ein Minimum gebracht, und dennoch sind die Stöße, die von ihr abhängen, merkbar dieselben, wie bei dem alten Material, wo  $m'$  einen größern Werth hatte. Die zwölfpfündige Laffete ist z. B. zugleich mit ihren Rädern erleichtert worden, und die Vergrößerung, die sich hieraus für die Rücklaufs-Geschwindigkeit ergeben hat, hebt nothwendiger Weise einen Theil der Wirkung auf, welche aus der alleinigen Verminderung von  $m'$  entstanden wäre.

156. Wenn die Räder gegen den Erdboden gedrückt werden, so strebt der lothrechte Stoß der Achse auf die Buchsen, die Achsschenkel in die Höhe zu biegen und der horizontale Stoß strebt, sie nach vorne zu biegen. Der erstere würde vermindert werden, wenn man den Schwerpunkt des Systems, horizontal gemessen, der Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes näher brächte; aber dann würde diese Form der Haltbarkeit der Laffetenwände weniger günstig sein (148). Was den zweiten Stoß anbelangt, so wird er auf sein Minimum gebracht, wenn der Widerstand der Räder oder ihr Gewicht nicht die Gränze übersteigt, welche die Haltbarkeit erfordert; denn man darf nicht daran denken, die Rücklaufs-Geschwindigkeit dadurch zu vermindern, daß man der Laffete eine große Masse gäbe (152).

157. Ehe Poisson die Frage über die Wirkung des Schusses abgehandelt hatte, schätzte man dessen Intensität nach der Größe des Rücklaufswinkels, d. h. des Winkels, den der Erdboden mit einer in der Längenebene von der Schildzapfenaxe nach der Unterstüßungslinie des Laffetenschwanzes gezogenen geraden Linie bildete. Dies gab ein einfaches und leichtes Mittel ab; denn die Größe eines solchen Winkels kann durch bloßes Ansehen der Laffete geschätzt werden, während es unmöglich ist, die Lage des Schwerpunktes des Systems auch nur annähernd nach dem Augenmaße zu bestimmen, und diese Lage, von welcher die Stöße abhängen (148), läßt sich bei einer zu projectirenden Laffete selbst durch den Calcul sehr schwer auffinden.

Aber der Rücklaufswinkel führt allgemein nur zu einer falschen Schätzung; denn man sieht ein, daß derselbe bei zwei Laffeten derselbe bleiben kann, ohne daß die Schwerpunkte in Bezug auf die Seelenaxe und auf die Unterstüßungslinie des Laffetenschwanzes eine gleiche Lage haben. Dies Mittel reichte nur für den Fall aus, wo die Einrichtung der Laffete im allgemeinen gegeben war; denn dann steht wirklich zu erwarten, daß für die Laffete, welche den kleinsten Rücklaufswinkel hat, auch die Größe  $\frac{c}{a-fh}$  den kleinsten Werth habe, und daß sie folglich am wenigsten vom Schusse leide. Indessen müßte der Unterschied in den Rücklaufswinkeln sehr groß sein, wenn bei Laffeten von gleicher Masse auch die Differenz in den Stößen sehr bedeutend sein sollte.

158. Wir beschließen die Theorie der Stöße mit einer gedrängten Uebersicht der Grundsätze, durch deren Beachtung man so viel als möglich die Wirkung des Schusses auf die Laffeten verringert:

- 1) Die Percussionen werden geringer, wenn das Verhältniß des Gewichts des Rohrs zu dem des Geschosses vergrößert wird (150).
- 2) Die Percussionen nehmen mit dem Gewichte der Laffete an Intensität ab (152).
- 3) Die Verkleinerung des Schußwinkels, unter welchem die Räder anfangen, den Erdboden zu verlassen, ist der Haltbarkeit der Laffete günstig. Dieser Winkel ist um so kleiner,

je näher der Schwerpunkt des Systems der Seelenaxe ist, je tiefer er liegt und je weiter er von der Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes entfernt ist (148).

4) Der Einfluß der Konstruktionslinien auf die Percussionen ist nur bei großen Veränderungen der im dritten Grundsätze erwähnten Entfernungen merklich (149).

5) Man schont die Achse und die Brust der Laffete, wenn man die Masse der Räder so klein macht, als es ihre Haltbarkeit nur erlaubt (156 u. 153).

## Zweites Kapitel.

### Der Rücklauf.

159. Wir müssen uns jetzt speziell mit dem Rücklauf beschäftigen, hauptsächlich um die Regeln aufzufinden, die beim Entwurfe der Laffeten zu beobachten sind, damit die Länge des Weges, den das System nach der Entzündung des Pulvers zurücklegt, verringert werde. Um dies auf analytischem Wege zu erlangen, müßten wir eine Formel entwickeln, welche diese Länge als eine Function der Abmessungen der Laffete und der der rückgängigen Bewegung entgegen wirkenden Widerstände darstellte; aber diese Berechnungen würden verwickelt, weil man die beiden Fälle betrachten müßte, in welchen sich das System befinden kann, nämlich den Fall, wo die Räder den Erdboden nicht verlassen, und den, wo sie in die Höhe gehoben werden.

Im ersteren Falle haben nach der Entzündung des Pulvers alle Theile des Systems eine horizontale Geschwindigkeit, und die Räder nehmen eine Rotations-Bewegung um die Achse an, welche sie in der Richtung des Rücklaufs forttreibt. Diesen Bewegungen wirken die Reibungen entgegen; die Kraft, welche auf die Reibung der Räder verwendet wird, hängt von dem Drucke derselben gegen den Erdboden und von ihrer Winkelgeschwindigkeit ab. Im Anfange ist augenscheinlich diese letztere Geschwindigkeit von der Art, daß der von jedem Punkte des Radumfanges beschriebene Bogen kürzer ist als die horizontale Entfernung, welche die Laffete in derselben

Zeit durchläuft. Folglich gleiten die Räder nach rückwärts, um der Achse zu folgen, und es entsteht beim Beginn der Bewegung eine gleitende Reibung. Aber diese Reibung, welche die horizontale Geschwindigkeit des Systems vermindert, vergrößert immer mehr die Winkelgeschwindigkeit. Dadurch wird die Rotation der Räder bald groß genug, daß diese der Achse folgen können, und von diesem Augenblicke an wird die Reibung der Räder zur Walzenreibung. Indessen währt dieser Zustand nur einen Augenblick, da die Geschwindigkeit der Laffete fortwährend abnimmt und die Winkelgeschwindigkeit der Räder nicht eben so schnell abnehmen kann, weil sie unabhängig und die Walzenreibung unbedeutend ist. Diese Winkelgeschwindigkeit wird demnach die ortsverändernde Geschwindigkeit des ganzen Systems schnell überwiegen, so daß die Räder, wenn sie frei wären, der Achse vorausseilen würden. Da sie aber die Achse nicht verlassen, so stoßen sie dieselbe und vergrößern den Rücklauf, was wieder nicht statt finden kann, ohne daß die Reibung auf dem Erdboden wieder zur gleitenden wird.

Noch zusammengesetzter ist der Fall, wo die Räder gehoben werden. Diese erhalten alsdann eine Rotations-Bewegung, welche aus dem Stöße der Achsen gegen die Buchsen entsteht und augenscheinlich für den höchsten Punkt der Felgen in einer dem Rücklauf entgegengesetzten Richtung statt findet. Hat alsdann die Laffete eine gewisse horizontale Länge zurückgelegt, so fallen ihre Räder wiederum auf die Erde, die Rotation derselben nimmt plötzlich die entgegengesetzte Richtung an und sämtliche Geschwindigkeiten werden augenblicklich verändert. Es ist selbst möglich, daß das ganze System nach dem Niederfallen des vordern Theils in die Höhe gehoben wird, oder auch daß nur eine Rotation der Laffete um die Achse eintritt, und während eins von beiden geschieht, bewegt sich die Laffete von neuem in horizontaler Richtung, bis der Laffetenschwanz wieder niederfällt und sich vielleicht nochmals hebt.

Wenn man also die Länge des Rücklaufes bestimmen wollte, so müßte man die verschiedenen Längen berechnen, welche die Laffete von einer jeden dieser plötzlichen Veränderungen bis zur nächstfolgenden zurücklegt und ermitteln, wie viele solcher Veränderungen vom Anfange bis zum Ende der ortsverändernden Bewegung eintreten können. Poisson hat alle diese Verhältnisse der Aufgabe

in dem bereits (146) erwähnten Memoire abgehandelt. Wer die Art und Weise kennen lernen will, wie diese Berechnungen anzustellen sind, der möge jenes Meisterstück der Analyse zu Rathe ziehen. Wir wollen hier nur untersuchen, welche von der Theorie gegebene Folgerungen anwendbar sind.

160. Der Rücklauf kann durch zwei Mittel beschränkt werden, nämlich durch die Verminderung seiner Anfangs-Geschwindigkeit  $V_1$  und durch die Vergrößerung der Widerstände, welche der rückgängigen Bewegung entgegen wirken.

Man darf bei einem Entwurfe nicht daran denken, die Anfangs-Geschwindigkeit  $V_1$  sehr zu vermindern; denn hierdurch würde die Laffete mehr leiden, da das Bewegungs-Quantum  $mV$  des Rohrs aufgewendet werden muß, sei es nun auf die Ortsveränderung des Systems oder auf die Percussionen. Nur die Vergrößerung von  $m$ , durch welche  $V$  vermindert und die Masse des ganzen Systems  $M$  vergrößert wird, kann  $V_1$  ohne Nachtheil kleiner machen.

Wir müssen also die einflußreichen Widerstände auffuchen und ermitteln, in wie fern es möglich ist, sie durch die Einrichtung oder durch die Form der Laffeten zu vergrößern.

161. Die Reibung der Radeschienen auf dem Erdboden wird eine Walzenreibung, sobald die Räder die Geschwindigkeit der Achse erlangt haben. Vor diesem Zeitpunkte ist es eine gleitende Reibung, die dem Rücklaufe entgegen wirkt und bald nachher wird sie wiederum zur gleitenden und befördert die Ortsveränderung (159). Man kann daher annehmen, daß die Reibung der Radeschienen auf einem harten und ebenen Erdboden in Summa nur einen schwachen Einfluß ausübt.

Die Reibung der Achsschenkel in den Naben ist immer eine gleitende; allein sie bildet nur in den Fällen einen etwas kräftigen Widerstand, wenn ihr Hebelsarm lang und der Werth des Coefficienten  $f$  groß ist. Sie kann also unberücksichtigt bleiben, wenn die Achsen von Eisen, die Buchsen von Bronze sind und die Räder auf den Felgen laufen. Dagegen vermindert sie den Rücklauf beträchtlich, wenn man den mittleren Halbmesser der Achsschenkel vergrößert und Materialien in Berührung bringt, die eine starke Reibung verursachen, oder auch wenn man sich darauf beschränkt,

den Hebelarm der Kraft zu vermindern, indem man die Räder mit den Naben aufliegen läßt, wie bei den neuen Festungs- und Küsten-Laffeten, wenn dieselben auf dem Rahmen stehen.

Der Laffetenschwanz drückt ziemlich stark auf den Erdboden, und diese Reibung muß demnach den Rücklauf vermindern. Damit dies bedeutend sei, genügt es, diesen Druck zu vergrößern. Dies geschieht, wenn man die horizontale Entfernung des Schwerpunkts des Systems von der Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes klein macht; da aber hierdurch die Winkelgeschwindigkeit  $\varphi$  und folglich auch die Percussionen vergrößert werden (148), so muß man hierbei sehr vorsichtig verfahren.

Wenn die Laffete auf ein nicht vorbereitetes Terrain gestellt werden muß, so sind keine anderen Widerstände als die Reibungen vorhanden; wir können daher als Grundsatz aufstellen, daß man, um bei den Feldgeschützen den Rücklauf zu vermindern, die Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes und die Lothrechte durch den Schwerpunkt der ganzen Masse einander nähern muß.

162. Dasselbe Verfahren kann man auch bei der Belagerungs-Festungs- und Küsten-Artillerie anwenden; allein man hat hier noch ein anderes Mittel, nämlich die Anwendung einer geneigten Ebene, welche so eingerichtet ist, daß die Quantität der Bewegung  $MV_1$  die Masse  $M$  auf ihr in die Höhe hebt. Die Neigung dieser Ebene hängt bei den Rahmen-Laffeten von deren Einrichtung und Konstructionslinien ab; bei den Laffeten aber, welche auf Bettungen gebraucht werden, ist sie davon unabhängig.

Wenn man einen Rahmen oder eine Bettung nach der Mündung des Geschüßes zu stark abfallen ließe, so würde man nur die Beschädigungen der Laffete beschleunigen; denn alsdann würde augenscheinlich die Ape der Seele mit der Unterstützungsebene einen Winkel bilden, welcher der Summe des Schußwinkels  $\odot$  und des Neigungswinkels  $\downarrow$  gleich wäre, oder mit andern Worten, man müßte in den Formeln  $\odot + \downarrow$  für  $\odot$  setzen, oder endlich die Percussionen würden dieselben sein, wie auf einer horizontalen Ebene bei einem Schußwinkel  $\odot + \downarrow$ . Sollten die Percussionen durch eine große Neigung der Unterstützungsebene nicht vermehrt werden, so müßte man die geneigte Ebene erst bei der Unterstützungslinie des Laffetenschwanzes anfangen lassen. Alsdann stände

die Laffete bei der Entzündung des Pulvers und während der Stöße ganz auf einer horizontalen Ebene, und der Rücklauf erfolgte dennoch auf einer ansteigenden Ebene. Anfangs würde zwar das zu hebende Gewicht nicht das Gewicht des ganzen Systems sein; es könnte selbst vorkommen, daß der Rücklauf beendet wäre, ehe noch die Räder die geneigte Ebene erreicht hätten, und endlich wird der Druck des Laffetenschwanzes auf diese Ebene und folglich auch seine Reibung um so geringer, je größer die Neigung ist. Jedenfalls aber würde der Aufwand an Quantität der Bewegung, welche das in die Höhe Steigen eines Theils des Systems erfordert, wohl hinreichen, um eine ansehnliche Verminderung des Rücklaufs zu bewirken.

163. Die Schiffs-Artillerie beschränkt die rückgängige Bewegung ihrer Geschütze um ein Bedeutendes, indem sie derselben durch die Spannung eines Seiles, Hemmseil genannt, entgegen wirkt, welches mit dem einen Ende an der Laffete, mit dem andern an einem festen Punkt befestigt ist. Diese Spannung hebt allmählig den größten Theil der Quantität der Bewegung des Systems auf.

Man bedient sich beim Gebirgsgeschütz ebenfalls eines Taues, um den Rücklauf zu verkürzen. Dieses wird so angebracht, daß es sich nach und nach spannt und endlich ein Rad hemmt.

Dergleichen Mittel dürfen aber nur in der Art angebracht werden, daß sie keine plötzliche Aenderung in der Geschwindigkeit hervorbringen; denn sonst würden sie das Zerbrechen der Laffeten verursachen.

164. Dies Kapitel würde unvollständig sein, wenn wir es beschließen, ohne von dem Einfluß zu reden, den die Beschaffenheit des Erdbodens auf den Rücklauf ausübt.

Wenn das Terrain statt hart und eben zu sein, wie wir es annahmen, im Gegentheil nachgiebig und holperig ist, wie dies gewöhnlich im freien Felde statt findet, so ist der Rücklauf bei weitem geringer; denn die Widerstände, welche sich der Bewegung der Räder und des Laffetenschwanzes entgegen stellen, wachsen augenscheinlich mit der Nachgiebigkeit des Erdbodens, und Steine oder andere Erhabenheiten machen dieser Bewegung bald ein Ende,

wenn sie dieselbe nicht mit einem male aufheben, wobei die Laffeten aber auch weit mehr leiden.

Sedoch entstehen die Beschädigungen, welche ein nachgiebiger Boden verursacht, nicht aus den lothrechten Percussionen auf die Räder und den Laffetenschwanz; denn diese sind im Gegentheil weniger schädlich als auf hartem Erdboden, da die Quantität der Bewegung, die sie erzeugt, nicht mehr plötzlich aufgehoben wird, sondern nach und nach auf die Widerstände der verschiedenen Erdschichten verloren geht, in welche die Unterstützungspunkte eindringen. Was dagegen in diesem Falle die Beschädigung der Laffete bewirkt, sind die Geleise, welche von dem Laffetenschwanz und besonders von den Rädern gebildet werden. Die Quantität der Bewegung, welche auf sie verwendet wird, ist um so größer, je zäher der Erdboden ist, und da ihre Richtung parallel mit der Unterstützungsebene ist, so erfolgen daraus entweder hinter den Schildzapfen oder an der Brust der Laffete Sprünge, die beträchtlicher sind, als die von einem harten Terrain an diesen Stellen hervorgebrachten. Die Achse kann selbst in horizontaler Richtung eine stärkere Biegung annehmen.

Was die Unebenheiten anbetrifft, so ist es klar, daß sie noch weit mehr als die Geleise Längensrisse in den Laffeten oder eine Biegung der Achsen verursachen, da sie das System plötzlich aufhalten, oder die Geschwindigkeit der Räder oder des Laffetenschwanzes mit einem male vermindern.

---

## Dritter Theil.

### Einrichtungen und Formen.

165. Unter Einrichtung versteht man in der Artillerie die Auswahl und Zusammenstellung der verschiedenen Bestandtheile eines Gegenstandes des Materials. Wir haben hier nur die Einrichtung der Laffeten und Fahrzeuge zu untersuchen, welche Maschinen so eingerichtet sein müssen, daß sie zu ihrem Dienste vollkommen geeignet sind.

Durch die Form wird entweder die Gesamtheit der Theile oder jeder einzelne Theil für sich bestimmt. Hieraus ergibt sich für jede Art von Wagen oder Laffeten eine Gesamtform und mehrere Detailformen.

Erstere hat es mit der Wahl der Längenabmessungen zu thun, welche die Percussionen und Zugkräfte bestimmen, und von denen wir einige schon als Konstructionslinien kennen lernten (141). Sie läßt sich nicht von der Einrichtung trennen, da diese eben so auf die Bestimmung jener Linien Einfluß hat, wie jene Linien auf die Einrichtung. Wir werden daher die Einrichtung und die Gesamtform zusammen abhandeln und dagegen die Detailformen einem andern Kapitel vorbehalten.

Da indessen die Räder und Achsen Haupttheile aller Fahrzeuge sind und da ihre Bestandtheile und Gestalten fast überall dieselben bleiben, so ist es angemessen, mit der Einrichtung und den Formen dieser Theile zu beginnen, was auch mit dem oben in der Theorie beobachteten Gang übereinstimmt.

### Erstes Kapitel.

#### Einrichtung und Form der Räder und Achsen.

Obgleich es nicht in unserer Absicht liegt, die Einrichtung aller Theile jeder Art von Wagen und Laffeten anzugeben, so

nöthigt uns doch die Wichtigkeit der Räder und Achsen, ihre spezielle Einrichtung auseinander zu setzen, und obgleich ihre Formen eigentlich Detailformen sind, so müssen wir sie dennoch der Kürze und Deutlichkeit wegen, mit ihrer Einrichtung zusammen abhandeln.

## E r s t e A b t h e i l u n g .

### Einrichtung und Form der Räder.

166. Das Rad besteht aus der Nabe, den Speichen und den Felgen. Die Nabe enthält die Ausbohrung zur Aufnahme eines Achsschenkels. Die Speichen sitzen sämmtlich in der Nabe, und zwei und zwei in einer Felge; diese Felgen bilden zusammen einen flachen und kreisrunden Ring, dessen Mittellinie mit der der Nabe zusammenfällt. Die Stirnfläche dieses Ringes ist mit einem eisernen Reifen oder mit eben solchen Schienen belegt, welche das System in allen Theilen zusammen halten und den Abnutzungen vorbeugen, welche die Felgen sehr schnell erleiden würden, wenn sie sich auf dem Erdboden rieben.

Es ist leicht zu begreifen, daß durch diese Einrichtung Räder von wenig Masse sehr große Lasten zu tragen vermögen; denn man sieht wohl ein, daß sämmtliche Speichen des untern Halbkreises die Nabe in die Höhe halten, indem sie sich gegen den Kranz der Felgen stützen, und daß eine Speiche brechen kann, ohne daß dadurch das Zusammensinken des Fahrzeuges veranlaßt wird.

### Die Stürzung.

167. Wenn man nur ebenes und horizontales Terrain zu befahren hätte, so würde es vortheilhaft sein, die Speichen normal auf die Nabe zu stellen, und die Mittellinie der letzteren horizontal zu legen. Dann würde der Druck der Last in der Länge der Speichen wirken und zur Erhaltung der Festigkeit ihrer Verbindung mit der Nabe und den zugehörigen Felgen beitragen. Aber die Fahrzeuge der Artillerie fahren sehr oft auf einem in der Richtung der Achsen geneigten Terrain, auf holprigen von Löchern und Geleis Spuren durchschnittenen Wegen; im ersteren Falle würde die auf dem Erdboden normal stehende Speiche dem Drucke nicht gerad-

linig widerstehen; im andern Falle werden die Erschütterungen des Rades auf die untern Felgen Stöße hervorbringen, welche bald gegen die Mittellinie des Fahrzeuges, bald nach außen gerichtet sind, und hierdurch erfolgen unaufhörlich Erschütterungen, durch welche die Verbindungen der Speichen, Felgen und Nabe bald zerstört würden, wenn die Räder so gebaut wären, wie sie es bei einem horizontalen Terrain sein können.

Um nun den Rädern auf geneigter Fläche mehr Widerstandsfähigkeit zu verschaffen, und den Beschädigungen, welche sie bei schlechten Wegen erleiden, vorzubeugen, giebt man den Speichen eine Neigung gegen die Mittellinie der Nabe. Diese Neigung, durch welche die Felgen von der Längenebene des Fahrzeuges entfernt werden, heißt die Stürzung; sie wird durch die Ausladung bestimmt, d. h. durch die Entfernung eines an der äußeren ebenen Fläche der Felgen angelegten Lineals von dem vorderen Rande der Zapfenlöcher, welche zur Aufnahme der Speichenzapfen in der Nabe angebracht sind.

Demnach steht die unterste Speiche gegen einen horizontalen Erdboden schräge; der Felgenkranz stützt sich mittelst Streben gegen die Nabe, und die Wirkungen der Stöße werden bedeutend geschwächt. Denn wenn ein solcher Stoß die unterste Felge nach der Mittellinie des Fahrzeuges zu drücken strebte, so müßten die Speichen dieser Felge sich gegen den Erdboden mehr normal stellen und folglich müßte der Durchmesser des Rades größer werden, damit diese Bewegung stattfinden könne. Einer solchen Wirkung aber widersteht sich der Druck der Last und besonders die Festigkeit des Felgenkranzes. Ein Stoß in entgegengesetzter Richtung wirkt nun zwar beinahe eben so, als ob die unterste Speiche nicht schräge stände. Da aber nun die Verbindungen nur Stöße in dieser Richtung auszuhalten haben, so widerstehen sie bei weitem länger, als wenn sie abwechselnd Stöße aus entgegengesetzten Richtungen erlitten.

Auf schlechten Wegen, wo bald das eine, bald das andere Rad in Löcher fällt, ist die Stürzung noch vortheilhafter als auf Ebenen, die rechtwinklich gegen die Marschrichtung geneigt sind: die Mittellinien der Achsen nehmen in beiden Fällen eine gleiche Lage an, und da hierdurch die unterste Speiche beinahe lothrecht zu stehen kommt, so steht sie sehr günstig, um sowohl dem Drucke der Last,

als auch dem Stosse gegen den Grund des Loches widerstehen zu können. Es sind aber gerade die nachtheiligen Wirkungen eines solchen Stosses, die man am ersten zu vermindern suchen muß.

168. Es tritt indessen hier der Fall ein, daß man einen Nachtheil nur dadurch vermeidet, indem man in einen andern fällt: die Stürzung wird den Rädern schädlich, wenn das Fahrzeug sich auf einer guten Straße bewegt, deren Profil horizontal ist, und noch mehr wenn die Straße gewölbt ist, und das Fahrzeug die Mitte hält.

Der hierdurch entstehende Nachtheil ist zwar nicht so groß, als wenn die Räder ohne Stürzung auf holprigen Wegen fahren, aber er muß dennoch hier untersucht werden.

Es sei  $\alpha$  der Winkel, den die unterste Speiche AB mit der Lothrechten macht (Fig. 35); P die totale Last, welche in der Mitte der Achse AA' wirkt; P' und P'' die Drücke in der Richtung der Mittellinie AB und A'B' der Speichen. Diese Richtungen und die Richtung der Kraft P schneiden sich in einem Punkte C; die Winkel BCP und B'CP sind einander gleich und auch gleich  $\alpha$ ; die Kräfte P' und P'' sind gleich große Seitenkräfte des totalen Druckes P, und demnach jede

$$= \frac{P \sin \alpha}{\sin 2 \alpha} = \frac{P}{2 \cos \alpha}$$

Dies ist die Kraft, welche die Speiche zu zerbrechen strebt, allein da sie in schräger Richtung gegen den Erdboden wirkt, so strebt sie auch die Felge mit der horizontalen Seitenkraft  $\frac{P}{2 \cos \alpha} \sin \alpha = \frac{P}{2} \tan \alpha$  fortzuschieben. Außerdem wirkt die Reaction des Erdbodens gegen die verticale Seitenkraft  $\frac{P}{2}$  an den Hebelarm AB  $\sin \alpha$  auf das Zerbrechen der Speichen an der Nabe, oder auf die Zerstörung der Verbindung beider.

Die Speichen sind daher desto mehr dem Zersplittern und dem Zerbrechen am untern Zapfen ausgesetzt, je größer  $\alpha$  oder die Stürzung ist, und dies nicht bloß wegen der Wirkung der Kraft P, sondern die nämliche Wirkung entsteht auch beim Abfeuern des Geschüßes auf horizontalem Boden, weil dann die Räder eine verticale

Percussion erleiden, sie mögen gegen den Boden gedrückt werden, oder nachdem sie gehoben worden sind, wiederum niederfallen.

169. Da die Stürzung in durchschnittenem und holprigem Terrain vortheilhaft, auf guten Wegen aber schädlich ist, so muß sie sich nach der Beschaffenheit der von den Fahrzeugen zu befahrenden Straßen richten. Dies geschieht auch in der Praxis; durch die Erfahrung ist man zeitig genug zu den Grundsätzen geführt worden, die wir aus der Theorie abgeleitet haben. Im Flachlande haben die Speichen nur geringe, im Gebirgslande dagegen eine große Stürzung. Sie fällt zwischen  $6$  bis  $14^{\circ}$ ; aber die Artillerie giebt stets  $7$  bis  $8^{\circ}$ , weil ihre Fahrzeuge zur Befahrung jeder Art von Wegen bestimmt sind.

### Die Speichen.

170. Die Speiche besteht aus drei Theilen, dem Mittelstück, dem obern und untern Zapfen. Der untere Zapfen sitzt in der Nabe, der obere in der Felge.

Nach dem Vorigen wird man leicht die Richtigkeit folgender Grundsätze einsehen: die Speiche muß am untern Zapfen stärker als am obern, hinten dicker als vorne sein, und diejenige Abmessung des Querdurchschnitts, welche in der Richtung der Mittellinie der Nabe liegt, muß größer sein als die andere Abmessung, oder die Speichen müssen eine größere Breite als Dicke haben. Eben so müssen sie aus gewachsenem Holze gefertigt, oder die Fasern desselben nicht durchschnitten sein. Diese Grundsätze sind bei den Speichen des neuen Materials befolgt worden, und man ist dadurch zu folgender Form gelangt.

171. Der Querdurchschnitt des Mittelstücks besteht aus einem Halbkreise, dessen convexe Seite nach dem Fahrzeuge gekehrt ist und aus einem Stück sehr länglicher Ellipse oder Oval, dessen Scheitel durch eine grade Linie abgeschnitten ist, die mit dem Durchmesser des Halbkreises parallel geht. Dieser Durchmesser ist die Dicke der Speiche (Fig. 36).

Schneidet man die Speiche durch eine Ebene, welche durch die Mittellinie der Speiche und der Nabe geht, so ist die hintere Linie der Speiche gerade und mit den Holzfasern oder mit der Mittellinie der Speiche parallel; die vordere Linie der Speiche ist eben-

falls gerade, am untern Zapfen aber weiter von der Mittellinie entfernt als an dem obern Zapfen.

Da die Ebene des oberen Gestemmes mit der Mittellinie der Nabe parallel geht, so bildet sie mit der vordern Seite der Speiche eine ziemlich scharfe Kante, von der ein Theil gewiß durch die Stöße abgesprengt würde, wenn man ihn nicht schon vorher fortschnitte. Die Schnittfläche, welche diesen Theil fortnimmt, steht senkrecht auf der Ebene des Gestemmes und verläuft sich mit der Vorderseite der Speiche.

Hierdurch wird der Unterschied zwischen der Breite am obern und untern Zapfen noch vermehrt, und auch die Holzfasern werden unterbrochen. Aber der Einfluß dieses Abschnittes ist so gering, daß die Breite am obern Zapfen noch groß genug bleibt und daß man das Holz als nicht durchschnitten ansehen kann. Von der Grisebauval'schen Speiche ließ sich dies nicht sagen; denn der abgeschnittene Holztheil verminderte die Breite der Speiche an der Felge beträchtlich (Fig. 37). Der Zweck davon war, der Speiche eine hinlänglich große Biegung zu geben, damit sie nach hinten mit dem Erdboden einen so großen Winkel mache, daß hierdurch die Reibung gegen die Flächen der gewöhnlichen Geleisspuren vermieden würde. Diese Reibung vermindert man aber jetzt durch eine zweckmäßige Einrichtung und Vereinigung von Speiche und Felge.

### Die Nabe.

172. Die Nabe besteht gewöhnlich aus zwei Theilen: der eine ist von Holz und bildet die eigentliche Nabe (Fig. 36), der andere aber ist eine metallene Röhre, Buchse genannt, welche in der Ausbohrung der Nabe sitzt und die Abnutzung der letzteren verhindert.

Da die Achsschenkel konisch geformt sind, so müssen die Buchsen eine ähnliche Form haben und folglich auch die Ausbohrung der Nabe. Es ist daher sehr natürlich, auch der äußern Fläche der Nabe dieselbe Gestalt zu geben. Allein da eine solche Form der Verbindung der Speichen nicht die ganze nothwendige Haltbarkeit gewährt, so wird sie nur an beiden Enden der Nabe angewandt, und dagegen der Haufen oder derjenige Theil, welcher die Zapfen-

löcher für diese Verbindungen enthält, elliptisch geformt und mit den beiden konischen Theilen vereinigt.

Die Durchmesser des Haufens, des Stoßes und der Röhre hängen zunächst von den Durchmessern der Ausbohrung, und dann von der Stärke des Holzes ab, welches die Verbindung mit den Speichen und die Befestigung der Buchse erfordert.

Je länger eine Nabe ist, desto schwerer werden das Rad und die Achse, und desto häufiger findet das Fahrzeug nicht passbare Durchfahrten. Die Naben müssen also kurz sein. Andererseits aber müssen sie den Kräften widerstehen können, welche das zwischen den Hirnflächen und den Zapfenlöchern stehen gebliebene Holz auszubrechen streben; ferner müssen sie lang genug sein, um den Rädern Stabilität zu gewähren, ungeachtet des Bestrebens derselben, um ihren Stützpunkt auf dem Erdboden, parallel mit der Achse, zu schwanken, ein Bestreben, das aus dem Spielraum der Achschenkeln in den Buchsen entsteht und das durch Abnutzung fortwährend vergrößert wird.

Wir müssen indessen bemerken, daß man lange, sonderbar genug, die Nothwendigkeit übertrieben hat, den Naben eine große Länge zu geben, um den Winkel dieser Schwankungen beinahe auf Null zu bringen; die älteren Fuhrwerke, besonders die Handelsfahrzeuge, hatten so weit vorspringende Achschenkeln, daß sie häufig anstießen. Man ist jetzt auf richtigere Ideen zurückgekommen, und in dem neuen Material sowohl, als bei den Frachtwagen sind die Naben weit kürzer als früher.

173. Der Haufen enthält so viele Zapfenlöcher, als er Speichen aufnehmen soll, oder da zu jeder Felge zwei Speichen gehören, doppelt so viel als Felgen vorhanden sind. Die Zapfenlöcher gehen bis zur konischen Ausbohrung der Nabe durch; aber der Durchmesser des Haufens ist so bestimmt, daß die unteren Zapfen der Speichen niemals bis an die Buchse reichen, selbst dann nicht, wenn man beim Nachbinden des Rades diese Zapfen mehr nach der Mittellinie der Nabe treibt; denn es ist leicht zu begreifen, daß ohne eine solche Vorsicht die Buchse durch die Stöße der Felgen gegen den Erdboden erschüttert und ihre Reaction die Zapfen aus den Zapfenlöchern treiben würde.

Eiserne Ringe, welche um den Haufen an jeder Seite der Zapfenlöcher, so wie um den Stoß und die Röhre der Nabe liegen, beugen den zerstörenden Wirkungen des Eintrocknens vor und verhindern beim Eintreiben der Speichenzapfen in ihre Zapfenlöcher das Absprengen des oberen Theil des Haufens.

### Die Buchsen.

174. Für die Leichtigkeit des Fahrens ist es sehr wichtig, daß der innere hohle Raum der Nabe, welcher den Achsschenkel aufnimmt, ein Minimum sei; denn wirklich ist der mittlere Halbmesser dieses Raumes der Hebelarm der Reibung, welche durch die bewegende Kraft überwunden werden muß (44), und wenn wir bei der Theorie der Räder und Fahrzeuge den mittleren Halbmesser des Achsschenkels als Hebelarm dieser Reibung annahmen, so geschah dies, weil beide bei einer gut gefertigten Maschine im Grunde genommen sehr wenig von einander verschieden sind. Damit dies aber immer stattfinde, muß man das Vergrößern der Ausbohrung der Nabe verhindern, was man durch das Bekleiden ihrer Seitenwände mit einer metallischen Masse erreicht.

Bei denjenigen Naben, welche eiserne Achsen aufnehmen sollen, wird die Ausbohrung auf ihrer ganzen Länge mit einer bronzenen Buchse ausgefüllert. Diese beiden metallischen Substanzen nutzen sich wenig ab und verursachen bei einer gegenseitigen Reibung nur einen geringen Widerstand, wenn man nur von Zeit zu Zeit Schmiere zwischen sie bringt.

Innerhalb ist die Buchse konisch, wie der Achsschenkel, den sie aufnehmen soll (Fig. 36). Eine Erweiterung in der Mitte ihrer Länge nimmt die Schmiere auf, die ohne diese Vorrichtung bald herausgeschleudert würde. Die äußere Fläche ist ebenfalls konisch, damit das Metall gleich stark bleibt und das Einsetzen der Buchse in die Nabe erleichtert wird. An ihrem weitem Ende befinden sich zwei Nasen; sie bilden Vorstände und werden durch zwei starke Krammen in der Nabe festgehalten.

175. Die Naben, welche sich auf hölzernen Achsen drehen, werden an jedem Ende ihrer Ausbohrung mit einer geschmiedeten eisernen Buchse ausgefüllert. Man giebt dieser nur eine geringe Länge; jede hat zwei Nasen, und zwei Krammen halten sie fest.

Diese Einrichtung der Nabe ist für die bewegende Kraft nicht günstig, indessen genügt sie, um die ursprünglichen Maße der inneren Fläche sicher zu stellen; überdies giebt sie ein Mittel zur Verminderung des Rücklaufs ab (161).

### Die Felgen.

176. Die Zahl der Felgen wird in der Art bestimmt, daß man nicht gezwungen ist, wegen des von jeder Felge gebildeten Bogens die Holzfasern übermäßig zu durchschneiden, und daß eine Speiche keinem größern Druck ausgesetzt ist, als ihre Widerstandsfähigkeit zuläßt.

Jede Felge hat in der Mitte ihrer beiden Endflächen ein cylindrisches Zapfenloch. Dieses Loch nimmt ein achteckiges Prisma, den Diebel, auf, welcher je zwei an einander stoßende Felgen verbindet. Man giebt den Diebellöchern eine etwas größere Tiefe, als die halbe Länge des Diebels beträgt, damit man denselben beim Nachbinden des Rades nicht zu verkürzen braucht.

177. Die convexe Oberfläche der Felgen kann nicht cylindrisch sein; denn es ist nothwendig, daß sie sich mit der ganzen Breite der Schienen auf den Erdboden auflegen, und dies wäre unmöglich, das Rad würde selbst nur mit einem einzigen Punkte A (Fig. 36) tragen, wenn die Stirnfläche der Felgen in der geraden Linie AB läge, die parallel mit der Mittellinie der Nabe geht. Und wir werden sehen, daß die Mittellinie jedes Achsschenkels und folglich auch die der Naben verlängert den Erdboden außerhalb des Geleises treffen muß.

Sollte das Rad sich vollkommen auf den Erdboden aufstüßen, so müßten die Felgen eine konische Oberfläche bilden und Linie AC mit der Mittellinie der Nabe denselben Winkel bilden, den der Erdboden mit dieser macht; um indessen die Konstruktion zu erleichtern, begnügt man sich, den Winkel zwischen AC und der äußern Fläche AD, welche senkrecht auf der Mittellinie der Nabe steht, etwas größer als  $90^\circ$  zu machen.

Hierdurch nun erhält während der Rotation des Rades jeder Punkt der Linie AC eine um so größere Geschwindigkeit, je weiter er von der Mittellinie der konischen Oberfläche entfernt ist, und der äußerste Punkt C, dessen Kreisgeschwindigkeit der ortsverändernden

Geschwindigkeit des Systems gleich kommt, ist der einzige, der sich vorwärts bewegt, ohne auf dem Erdboden zu schleifen. Streng genommen ist also die Reibung der Schienen keine gleitende; indessen kann man sie stets als eine solche betrachten, da der von der Linie AC mit der Axe der konischen Oberfläche gebildete Winkel höchstens 2 bis 3° beträgt und die Schienen nur eine geringe Breite haben.

Was die concave Fläche der Felgen anbetrifft, so ist sie cylindrisch, und die Linie DE bildet einen rechten Winkel mit der vorderen Fläche AD. Die innere Fläche CE endlich ist eben und senkrecht auf der konischen Oberfläche.

Demnach ist die Felge innerhalb des Rades breiter als außerhalb, und dies muß auch so sein, weil der obere Zapfen der Speiche an seinem untern Ende stärker sein muß als am obern. Im Uebrigen ist die Breite der cylindrischen Oberfläche der jetzt eingeführten Felgen so groß, daß diese auf der Seite des Fahrzeugs über die Speichen gerade um so viel vorstehen, daß man die Speichen geradlinigt machen kann, ohne sie einer Reibung an den Seiten der Geleispuren auszusetzen, und dies beträgt mehr, als man durch die gebogenen Speichen des alten Systems erreichen konnte.

178. Den Felgen aus Eichenholz wird durch das Anbringen von Nietnägeln, welche senkrecht auf der cylindrischen Oberfläche stehen, eine größere Haltbarkeit gegeben; nahe an jedem Ende steht einer, um das Stück Holz zu befestigen, das wegen der Durchschneidung der Holzfasern abzuspringen strebt. Bei rüsternen Felgen sind diese Nietnägeln nicht nöthig, weil die Fasern dieses Holzes sehr kurz sind und deshalb weniger durchschnitten werden, als die des Eichenholzes, und weil sie außerdem in sich mehr Zusammenhang haben. Aus welchem Material aber auch die Felgen gefertigt sein mögen, stets muß ein Nietnagel durch jede Felge gehen, damit sie mit Schienen beschlagen werden kann. Er geht parallel mit der konischen Oberfläche und steht etwas näher an ihr als an der cylindrischen. Er verhindert das Aufreißen des Holzes beim Einschlagen der Radnägeln.

#### Die Schienen und Speichen.

179. Nur allein in der Belagerungs-Artillerie wendet man die eisernen Schienen an, um dem System der Felgen Festigkeit zu ge-

ben; in der Feldartillerie umgiebt man dieselben mit einem eisernen Reifen.

Es sind eben so viel Schienen als Felgen vorhanden, aber die Mitte einer jeden trifft auf den Diebel. Die Enden werden durch Nägel und einen Bolzen befestigt. Dieser Bolzen war im Gribeauvalschen Material nicht vorhanden, und dennoch ist er durchaus nothwendig, um zu verhindern, daß die Nägel durch die Stöße herausgeworfen werden, wenn die Schiene bei großer Trockenheit nicht mehr auf der Felge aufliegt.

180. Der Rad-Reifen der Feldartillerie ist eine vorzügliche Neuerung: er giebt dem System eine größere Festigkeit, indem er, um uns so auszudrücken, alle Felgen des Rades zu einer einzigen vereinigt; er gestattet, die Länge der oberen und unteren Speichenzapfen, die Stärke der Nabe und die Höhe der Felgen zu vermindern; er verleiht dem Holze dieser letzteren Theile eine größere Festigkeit, denn ein einziger Bolzen auf jede Felge reicht zu seiner Befestigung hin; mit einem Worte, die Anwendung der Reifen macht die Räder gleichzeitig dauerhafter und leichter. Ueberdies vermeidet man durch ihn das Einsinken am Stoß der Felgen, was bei den mit Schienen beschlagenen Rädern vorkommt, folglich sichert er die Kreisgestalt der Räder und bewirkt einen leichteren Zug. Denn es ist einzusehen, daß der Motor stets genöthigt ist, die Last zu heben, wenn ein nicht genau kreisrundes Rad mit einem Punkte auf den Boden zu stehen kommt, der weiter von seinem Mittelpunkte entfernt liegt, als der frühere Stützpunkt.

Dagegen ist wahr, daß das mit einem Reifen beschlagene Rad sich nicht so leicht nachbinden läßt, als ein mit Schienen beschlagenes, und deshalb ist es erforderlich, diese Arbeit möglichst selten nöthig zu machen, indem man die erstere Art nur aus vollkommen trockenem Holze anfertigt.

### Die Höhe der Räder.

181. Die Höhe der Räder ist ihrem Durchmesser gleich. Sie darf nicht nach dem Grundsatz bestimmt werden, daß der durch die Reibung der Achsschenkel in den Buchsen verursachte Widerstand sich in umgekehrtem Verhältnisse mit dem Halbmesser der Räder ändert; denn dieser Widerstand kann bei der geringen Intensität, die er

wegen der Art der sich reibenden Materialien hat, gänzlich vernachlässigt werden (46). Die Höhe der Räder muß sich daher ganz allein nach denjenigen Widerständen richten, welche der am gewöhnlichsten vom Fahrzeuge zu passirende Erdboden entgegenstellt, wie dies die Gleichung (47) zeigt

$$Q = \frac{r f a P + A (P + p)}{R \cos \varphi + A \sin \varphi}$$

Um die vortheilhafteste Höhe des Rades für ein Terrain zu finden, dessen Widerstands-Koeffizient  $A$  bekannt ist, muß man für das Gewicht  $p$  des Rades dessen Werth als Funktion des Halbmessers  $R$  setzen und dann aussuchen, welcher Werth dieses Halbmessers dem Minimum der Kraft  $Q$  entspricht. Nimmt man nun das Resultat doppelt, so hat man die größte Höhe, welche dem Rade für das in Betracht gezogene Terrain gegeben werden kann. Unglücklicherweise hat man, wie wir schon (82) gesagt haben, noch keinen Versuch, welcher auch nur einen annähernden Werth des Koeffizienten  $A$  für den Widerstand des Erdbodens angäbe, gemacht, und man ist deshalb genöthigt, sich an die empirische Regel zu halten, welche 1,46 und 1,62 Meter als Gränzen für die Höhe der großen Räder derjenigen Fahrzeuge angiebt, welche sich mit einiger Schnelligkeit bewegen sollen. Es ist eine anerkannte Sache, daß bei einer Höhe über 1,62 Meter das Gewicht und der Preis des Rades, besonders bei einer verhältnißmäßigen Breite der Felgen, groß genug werden, um den geringen Vortheil, welcher aus der Vergrößerung des Halbmessers entspränge, mehr als aufzuheben.

Beim neuen Material hat man sogar die äußerste Gränze nicht erreicht. Man hat es vorgezogen, die Höhe der Hinterräder ein und desselben Fuhrwesens danach zu beschränken, daß die Seele unseres Belagerungs- und Feldgeschützes nicht zu hoch zu liegen kommt, und daß die Räder nicht so schwerfällig werden, daß sie die Achse beim Rücklauf gefahrden.

Hieraus und aus der neuen Form des Hinterwagens folgt eine Verminderung in der Zahl der Räderarten, eine Verminderung der durch die Vorrathstücke veranlaßten Schwierigkeiten, und eine leichtere Ausrüstung der Zeughäuser. Es entsteht überdies kein Nachtheil, wenn man den Laffeten und den anderen Fahrzeugen eines

und desselben Fuhrwesens gleiche Räder giebt; denn diese Laffeten und Fahrzeuge haben beinahe gleiches Gewicht.

Die Höhen der Laffetenräder, nach den so eben angedeuteten beiden Bedingungen bestimmt, liegen zwischen den durch die Erfahrung festgestellten Gränzen, jedoch sind sie niedriger, als die Hinterräder der Grisebauv alschen Wagen. Wenn nun aber auch durch diese Verkleinerung der Hinterräder die zum Zuge nöthige Kraft um etwas vergrößert wird, so wird auch wiederum durch die Vergrößerung der Vorderräder diese Kraft um viel mehr vermindert.

## Zweite Abtheilung.

### Einrichtung und Form der Achsen.

182. Die Achsen haben zwei verschiedene Einrichtungen: die einen bestehen nur aus einem einzigen Stück Eisen, die anderen dagegen aus einem Haupttheile von Holz und einigen Eisentheilen. Von diesen heißt der wichtigste das Achseisen; es ist auf der ganzen Länge der Achse in deren unteren Fläche eingelassen, vergrößert den Widerstand des Holzes und verzögert die Abnutzung der Achsschenkel.

Bei dem neuen Material wendet man nur eine einzige hölzerne Achse an, nämlich bei den Gebirgslaffeten. Das System dieser Laffete und seines Rohrs muß sehr leicht sein und dennoch nur einen sehr beschränkten Rücklauf haben (161). Alle übrigen Achsen sind von Schmiedeeisen und daher sehr haltbar; man kann deshalb ohne Nachtheil den Achsschenkeln einen sehr kleinen Halbmesser geben. Hieraus folgt, daß die Reibung in der Buchse in sehr geringem Abstände von der Mittellinie der Achse stattfindet und im Verhältniß zum Halbmesser des Rades nur an einem sehr kleinen Hebelsarm wirkt. Eben so ergiebt sich hieraus ein geringerer Naben-Durchmesser, bequeme Auswahl des dazu brauchbaren Holzes, größere Leichtigkeit der Räder und Verminderung der Nachtheile ihrer Trägheit beim Rücklauf.

183. Der Querdurchschnitt der eisernen Mittelachse ist ein Rechteck. Diese Form ist am geeignetsten für die Verbindung der Achse mit den Holztheilen des Fahrzeugs; sie erleichtert die Fabrication und verleiht der Masse in der Richtung des Zuges eine

größere Widerstandsfähigkeit. Auf der Mitte der Achse stehen eine oder zwei viereckige Nasen, welche durch ihre Einlassung in einen der Holztheile das Verschieben der Achse in der Richtung der Mittellinie verhindern.

Die hölzerne Mittelachse macht man nicht prismatisch, weil ein Viereck bei dem starken Durchmesser der Achsschenkel sehr groß ausfallen würde. Diese Mittelachse bildet daher in ihrem Querschnitt (Fig. 38) einen halben Cylinder  $ABC$ , der sich einem rechtwinklichen Prisma  $ACDE$  von derselben Breite anschließt. Die Höhe dieses Prismas ist größer als der Halbmesser des Cylinders, damit der Stoß an der Achse eine größere Höhe bekommt, und die zur Verbindung nöthigen Einschnitte der Haltbarkeit keinen Eintrag thun.

184. Bei dem Gribeauval'schen Material bildeten die Mittelachsen aller eisernen Achsen rechtwinkliche Prismen. Bei dem neuen Material dagegen, das nur vier Nummern von Achsen zählt, sind ihre Formen richtiger bestimmt worden.

Die Achse Nr. 1. gehört zu den Belagerungs-Laffeten und die Achse Nr. 4. zu den Festungs-Laffeten. Die Mittelachse dieser beiden Nummern ist auf ihrer ganzen Länge in einen Holztheil eingelassen, welches die Percussionen beinahe gleichförmig vertheilt. Man kann ihr deshalb von einem Ende zum andern denselben Querschnitt geben, so daß sie ein rechtwinkliches Prisma bildet, wie bei den alten Achsen.

Die bei den Feldlaffeten angewandte Achse Nr. 2. wird nicht in ein hölzernes Achsfutter eingelassen. Da aber die freiliegenden Laffetenachsen immer zwischen den äußeren Flächen der Laffetenwände brechen oder sich biegen, so giebt man diesem Theil einen größern Querschnitt, als den beiden Theilen von den Laffetenwänden bis zu den Achsschenkeln. Der Querschnitt dieses Theils ist mehr breit als hoch, weil die horizontalen Percussionen beim Schießen größer sind als die verticalen. Von den äußern Flächen der Laffetenwände an nehmen deren Breite und Höhe bis zu den äußersten Enden der Mittelachse ab, wo beide dem größten Durchmesser des Achsschenkels gleich sind.

Die Achse Nr. 3. wird hauptsächlich bei den Wagen der Feldartillerie angewandt. Da sie weniger auszuhalten hat, so ist ihre

Mittelachse schwächer als die von Nr. 2; die Achsschenkel dagegen sind dieselben, weil bei der ganzen Feldartillerie für Wagen und Laßeten nur eine Art Räder existirt. Folglich muß der Querschnitt am Stosse bei beiden Achsen ganz derselbe sein. Die Seite dieses Quadrats bildet die Höhe der Mittelachse von Nr. 3. und bleibt von einem Ende zum andern dieselbe, weil sie in der Mitte ihrer Länge zwei Bolzenlöcher enthalten muß, welche das Eisen sehr schwächen.

Es muß also die Breite der Mittelachse von Nr. 3. geringer sein als von Nr. 2, und es ist auch wirklich, wenn man ein rechtwinkliches Prisma schwächer machen will, am besten, diejenigen Seiten kleiner zu machen, welche senkrecht auf die Richtung des Druckes stehen, den der Körper auszuhalten hat. Jedoch ist die Breite der Mittelachse von Nr. 3. auf einer geringen Länge eben so groß, als die Seite des Vierecks am Stosse, weil dadurch das starke Ende der Achsschenkel vollkommen anliegen kann; alsdenn aber nimmt sie in der Art ab, daß die Mittelachse im Grundrisse zwei Rechtecke bildet, die durch flach concave Bogen verbunden sind.

Die Bolzen, welche zu den beiden Bolzenlöchern der Achse Nr. 3. gehören, werden nur dann angebracht, wenn diese Achse zum Vorderwagen eines Batterie-Fahrzeuges gehört und sie verhindern das Verschieben derselben nach der Seite. Beim Hinterwagen dagegen befestigt man sie viel einfacher: die Verstärkung, welche sich durch das Durchbohren rund um die Löcher bildet, wird zu Vorständen ausgearbeitet, welche in die Holztheile des Wagens eingelassen sind.

### Die Achsschenkel.

185. Alle Achsschenkel sind konisch. Sie könnten cylindrisch sein, müßten dann aber stärker gemacht werden, ohne eine größere Haltbarkeit zu gewähren, da nach der Theorie und der Erfahrung die Fläche, wo sie am leichtesten brechen, an ihrer Vereinigung mit der Mittelachse liegt. Ueberdies ist die konische Form dem Motor vortheilhaft; denn durch sie wird der Hebelsarm für die Reibung an den Achsschenkeln das arithmetische Mittel zwischen dem großen und kleinen Durchmesser, während bei der cylindrischen Form dieser Hebelsarm dem größten dieser beiden Durchmesser gleich sein würde.

Die Mittellinie jedes Achsschenkels liegt mit der der Mittelachse in einer verticalen Ebene; aber die erstere bildet nicht die Verlängerung der andern, sondern sie bilden einen gegen den Erdboden offenen Winkel.

Die Neigung der Mittellinie eines Schenkels bei der hölzernen Achse entsteht allein aus dem Unterschiede zwischen den Halbmessern der beiden Grundflächen des abgestumpften Kegels; denn die untersten Linien des Kegels und des cylindrischen Theils der Mittelachse liegen in einer geraden Linie (183). Bei dieser Einrichtung werden die Holzfasern so wenig als möglich durchschnitten und behalten eine größere Haltbarkeit; man war demnach bei den hölzernen Achsen, welche zuerst angewandt wurden, zu dieser Form gezwungen.

186. Wenn man nun auch bei der Anwendung des Eisens zu Achsen fortfuhr, den Schenkeln eine Neigung zu geben, so geschah dies, weil man an dieser Einrichtung folgende Vortheile erkannt hatte.

Die Auseinanderstellung der Räder ist unten geringer als oben, folglich bildet die unterste Speiche mit der Normalen auf dem Erdboden einen kleineren Winkel, als wenn man die Mittellinie der Nabe mit dem Erdboden parallel legt. Die Nachtheile der Stürzung sind demnach vermindert (168), die Speichen sind einer Reibung an den Rändern tiefer Geleisspuren weniger ausgesetzt, und die Räder kommen oben nicht näher an einander, wenn die Achsschenkel und Buchsen sich an denjenigen Stellen abnutzen, welche dem Fahrzeuge zunächst liegen; fände aber eine solche Annäherung statt, so würde sie jenen schädlichen Einfluß, den die Last wegen der Stürzung auf die Speichen und ihre Verbindungen ausübt, bedeutend vergrößern. Endlich verschafft die größere Auseinanderstellung des oberen Theils der Räder einen größern Raum zur Anbringung der Ladung, welches in einzelnen Fällen von großer Wichtigkeit ist und immer gewährt sie den Vortheil, daß man bequemer zu den Theilen des Fahrzeuges kommen kann, welche nahe an der Achse liegen.

187. Wir wollen jetzt untersuchen, was sich ergibt, wenn wir die Zugkraft, statt in der Ebene des Radumfangs (45) wirkend, diejenige Richtung annehmen lassen, welche durch die Form der Achs-

schenkel bedingt wird. Diese Richtung ist augenscheinlich senkrecht auf der Berührungslinie, in welcher der abgestumpfte Keil des Achsschenkels gegen den der Buchse drückt.

Wenn die Mittellinie des Achsschenkels in der Verlängerung der Mittellinie der Mittelachse läge, so würde die Linie, in welcher sich Nabe, Buchse und Achsschenkel berühren, sich auf der Längenebene des Fahrzeuges nach hinten neigen und da sie tiefer liegt, als eine horizontale Linie in beiden Kegelmänteln, so bildet sie aufsteigend auch mit jener Ebene durch beide Mittellinien einen Winkel. Dieser wird durch die Senkung des vorderen Endes vom Achsschenkel beinahe aufgehoben, und man braucht ihn daher nicht zu beachten; die Neigung gegen die Längenebene des Fahrzeuges existirt aber immer.

Wenn daher  $AB$  (Fig. 39) eine Senkrechte auf der Längenebene vorstellt, so können die Horizontalen  $AA'$  und  $BB'$  die Berührungslinien darstellen und die bewegende Kraft  $Q$  wird zwei Drucke  $Q_1$  und  $Q_2$  erzeugen, welche senkrecht auf der Mitte von  $AA'$  und  $BB'$  stehen. Es sei  $\alpha$  der Winkel, den eine dieser Linien mit der Verlängerung von  $AB$  bildet. Alsdann hat man

$$Q_1 = Q_2 = \frac{Q \sin \alpha}{\sin 2\alpha} = \frac{Q}{2 \cos \alpha}$$

Es bringt aber jeder dieser Drucke eine Kraft  $Q'$  hervor, welche parallel mit  $Q$  ist, und rechtwinklicht darauf eine Kraft  $q$ , und es ist

$$Q' = Q_1 \cos \alpha = \frac{Q}{2} \quad \text{und} \quad q = Q_1 \sin \alpha = \frac{Q}{2} \tan \alpha;$$

die erstere treibt das Rad mit der ganzen Stärke der bewegenden Kraft nach vorne, die andere drückt dasselbe parallel mit der Achse nach dem äußersten Ende des Achsschenkels.

Es sind also zwei Ursachen vorhanden, die Stürzung (168) und die konische Form der Achsschenkel, welche die sich bewegenden Räder von dem Fahrzeuge zu entfernen streben.

188. Edgeworth, der eine große Anzahl von Versuchen mit Fahrzeugen angestellt hat, untersuchte, welchen Einfluß die Stellung der Achsschenkel gegen die Mittelachse auf den Zug haben könnte, und erhielt folgende wissenschaftliche Resultate, welche bei einem zweirädrigen Fahrzeuge erhalten wurden, das auf Bohlen und dann auf Eisenschienen fortbewegt wurde.

- 1) Es war einigermaßen vorthailhaft, die Mittellinie der Achsschenkel ein wenig gegen den Erdboden zu neigen, wenn sie dabei in der verticalen Ebene der Mittellinie der Mittelachse blieben.
- 2) Wenn die Neigung sehr groß war, z. B. wenn das Ende der Achsschenkel  $4\frac{1}{2}$ " tiefer als die Mittelachse lag, so wurde der Zug schwieriger, als wenn alle drei Mittellinien eine gerade Linie bildeten.
- 3) Es stellte sich ein sehr wahrnehmbarer Nachtheil heraus, wenn man die Mittellinien der Achsschenkel in der Art stellte, daß sie mit der der Mittelachse nach vorne gekehrte Winkel bildeten.
- 4) Die Vor- und Nachtheile wurden bemerklicher, wenn die Fahrzeuge sich auf weniger hartem Material bewegten.

189. Das schwächere Ende jedes Achsschenkels ist mit einem rechteckigen Loche durchbohrt, welches zur Aufnahme eines Eisens, die Linse genannt, bestimmt ist. Die Entfernung dieses Loches von der äußersten Spitze des Achsschenkels muß so gering als möglich sein, damit das Fahrzeug um so weniger dem Anfahren ausgesetzt ist. Jedoch hat das Linsloch mindestens eben so viel Widerstand mit seiner äußern Wand, als mit der senkrecht auf jener stehenden zu leisten.

Die Linse verhindert das Rad, den Kräften nachzugeben, welche sich bestreben, es von der Achse abzurücken (168 und 187). Zwischen sie und die äußere Fläche der Nabe bringt man eine eiserne Scheibe, damit die Stöße weder die äußere Fläche der Nabe, noch die Buchse beschädigen. Eine zweite Scheibe liegt am Stöße der eisernen Achse, um die Beschädigungen zu verhindern, denen die hintere Fläche der Nabe und die Buchse in Folge derjenigen Stöße ausgesetzt sind, welche das Rad gegen das Fahrzeug werfen.

Besteht die Achse aus Holz, so ist für das Rad am Stöße keine Scheibe nöthig; im Gegentheil muß die Mittelachse gegen die Wirkung der eisernen Buchse gesichert werden. Man läßt deshalb in den Stoß der Mittelachse und mit demselben hündig einen Beschlagnagel ein, das Stoßeisen genannt; es ist im Winkel gebogen und bedeckt so am Achsschenkel genau denjenigen Theil, wo die Reibung der Buchse sich äußert.

190. Endlich rundet man das Ende des eisernen Achsschenkels halb kugelförmig ab, damit es desto leichter abgleitet, wenn es während der Bewegung des Fahrzeuges an Gegenstände streift.

Diese Form kann dem schwächeren Ende der hölzernen Achsschenkel nicht gegeben werden; diese schneidet man senkrecht auf die Mittellinie ab, und da es durch das Linsenloch geschwächt wird, so verstärkt man es durch einen breiten Ring, der mit seiner ganzen Stärke eingelassen und durch einen Nagel befestigt ist. Dieser Achsschenkelring dient überdies noch, das Achsisen zu halten, das man außerdem noch nahe am Stöße durch zwei, mittelst vorgeschlagener Nägel befestigte Bänder festhält.

191. Ungeachtet der vorhin angedeuteten Schutzmittel würden die Räder doch sehr bald durch die Stöße des Fahrzeuges zerstört werden, wenn sie sich nicht den Wirkungen der minder heftigen, aber am häufigsten vorkommenden Stöße entziehen könnten. Um ihnen dieses möglich zu machen, macht man die Entfernung vom Linsenloche bis zum Stoß der Achse um etwas größer, als die Länge der Nabe und die Stärke der beiden Achsscheiben zusammen betragen; hierdurch entsteht ein gewisser Spielraum, der dem Rade gestattet, auf dem Achsschenkel hin und her zu gleiten, und überdies die Rotation erleichtert.

192. Es ist leicht einzusehen, daß das Geleise eines Artillerie-Fahrzeuges von der Neigung der Achsschenkel, so wie von der Form der Räder und der Länge der Mittelachse abhängt. Daher sagt man „eine Achse auf's Geleise bringen“, um die Operation anzudeuten, durch welche man die Achsschenkel angemessen niederbiegt. Ist diese Operation ausgeführt, so liegt die gerade Linie, welche die beiden Linsenlöcher verbindet, 0,005 Meter unterhalb der untern Fläche der Mittelachse oder auch die Mittellinie jedes Achsschenkels ist am Linsenloche 0,005 Meter plus der halben Differenz des größten und kleinsten Achsschenkel-Durchmessers gesenkt. Hieraus folgt, daß diese Mittellinie mit der der Mittelachse bei der Feld-Artillerie einen Winkel von ungefähr  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  bildet, und daß die Entfernung der untersten Felgen zweier Räder von der Mittellinie des Fahrzeuges um beinahe 0,08 Meter kleiner ist, als bei den obersten Felgen.

## Zweites Kapitel.

### Einrichtung und Gesammtform.

Ungeachtet der gegenseitigen Abhängigkeit der Einrichtung und der Gesammtform (165), ungeachtet des augenscheinlichen Zusammenhanges zwischen ihnen, sind sie doch im Grunde genommen sehr von einander verschieden. Zwei Fahrzeuge können wirklich aus ähnlichen Theilen gleichartig zusammengesetzt sein, ohne daß die Konstruktionslinien des einen denen des andern gleichen, und umgekehrt kann zwischen den korrespondirenden Konstruktionslinien Gleichheit statt finden, ohne daß die beiderseitigen Bestandtheile oder die Art der Zusammensetzung gleich sind.

Wir wollen zuerst unter dem Titel Allgemeine Einrichtung einige Begriffe feststellen, welche auf die Einrichtung aller Arten von Wagen und Laffeten Anwendung finden; sie werden das vervollständigen, was wir nothgedrungen bereits früher über diesen Gegenstand sagen mußten, um die Theorie der Fahrzeuge verständlicher zu machen. Dann wird der speciellen Einrichtung des Materials jedes einzelnen Artillerie-Dienstzweiges eine besondere Abtheilung gewidmet werden. Denn augenscheinlich muß eine solche den Bedingungen entsprechen, welche die Art des speciellen Dienstes erheischt, während eben so die Gesammtform durch die Grundsätze bestimmt wird, welche die Theorie für die Kräfte angiebt, die auf das System bei seinem Gebrauche wirken.

### Erste Abtheilung.

#### Allgemeine Einrichtung.

193. Ein Fahrzeug besteht aus zwei ganz verschiedenen Theilen; der eine nimmt die fortzuschaffende Last auf, der andere dient dem Motor zur Mittheilung und Unterhaltung der Bewegung.

Bei den Fahrzeugen, welche nur aus einem Gestelle bestehen, soll das hinterste Pferd das System unterstützen, und die Direktion desselben erhalten oder sie nöthigenfalls verändern. Damit es alle diese Funktionen erfüllen kann, stellt man es zwischen zwei Hebels-

arme, Gabelbäume genannt, und dieser zweite Theil bildet mit dem ersteren ein durchaus unbiegsames System.

Bei den Fahrzeugen aus Vorder- und Hinterwagen wirkt der Motor auf den ersteren, und beide Theile müssen zur Ausführung der Direktionsveränderungen durch eine einfache bewegliche Verbindung vereinigt sein, was mittelst einer senkrecht stehenden Achse, dem Prohnagel, geschieht; denn es muß der Vorderwagen in die neue Richtung gebracht werden können, ohne daß der Hinterwagen genöthigt ist, der Bewegung zu folgen (118); sände dies nicht statt, so würden die nach entgegengesetzter Richtung auf dem Erdboden schleifenden Hinterräder eine übermäßig große Reibung hervorbringen.

194. Hieraus folgt, daß der Vorderwagen selbst aus zwei Theilen besteht, von welchen der eine die Wirkung des Motors aufnimmt, der andere den vorderen Theil des Hinterwagens trägt; manchmal trägt dieser zweite Theil auch noch eine besondere Ladung.

Wenn ein vierrädriges Fahrzeug durch ein einziges Pferd gelenkt werden soll, so steht dieses, wie bei der Karre, zwischen zwei Hebelsarmen. Verwendet man aber zwei Pferde zur Lenkung, so werden sie neben einander gespannt und durch einen einzigen Hebelsarm getrennt, welcher in der Längenebene des Fahrzeuges liegt. Es giebt demnach Vorderwagen mit Gabeldeichsel und Vorderwagen mit Stangendeichsel.

Bei der ersteren Art von Vorderwagen wirkt der Motor sowohl beim Tragen, als auch beim Ziehen, Hemmen und Rückwärtstreten ganz in gleicher Art wie bei der Karre (30).

Bei den Vorderwagen mit Stangendeichsel wird die Zugkraft der hintersten Pferde mittelst einer Hinterbracke, die parallel mit der Achse angebracht ist, auf das Fahrzeug übertragen. Die Entfernung dieser Bracke von der Achse ist größer als der Halbmesser der nächsten Räder, damit nicht die Steinchen, welche sich in der an den Felgen anhaftenden Erde befinden, den Raum zwischen beiden verstopfen, und die Rotationsbewegung hemmen. Die anderen Pferde ziehen an den Kummten der hinteren, oder an einer Vorderbracke; diese ist an der Deichselspitze befestigt, so wie zwei

Ketten, welche zum Aufhalten des Fahrzeuges und zu seinem Zurückschieben dienen.

Der Schwerpunkt jedes Vorderwagens liegt vor der Achse, damit keine Rotation nach hinten statt findet. Die Stangendeichsel muß daher eben so gut getragen werden, als die Gabeldeichsel der Vorderwagen und Karren. Man läßt sie bei den Fahrzeugen, deren Hinterwagen hinter der Vorderachse angehangen wird, von den hinteren Pferden tragen, und alsdann besteht der Vorderwagen aus so wenig Theilen, wie nur immer möglich. Bei den andern Fahrzeugen wird der vordere Theil des Vorderwagens dadurch getragen, daß sich sein hinterer Theil gegen das Obergestell des Hinterwagens stützt. In diesem Falle kann der Prognagel über der Vorderachse stehen oder hinter derselben, welche letztere Stellung einen größeren Lenkungswinkel giebt (125).

195. Wir haben den Theil, welcher gegen die untere Fläche des Obergestells drückt und dadurch die Deichsel im Gleichgewicht hält, Gegenstütze genannt. Diese ist gerade, parallel mit der Achse und nimmt den Namen Lenkscheit an, wenn der Prognagel über der Vorderachse steht, wie bei den Vorderwagen Grisebeauvals, und der Lenkungswinkel ist nicht groß. Seine Länge muß alsdann der Bedingung entsprechen, daß bei einer Richtungsveränderung sein an der Seite der Wendung liegendes Ende noch über das Obergestell übergreift, wenn der Winkel zwischen Vorder- und Hinterwagen sein Maximum erreicht hat.

Das Lenkscheit kann nicht mehr grade sein, wenn der Lenkungswinkel sehr groß wird, weil es dann rechts und links zu weit übergreifen müßte. In diesem Falle macht man es kreisförmig und legt seinen Mittelpunkt in die Mittellinie des Prognagels.

Wenn der Prognagel hinter der Vorderachse steht, so geht er durch die Gegenstütze und diese bedarf für die Richtungsveränderungen keine größere Länge, als wenn Vorder- und Hinterwagen sich in derselben Richtung bewegen. Dann aber bewegt sich bei einer Wendung der Theil des Vorderwagens, auf welchem das Obergestell ruht, rechts oder links, und man thut daher wohl, diesen Theil kreisförmig zu machen.

196. Die Einrichtung des Obergestells ändert sich mit der Gestalt und der Art der Ladung. Diese Ladung kann entweder

der Witterung ohne Nachtheil ausgesetzt, oder sie muß sorgfältig dagegen geschützt werden. Dieser zweite Fall verlangt einen oder mehrere Kasten; der erstere gestattet größere Einfachheit: es reicht hin, die Ladung angemessen unterbringen zu können. Diese beiden Regeln lassen sich augenscheinlich auf die Einrichtung des zur Aufnahme der Last bestimmten Theils eines zweirädrigen Fahrzeuges anwenden.

Wenn die Last gänzlich auf dem Hintergestell untergebracht wird, so muß sie durch die Einrichtung auf seine ganze Länge vertheilt werden, damit die Hinterachse geschont werde; alsdann wird der vordere Theil des Hinterwagens sehr schwer und man läßt ihn auf einem besonderen Theile über der Vorderachse aufliegen.

Wenn die Ladung vertheilt und ein Theil davon unmittelbar auf den Vorderwagen gelegt werden kann, so bringt man ihn über die Vorderachse, und das Hintergestell findet seine Unterstützung an der hinteren Fläche dieser Achse. Da aber bei einer solchen Lage diese Stütze keinen großen Widerstand darbieten kann, so muß die Last des Hinterwagens hauptsächlich von der Hinterachse getragen werden.

Eine solche Zusammenstellung bildet im Grunde zwei an einandergehängte zweirädrige Fahrzeuge. Ihre Einrichtung weicht um so mehr von derjenigen ab, welche bei einem Fahrzeuge statt findet, dessen Vorderwagen keine eigene Ladung hat, als die Vereinigungsart von Vorder- und Hinterwagen in beiden Fällen fast ganz verschieden ist.

Es hat aber das Konstruktions-System, bei welchem der Vorderwagen ein unabhängiges Fahrzeug wird, vor dem andern den Vortheil, daß die Trennung oder Vereinigung von Vorder- und Hinterwagen außerordentlich erleichtert wird und daß eine Maschine entsteht, welche durch ihre Fügsamkeit in alle Gestaltungen des Erdbodens (102 und 103) die größtmöglichste Beweglichkeit genießt.

197. Uebrigens müssen die Einrichtung und die Form eines jeden Fahrzeuges die Widerstände so viel als möglich ermäßigen und dem Fahrzeuge hinlängliche Stabilität gegen das Umwerfen gewähren; ferner müssen sie hinlängliche Beweglichkeit ge-

statten, die Kosten ermäßigen und die erforderliche Zugkraft nicht unnöthig vergrößern.

Um die erste Bedingung zu erfüllen, muß man den Rädern die größte Höhe geben, die sie nur haben können (181), man muß den mittleren Durchmesser der Achsschenkel auf sein Minimum bringen (45); man muß zu den Achsschenkeln und Buchsen Materialien anwenden, deren Reibung nur gering ist (174), und endlich den günstigsten Zugwinkel für die bewegende Kraft einführen (113).

Die Stabilität verlangt, daß der Schwerpunkt der ganzen Masse, die Ladung mit einbegriffen, nur wenig über den Erdboden erhöht liegt (95).

Die Beweglichkeit fordert, daß dieser Schwerpunkt so nahe an der Hinterachse liegt, daß der Vorderwagen nicht so stark belastet werde, daß er bei Richtungsveränderungen nur mühsam folgen kann (93). Eben so muß die Wendung kurz ausgeführt werden können (116).

Die beiden letzten Bedingungen endlich werden erfüllt, wenn man die Abmessungen der verschiedenen Holz- und Eisentheile dem Gewichte der Ladung angemessen bestimmt, weil alsdann das System bei der möglichst geringsten Masse allen nöthigen Widerstand leistet.

198. Man fühlt übrigens, wie vortheilhaft es wäre, wenn diejenigen Fahrzeuge, deren Theile ungefähr denselben Widerstand leisten sollen, auch einen gleichen Vorderwagen hätten. Dies kann aber nicht statt finden, wenn sie nicht nach ein und demselben System gebaut sind und nicht ein und dieselbe Anspannungsart gestatten.

Hieraus folgt nun folgender Grundsatz für die Einrichtung: ein einziges Konstruktionsystem und eine einzige Anspannungsart müssen für alle Fahrzeuge angenommen werden, welche zur Aufnahme ungefähr gleich schwerer Lasten bestimmt sind.

Die Haupt-Basis eines jeden wohlbedachten Artillerie-Systems bildet nothwendigerweise der so eben ausgesprochene Grundsatz, oder vielmehr der folgende noch mehr erweiterte: die zu gleichen Funktionen bestimmten Theile der verschiedenen Arten von Fahrzeugen müssen gleiche Form und gleiche Dimensionen haben, zum

wenigsten so viel, als es die von ihnen zu leistenden Widerstände gestatten.

Die Beachtung eines solchen Grundsatzes muß natürlich die Zahl der Arten aller einzelnen Theile bedeutend vermindern, folglich können sie schneller und genauer angefertigt werden, woraus Zeitgewinn und vergrößerte Haltbarkeit entsteht; die Ausrüstung wird erleichtert, und was vielleicht eine Hauptsache ist, die Fahrzeuge werden bei einem bestimmten Verhältnisse von Vorrathssachen mehr Mittel zu ihrer Ausbesserung besitzen. Die außerordentliche Wichtigkeit dieser allgemeinen Vortheile ist während der letzten Kriege so sehr empfunden worden, daß man unbedenklich einige Nebenvortheile aufopfern darf, um jene zu erreichen. Was jedoch die Art und den Umfang der möglicherweise zu bringenden Opfer anbetrifft, so kann nur allein die Erfahrung hierüber entscheiden.

199. Die vorstehenden allgemeinen Bemerkungen lassen sich auch auf die Laffeten anwenden, da eine ihrer Funktionen der Transport der Geschützröhre ist; aber die Bedingungen, welche sich für den Transport ergeben, sind von größerer oder geringerer Wichtigkeit, je nach der Art der ganzen Bestimmung der Laffete, weshalb man nur aus einer genaueren Prüfung dieser Bestimmung die Einrichtung der verschiedenen Laffeten-Arten ableiten kann.

## Zweite Abtheilung.

### Die Belagerungs-Artillerie.

Um die Einrichtung einer Laffete bestimmen zu können, muß man dreierlei in Betracht ziehen: das Schießen, die Handhabung und den Transport; für die Wagen fällt dagegen die erste Rücksicht fort. Wir wollen nunmehr nach einander die Laffeten und die Wagen jedes Dienstzweiges untersuchen.

#### Die Belagerungs- und Mörser-Laffeten.

200. Der Zweck der Belagerungs-Artillerie ist, alle Vertheidigungsmittel eines Platzes zu zerstören und der angreifenden Armee die Wälle zu öffnen. Da sich diese Wirkungen nur mit Projektilen von sehr großem Kaliber, die aus sehr schweren Geschützen geschossen werden, erreichen lassen, so ist die Belagerungs-Artillerie

keiner großen Beweglichkeit fähig, auch folgen ihre Fahrzeuge den Operationen der Armee nicht, sondern sie marschiren im Rücken derselben und verlassen selten die großen Straßen, oder wenn sie gezwungen sind, dieselbe zu verlassen und Wege einzuschlagen, die so große Hindernisse darbieten, daß die Fahrzeuge sie nicht ohne Gefahr passiren können, so werden diese Hindernisse durch Arbeiter beseitigt. Man sieht also schon hieraus, daß es nicht nothwendig ist, die Fahrzeuge des Belagerungs-Trains zum Befahren von durchschnittnem Terrain einzurichten. Indessen da diese Fahrzeuge sich weit von dem Depot entfernen, so fühlt man doch, daß es vortheilhaft sein würde, die Laffeten dergestalt zu bauen, daß man auf ihnen auch ihre Geschützröhre fortzuschaffen könne. Ehe wir aber in dieser Beziehung etwas Bestimmtes festsetzen, müssen wir uns mit den Bedingungen beschäftigen, die sich beim Schießen ergeben; denn die hauptsächlichste Funktion einer Laffete ist, das Bedienen des Geschüzes zu gestatten.

201. Gegenwärtig sind zum Angriff der Festungen vier verschiedene Geschützarten im Gebrauch: die Kanonen, die Haubizen, die Mörser und die Steinmörser.

Man schießt aus Kanonen und Haubizen entweder mit starker Ladung oder rikoschetirt; aber in beiden Fällen hat man nicht nöthig, das Geschütz über  $12^{\circ}$  zu eleviren. Die Haubizen werden selten inclinirt, dagegen geschieht dies bei den Kanonen während des Brescheschießens, da eine Bresche nur dann gangbar gemacht werden kann, wenn man die Mauerbekleidung der Escarpe tief genug unter dem Niveau der Contrescarpe durchschießt. Die Neigung des Rohrs verändert sich nun in diesem Falle mit der Breite und Tiefe des Grabens; die Erfahrung lehrt aber, daß die Laffete in vertikaler Richtung ein hinlänglich großes Schussfeld gestattet, wenn die Seelenaxe des Geschüzes unter einem Winkel von  $12^{\circ}$  inclinirt werden kann. Ungeachtet der Fall selten eintritt, daß die Haubize überhaupt inclinirt wird, so kommt es dennoch vor, daß man sie eben so stark incliniren muß als die Kanonen. Folglich paßt ein und dieselbe Laffete für beide Geschützarten, wenn die äußeren Formen derselben eine hinlängliche Analogie haben, und wenn ihre Massen von der Art sind, daß diese Laffete die Percussionen beider Geschützarten aushalten kann (150). Dies findet

aber wirklich bei dem neuen System für alle Artillerie-Dienstzweige statt, und wir können deshalb, was die Laffeten anbelangt, Kanonen und Haubizen künftig als gleich annehmen.

202. Die aus den Mörsern geworfenen Bomben sind dazu bestimmt, den Feind zu treffen, indem sie hinter den Deckungen die er den andern Geschossen entgegenstellt, springen, besonders aber diese Deckungen zu zerstören. Die Wirkung, welche sie hervorbringen, hängt von ihrem Einfallswinkel ab, von ihrer Masse, von der in ihnen enthaltenen Pulver-Quantität und von der Geschwindigkeit, die sie beim Herunterfallen erreichen. Sie müssen daher ein großes Kaliber, großes Gewicht und eine Flugbahn haben, deren Scheitelpunkt sehr hoch liegt; es ist selbst angemessen, wenn diese Flugbahn für eine bestimmte Ladung die möglichst größte Schußweite giebt. Es entspricht aber ein Wurfwinkel von  $45^\circ$  der zweiten Bedingung durchaus, und es fehlt nur wenig, daß er nicht auch der dritten genüge. Man muß daher für gewöhnlich die Mörser unter einem Winkel von  $45^\circ$  richten und deshalb muß diese Geschützart eine ganz besondere Laffete haben.

Da die Steinmörser gleichfalls im 45sten Grade gerichtet werden, damit ihre Geschosse ebenso den Belagerten hinter seinen Deckungen treffen können, so giebt man ihnen dieselben Laffeten, wie den übrigen Mörsern, und hierdurch wird man gezwungen, diesen beiden Geschützröhren in denjenigen Formen und Dimensionen, welche auf die Form der Laffete Einfluß haben, eine gewisse Uebereinstimmung zu geben.

203. Die Belagerungs-Artillerie gebraucht also zwei Arten von Laffeten: die Kanonen- und Haubiz-Laffete und die Mörser-Laffete. Wir wollen nun untersuchen, welcher Unterschied zwischen beiden Arten von Laffeten statt finden muß, und bemerken nur noch, daß man die Benennung Belagerungs-Laffeten nur auf diejenigen anwendet, welche für Kanonen und Haubizen bestimmt sind, wohingegen die bei der Belagerung gebrauchte Mörser-Laffete auch zur Vertheidigung der festen Plätze und der Küsten verwandt wird.

Die Kanonen werden für gewöhnlich unter kleinen Winkeln gerichtet. Die beim Schießen normal auf den Erdboden hervorge-

brachte Wirkung ist daher immer so schwach, daß man den Laffeten nicht mehr als zwei Unterstützungs-Linien zu geben braucht (145).

Das Geschöß des schwersten Kalibers läßt sich leicht durch einen Mann bis zur Brusthöhe heben, und hieraus folgt, daß die Seelenare ohne Unbequemlichkeit in dieser Höhe über dem Erdboden liegen kann.

Es können deshalb die Wände einer Belagerungs-Laffete auf eine Achse gelegt werden, wie die Unterbäume eines Wagens; eben so richtet man diese Laffete so ein, daß ihr Geschüßrohr auch auf dem Marsche in ihr fortgeschafft werden kann. Hierdurch werden die Zahl der Fahrzeuge eines Belagerungs-Trains, so wie die Kosten des Transports und die Menge der Vorrathssachen beträchtlich vermindert.

Durch den Wurfwinkel bei den Mortieren und durch das geringe Verhältniß ihres Gewichtes zu dem des Geschosses wird die Percussion, welche sich bei diesen Geschützen normal auf den Erdboden erzeugt, dermaßen groß, daß die Laffete bald zerbrechen würde, wenn sie nicht mehr Stützpunkte hätte, als die Kanonen-Laffete. Um ihr daher eine hinlängliche Widerstandsfähigkeit zu geben, legt man ihre Wände in ihrer ganzen Länge auf den Erdboden, und giebt denselben nur eine geringe Höhe, damit die auf sie wirkenden Percussionen sie mehr zu zerdrücken, als in verticaler Richtung zu zerbrechen streben. Die Mörser-Laffete hat daher keine Räder, und weit davon entfernt, zum Transport ihres Rohrs zu dienen, muß sie selbst auf einem besondern Wagen fortgeschafft werden.

Aus dem vorher Gesagten ergeben sich nun folgende Grundsätze:

1) Die Einrichtung der Belagerungs-Laffete muß den Transport des Rohrs gestatten und eine Richtung von  $12^{\circ}$  über und unter den Horizont erlauben.

2) Die Mörser-Laffete darf nur eine geringe Höhe haben, sie muß in ihrer ganzen Länge auf dem Erdboden aufliegen und die Richtung unter einem Winkel von  $45^{\circ}$  gestatten.

Was die Gesamtform anbetrifft, so sind die Regeln dafür in Nr. 158 gegeben, und man findet die Richtung, in der jede Wand der Mörser-Laffete den größten Widerstand entgegensehen



muß, mittelst der Formel in Nr. 139, welche den Winkel an- giebt, den diese Richtung mit der Horizontalen macht für den Fall, daß bei der Entzündung des Pulvers das ganze System gegen den Erdboden gedrückt wird.

204. Wir wollen nunmehr untersuchen, unter welchen Um- ständen das Schießen statt findet, um daraus neue Regeln für die Einrichtung der Laffeten abzuleiten. Da diese Verhältnisse bei den Kanonen und Mörsern beinahe dieselben sind, wie bei den Hau- bigen und Steinmörsern, so betrachten wir nur die auf die beiden ersten Arten Bezug habenden.

Die Geschütze der Belagerungs-Artillerie bilden permanente Batterien, in denen die Kanonen gegen das Feuer der Festung durch eine Brustwehr gedeckt sind. Indessen ist diese Erdmasse bei den Kanonen mit Schießscharten durchbrochen, die den feindlichen Geschossen einen Zugang gestatten. Folglich muß die Scharten- sohle, und demnach auch die Seelenare des Geschützes, so hoch lie- gen, als es die Leichtigkeit der Bedienung und die Stabilität der Laffete, als Fahrzeug betrachtet, nur immer zulassen.

Ein Geschützrohr der Belagerungs-Artillerie und seine Laffete bilden ein so schweres System, daß es in den Erdboden der Bat- terie versinken würde, besonders bei Regenwetter, wenn sein per- manenter Stand nicht vorher schicklich zubereitet wäre, man würde eine große Zahl der Mannschaften zur Bedienung bedürfen, der Rücklauf könnte nicht statt finden, und die Laffete würde bei star- ken Ladungen sehr leiden. Die Bettungen, durch welche man diese großen Nachtheile verhindert, dürfen nur geringe Ausdehnung haben, damit sie schneller gestreckt werden können, leichter zu defiliren sind, und weniger Holz erfordern. Dieser letzte Grund ist von großer Wichtigkeit; denn je mehr Holz man zu den Bettungen gebraucht, desto mehr Fahrzeuge sind zum Transport ihres Materials erfor- derlich.

Es erfordert also einerseits die Erhaltung der Laffeten einen Rücklauf, andererseits wird er durch Ersparniß-Rücksichten be- schränkt. Mit diesen Rücksichten verbindet sich die Nothwendigkeit, die Bedienung des Geschützes schnell bewirken zu können; aber die Kanoniere müssen auch noch bequem laden können, ohne ge- zwungen zu sein, die Entfernung der Räder von der Brust-

wehr zu vergrößern, was überdies die Bedienung verzögern würde.

Endlich erfordert noch das Richten, wie das Vor- und Zurückbringen des Geschüzes, daß die Bedienungs-Mannschaften vermittlest ihrer Hebebäume mit Leichtigkeit die Laffete handhaben können und daß selbst ein einziger Mann den Laffetenschwanz rechts und links werfen kann.

Die Verhältnisse beim Schießen führen demnach für die Kanonen zu folgenden Grundsätzen:

- 1) Durch die Laffete muß das Rohr eine so hohe Lage erhalten, als dies die Bedienung nur gestattet.
- 2) Der Rücklauf muß auf die Gränze beschränkt werden, welche das Laden des Geschüzes bedingt.
- 3) An beiden Seiten der Laffete müssen Angriffspunkte für die Hebebäume sein, sowohl vor als hinter der Achse und in der Nähe des Laffetenschwanzes.

205. Der Mortier braucht keine Schießscharte, er kann seine Geschosse über die Brustwehr werfen, muß aber so weit zurückgezogen werden, daß die Bombe nicht die Deckung abkântet. Die Rücksicht auf das Defilement verlangt daher einen sehr beschränkten Rücklauf. Die Holzersparniß beschränkt ebenfalls die Länge der Bettung, und sie ist um so mehr zu berücksichtigen, als die große Intensität der auf den Erdboden normal wirkenden Percussionen sehr starke Bettungshölzer erfordert. Man findet nun aber das Mittel, den Rücklauf mehr zu beschränken, als dies die Größe des Wurfwinkels vermag, in der Gewichtsvermehrung des Systems von Rohr und Laffete. Dann bedarf man aber der Hebebäume, um das Geschütz wieder vorzubringen und zu richten.

Wenn wir hinzufügen, daß die Bomben gewöhnlich sehr schwer sind, und daß man sie sehr vorsichtig in die Seele bringen muß, so findet man, daß durch die Verhältnisse beim Werfen auch für die Mörser drei Bedingungen herbeigeführt werden, wovon die erste bereits aus den Wirkungen des Pulvers hergeleitet wurde (203):

- 1) Das Rohr muß durch die Laffete möglichst wenig hoch zu liegen kommen.
- 2) Die Laffete muß ein großes Gewicht haben.

3) Es müssen für die Hebebäume sowohl vorne als hinten Angriffspunkte vorhanden sein.

Diese Grundsätze im Verein mit den am Schluß von Nr. 203 entwickelten, reichen für die Einrichtung der Mörser-Laffeten vollständig aus; denn diese Laffeten sind vollkommen zu nennen, wenn sie das Schießen und die dabei vorkommende Bedienung begünstigen. Aber die Einrichtung der Belagerungs-Laffeten ist durch die in Nr. 203 und 204 entwickelten Regeln noch nicht vollständig bestimmt. Man muß auch noch den Fall betrachten, wo diese Laffeten zum Transport ihrer Röhre mit ihrem Vorderwagen verbunden sind. In dieser Hinsicht wollen wir sie in dem Kapitel über die Fahrzeuge des Belagerungs-Trains mit abhandeln.

### Die Fahrzeuge des Belagerungs-Trains.

Die Fahrzeuge des Belagerungs-Trains lassen sich in zwei Klassen theilen; zu der ersten gehören die zum Transport der Geschützröhre und der Mörser-Laffeten bestimmten, zur anderen alle diejenigen, welche Ausrüstungsgegenstände jeder Art und das Handwerkszeug zu Ausbesserungen nachführen.

### Die Fahrzeuge der ersten Art.

206. Die Fahrzeuge der ersten Art sind die Laffeten und Sattelwagen.

Da die Belagerungs-Laffeten so konstruirt sind, daß sie auf dem Marsche ihre Kanonen aufnehmen können, so scheint es, als wenn die Sattelwagen nicht zu diesem Dienste benützt zu werden brauchten; indessen kann man Geschützröhre von einem Punkte im Innern von Frankreich zum andern fortzuschaffen haben, ohne daß die Laffeten mitgenommen werden müssen, und außerdem werden noch die Geschützröhre der Belagerungs-Artillerie auch zur Vertheidigung der Festungen und Küsten verwendet. Es ist daher für die Bewaffnung der Festungen und Küsten, so wie für die nöthig werdende Dislokation dieser Röhre unerlässlich, dem Sattelwagen, auf welchem die Mörser und ihre Laffeten transportirt werden sollen, eine solche Einrichtung zu geben, daß auch die übrigen Geschützröhre auf dieselben geladen werden können, ja man muß diesen Wagen sogar so einrichten, daß er mit einer einfachen

Vorrichtung den Transport der Hohlkugeln von großem Kaliber gestattet, wozu man sonst ein besonderes Fahrzeug anwenden müßte, weil kein Fahrzeug des jetzt bestehenden Belagerungs-Trains die zu einer so schweren Beladung nöthige Festigkeit besitzt.

207. Zur Bestimmung der Bedingungen, die der Transport von Lasten diesen Fahrzeugen der ersten Art auferlegt, sind noch zwei Verhältnisse zu betrachten, nämlich die Märsche mit dem Belagerungs-Train und die während einer Belagerung auszuführenden Bewegungen.

Auf dem Marsche finden sich mitunter schlechte Wege vor; niemals aber braucht der Belagerungs-Train sehr durchschnittenes Terrain zu passiren. In Bezug auf die gewöhnliche Fortbewegung würde es daher genügen, den Transport der Belagerungs-Lafete und des Sattelwagens leicht zu machen, sodann eine Anspannungsart zu wählen, die jedem Pferde gestattet, das ganze von ihm täglich aufzubringende Kraft-Quantum nützlich zu verwenden. Diese beiden Bedingungen führen zur Annahme des Systems der vier-rädrigen Fahrzeuge, bei dem der Vorderwagen eine Gegenstütze und eine Vorderbracke hat (34 und 92).

Die Bewegungen, welche während einer Belagerung auszuführen sind, bezwecken die Armirung der Batterien; diese ist jedoch für die Batterien in den Parallelen eine ganz andere, wie für die im Kouronnement des gedeckten Weges. Bei der Armirung der ersteren befinden sich die Fahrzeuge in denselben Verhältnissen als auf den gewöhnlichen Märschen, indessen kann das Einfahren auch im feindlichen Feuer geschehen und muß dann schnell ausgeführt werden, und eben so können die gewöhnlichen Schwierigkeiten des Zuges noch durch die Beschaffenheit des Terrains vergrößert werden, indem die Geschütze hierbei quer übers Feld wegfahren.

Die Armirung der Bresch-Batterien ist wegen der Nähe der Belagerten noch gefahrvoller. Wird die Vertheidigung brav und gut geführt, so müssen die Fahrzeuge, auf dem Glacis angelangt, hinter den Angriffsarbeiten gedeckt marschiren und demnach in die Wendungen der Kommunikationen eingehen, welche die dritte Parallele mit dem Kouronnement verbinden, endlich müssen sie sogar in diesem Kouronnement selbst fortgeschafft werden, wobei man denn genöthigt ist, sie durch Menschen ziehen zu lassen. Es würde

wirklich ganz unmöglich sein, bei den scharfen Direktionsveränderungen eine für die Last hinreichende Besspannung anzuwenden, überdies würden die durch das feindliche Feuer erschreckten Pferde nicht mehr zusammen wirken, und es brauchte nur ein Pferd getödtet zu werden, um das weitere Vorschreiten zu unterbrechen.

Aber nicht allein, daß die Fahrzeuge in den Transcheen von Menschen fortgezogen werden müssen, man muß sie sogar vorher schon abproben und dann die Last ohne Vorderwagen fortschaffen; denn wegen der geringen Breite der Kommunikations-Gräben würde man viel Zeit brauchen, um mit einem vierrädrigen Fahrzeuge die Biegungen zu passiren, wenn wir auch annähmen, daß es durch seine Konstruktion einen Lenkungswinkel erhalten hätte, der solche kurze Wendungen gestattete.

Der Transport der Geschützröhre während des Marsches eines Belagerungstrains und bei den während der Belagerung auszuführenden Bewegungen giebt demnach für die Einrichtung der Laffeten und Sattelwagen folgende Bedingungen:

- 1) Diese Fahrzeuge müssen vier Räder haben.
- 2) Der Vorderwagen muß eine Gegenstütze und eine Vorderbracke haben.
- 3) Der Hinterwagen muß, vom Vorderwagen getrennt, ein zweirädriges Fahrzeug bilden, das man leicht mit den Armen fortschleppen kann.

Es versteht sich von selbst, daß hierzu noch die Bedingungen kommen, welche für jedes Fahrzeug gelten (197).

208. Wir wollen nunmehr die Grundsätze für die Einrichtung untersuchen, welche die bei den Belagerungs-Parcs auszuführenden Manöver de force bedingen.

Da die Geschütze sehr schwer sind, so können sie während des Marsches nicht in demselben Lager bleiben, in dem sie während des Schießens liegen; denn im letzteren Falle wird ihr ganzes Gewicht von der Laffeten-Achse getragen, während es im ersteren Falle auf Vorder- und Hinterwagen vertheilt werden muß, um den Zug so viel als möglich zu erleichtern (93). Hieraus ergiebt sich für die Schildzapfen ein Schieß- und ein Marschlager und daraus wie-

der die Nothwendigkeit eines Manöver de force, um das Geschützrohr aus einem Lager in das andere zu bringen. Dies ist das einzige Manöver de force, welches bei dem System aus Laffete und Vorderwagen vorkommt. Es ist mehr oder weniger leicht, je nach den Mitteln, die man zur Befestigung des Rohrs auf dem Marsche anwendet, nach der Anzahl der möglicherweise anzustellenden Mannschaften und nach der Leichtigkeit, mit der dieselben wirken können. Da es aber in der Batterie selbst ausgeführt werden muß, so ist es wesentlich, daß man es bloß mit Rollen, Hebebäumen und Tauen ausführen könne.

Das Auf- und Abladen sind die einzigen Manöver, welche beim Gebrauch der Sattelwagen vorkommen. Diese Manöver werden in der Batterie ausgeführt, wenn die Last ein in der Laffete liegender Mörser ist, und folglich dürfen sie dann ebenfalls keine zusammengesetzte Vorrichtung erfordern. Ein Hebezeug z. B., das über die deckende Masse vortragte, würde für den Feind ein Zeichen sein, sein Feuer auf einen Punkt zu richten, wo man nicht im Stande ist, dasselbe zu beantworten.

Wenn die Last ein Kanonen- oder Haubitzrohr ist, so kann dieses entweder von der Laffete auf den Sattelwagen und umgekehrt, oder auch von der Erde auf dieses Fahrzeug und umgekehrt zu schaffen sein. Da man möglicherweise die beiden ersten Manöver kann in den Batterien ausführen müssen, so dürfen dieselben wieder nur Rollen, Hebebäume und Tawe erfordern; zu den beiden andern Manövern, welche dagegen niemals vor dem Feinde ausgeführt werden, weil sie voraussetzen, daß das Rohr nicht bei seiner Laffete ist, kann die Benutzung des Hebezeuges gestattet werden.

Die Manöver de force bedingen demnach zwei neue Konstruktions-Grundsätze:

- 1) Die mit dem Vorderwagen verbundene Laffete muß gestatten, das Geschütz aus dem Schießlager ins Marschlager zu bringen und umgekehrt, ohne andere Hülfsmittel als Rolle, Hebebäume und Tawe.
- 2) Der Sattelwagen muß unter allen Verhältnissen das Auf- und Abladen mit Hülfe der eben angedeuteten Mittel leicht machen.

## Die Fahrzeuge der zweiten Art.

Als Gribeauval sein Material der Artillerie entwarf, be- hielt er zur Fortschaffung der Ausrüstungs-Gegenstände der Bela- gerungs-Parcs das vor ihm bestandene System der zweirädrigen Fahrzeuge bei. Die Gründe, welche ihn hierzu bestimmten, waren ohne Zweifel die Langsamkeit der Märsche dieser Parcs, die Art der Wege, welche sie zurückzulegen haben, die Ersparniß in der Erbau- ung und vielleicht auch die Nothwendigkeit, den Anhängern der äl- teren Artillerie einige Zugständnisse zu machen, damit sie seinen Neuerungen desto weniger entgegen träten.

Die Beibehaltung der Karre verursachte überdies keine großen Nachtheile, weil die andern Fahrzeuge des Trains dieselbe Anspan- nungsart hatten und nichts daran geändert wurde: denn wirklich wurden die Mortiere, ihre Laffeten und die Haubizen auf zweirä- drigen Fahrzeugen fortgeschafft, und die Kanonen-Laffeten hatten einen Vorderwagen mit Gabeldeichsel.

Jetzt aber, wo eine wohldurchdachte Einrichtung der Belage- rungs-Lafete derselben einen Vorderwagen mit Stangendeichsel zu geben gestattet, jetzt wo die Mortiere und ihre Laffeten auf einem hierzu ganz angemessenen vierrädrigen Fahrzeuge fortgeschafft wer- den, jetzt endlich wo das Material der Feldartillerie im Vergleich zum Material der Belagerungs-Artillerie eine sehr große Ausdeh- nung erlangt hat, muß man, um die Ausrüstungsgegenstände in den Zeughäusern und die Vorrathsachen im Felde leichter zu be- schaffen, um die Zahl der Fahrzeugarten zu vermindern, um bewe- gende Kräfte zu ersparen, um die Verwirrungen zu vermeiden, die zwei verschiedene Anspannungsarten verursachen würden, muß man sagen wir, die Fahrzeuge der zweiten Art nach dem vierrädrigen Systeme erbauen, welches auch das System der Fahrzeuge erster Klasse und der gesammten Feldartillerie ist. Es würde ein großer Fehler sein, zwei Materiale zu trennen, die in denselben Werkstätten geschaffen und bei den Operationen ein und derselben Armee ver- wendet werden; im Gegentheil, man muß sie gänzlich mit einander verschmelzen und es müssen die Einrichtungen der Artillerie nur ein einziges System bilden.

Die Fahrzeuge des Belagerungs-Trains, welche zur zweiten Art gehören, müssen demnach durchaus dieselben sein, als die bei der Feldartillerie zu analogen Zwecken bestimmten. Dieser für das neue Artillerie-System angenommene Grundsatz wurde bereits durch die Macht der Verhältnisse während der letzten Kriege praktisch angewendet; denn man weicht nicht weit von der Wahrheit ab, wenn man sagt, daß die zweirädrigen Fahrzeuge nur in wenigen Belagerungs-Trains bestanden, welche in Frankreich organisirt wurden, um in geringer Entfernung von der Gränze gebraucht zu werden.

Indessen ist es doch nicht möglich, die Karre gänzlich abzuschaffen: die Transporte, welche während der Belagerung eines Platzes von den Depots nach den Batterien ausgeführt werden, erfordern die Anwendung von Fahrzeugen, welche die kurzen Biegungen der Transcheen mit Leichtigkeit zu passiren vermögen, und diese Bedingung wäre durch ein vierrädriges Fahrzeug nicht zu erfüllen. Die beibehaltene Karre aber soll nur allein zum Dienst in den Belagerungs-Batterien benützt werden, und daher muß sie eine nur geringe Länge haben. Was ihre Form anbetrifft, so genügt es, wenn sie die Beladung mit Projektilen, Pulverfässern und Bettungshölzern für Mortiere gestattet.

Dies ist alles was wir bis jetzt von den Fahrzeugen der zweiten Art sagen wollen; die vierrädrigen Fahrzeuge werden in der Abtheilung über die Feldartillerie noch näher geprüft, weil sie speciell für diesen Dienst eingerichtet wurden.

Wir müssen indessen hier noch erwähnen, daß auch eine bestimmte Anzahl von Triquebals zu den Belagerungs-Trains gehören, und da mittelst dieser Maschinen sehr schwere Lasten mit großer Leichtigkeit fortgeschafft werden können, so sind sie für den Dienst im Park als Transportmittel sehr nützlich; da man sie aber hauptsächlich in den Festungen gebraucht, so verweisen wir ihre Einrichtung in die folgende Abtheilung.

### D r i t t e A b t h e i l u n g .

#### Die Festungs-Artillerie.

211. Die Anwendung der Artillerie in den Festungen ändert sich nach den verschiedenen Vertheidigungs-Perioden. Anfänglich

bient sie einer Ueberrumpelung zuvorzukommen oder sie zurückzuweisen; später unterstützt sie von den vorgeschobenen Werken aus die Ausfälle und verzögert die weiteren Fortschritte des Angriffes, und endlich widersteht sie sich den übrigen Arbeiten und zerstört die feindlichen Battereien, wobei sie von den Festungsfronten schießt.

Um den Hauptwall gegen die Ueberrumpelung sicher zu stellen, vertheidigt man die Gräben durch die Flankengeschütze; sie müssen, um den Fuß der Escarpe besser sehen zu können, durch Scharken feuern, und liegen entweder in Feld- oder in Belagerungs-Laffeten.

Die Ausfälle werden durch mobile Batterien unterstützt, die wie die Feld-Batterien eingerichtet sind.

Die Artillerie in den detachirten Werken muß ebenfalls sehr beweglich sein, damit man die Vertheidigung dieser Werke so lange fortsetzen kann, bis ihre Eroberung unvermeidlich ist, ohne dabei Gefahr zu laufen, die Geschütze darin stehen lassen zu müssen, und da die Bedingung der Beweglichkeit durch die Feld-Artillerie vollständig erfüllt wird, so wird man fast immer die entfernteren Werke der Festung mit diesem Material armiren.

Die vierte Funktion der Artillerie, der Widerstand gegen die näheren Arbeiten des Belagerers, bildet die eigentliche Vertheidigung; man legt die zu diesem Zwecke bestimmten Geschützröhre in eine Laffete von eigenthümlicher Bauart, welche den Namen Festungs-Laffete (*affût de place*) führt, und unterstützt sie kräftig durch Mortiere und selbst durch Feldhaubizen, die in dem bedeckten Wege aufgestellt werden.

Es sind demnach die zur Vertheidigung der Festungen benötigten Laffeten viererlei Art: die eigentliche Festungs-Laffete, die Mörser-Laffete, die Belagerungs-Laffete und die Feld-Laffete. Die beiden letzteren Arten haben im allgemeinen dieselben Funktionen zu erfüllen, wie in ihrem eigentlichen Dienste. Sie sind deshalb keiner weitem Modification unterworfen, wenn sie nicht zufällig als Ersatz für die Festungs-Laffeten dienen müssen, wo man sie denn so weit verändert, als es ihre neue Bestimmung erfordert.

Die Mortiere werden bei der Vertheidigung ganz so wie beim Angriff verwandt, und folglich werden zu beiden Zwecken dieselben Laffeten benutzt. Diese Geschütze sind unschätzbar wegen der Wirkung ihrer Projektile gegen die Belagerungs-Arbeiten, wegen der

Art ihres Wurfs, welche ihnen eine Aufstellung gestattet an Orten, wo die feindlichen Kugeln nicht hinkommen können, und endlich wegen ihrer Laffeten, welche wenig Raum einnehmen und nur sehr schwer zu treffen sind.

Bei der nahen Vertheidigung macht der Belagerte auch von Steinmörsern Anwendung; wir brauchen aber über die Laffeten dieser Geschütze nicht weiter zu sprechen, da sie mit den obigen Mörser-Laffeten ganz übereinstimmen.

### Die Festungs-Laffeten.

212. Von den vier bei der Vertheidigung angewandten Laffeten bleibt demnach nur noch die eigentliche Festungs-Laffete abzuhandeln. Um die Bedingungen zu finden, denen ihre Einrichtung genügen muß, müssen wir die aufeinander folgenden Operationen sowohl des Belagerers als des Belagerten genau durchgehen.

Der Belagerer, dem Feuer der Festung und den Ausfällen bloßgestellt, kann nur durch die Ausführung von Arbeiten vorschreiten, welche ihn zum Herrn des Terrains machen und ihm sichere Kommunikationen mit seinen Parks gewähren. Fortwährend durch die Artillerie des Belagerten bekämpft, ist zuerst sein Hauptziel, diese zum Schweigen zu bringen, und da die gewöhnlichen Verhältnisse des Bodens und der Befestigung ihm den unendlichen Vortheil gewähren, das Emplacement seiner Batterien nach Gütünden auszuwählen, so legt er sie berggestalt an, daß jede Face derjenigen Werke, welche gegen den Angriff gerichtet sind, zugleich von der Seite und in der Front beschossen wird. Die aus den Batterien geschossenen Projectilen zeigen denn auch eine solche Wirksamkeit, daß der Belagerte gewöhnlich nur ein Geschütz neben jeder Traverse hinter seiner Brustwehr erhalten kann.

Aber vor Beginn des Feuers vom Belagerer ist der Belagerte auf seinen Wällen ungestört; er besetzt sie dann mit einer zahlreichen Artillerie, mit welcher er sich denjenigen Arbeiten, die der Etablirung der Batterien vorhergehen und besonders deren Erbauung selbst, widersetzt; dann mißt er noch, ehe er späterhin die Thätigkeit seiner Vertheidigung vermindert, seine Kräfte mit denen des Belagerers.

Um die Angriffsarbeiten zu verzögern, muß jedes Geschütz der Festung ein sehr ausgedehntes Schußfeld haben. Um sich mit Erfolg der Etablierung der Batterien widersetzen und die bereits armirten mit einigem Vortheil angreifen zu können, muß der Belagerte solche Einrichtungen treffen, daß er auf jedes Geschütz des Angreifers alle Geschütze derjenigen Werke, die sie sehen können, mit Leichtigkeit hinrichten kann. Er darf sogar nur dann erst, wenn er auf einem Punkte gesiegt hat, einen zweiten angreifen; denn wenn er, statt sein Feuer zu convergiren, dasselbe zerstreut, so wird er eine bedeutende Munition unnütz verbrauchen.

Obgleich das Feuer der Festungs-Artillerie am geeignetsten ist, die Belagerungsarbeiten zu hemmen, so können diese dadurch doch nicht gänzlich aufgehalten werden; der Belagerer gewinnt sogar bald durch das Vortheilhafte seiner Position, durch die Stärke seiner Batterien und durch den Ueberfluß an Munition das Uebergewicht. Dem Belagerten bleibt dann nichts übrig, als seine Armirung zu vermindern; er giebt den Kampf mit der feindlichen Artillerie auf, ohne sie jedoch ganz in Ruhe zu lassen, und richtet sein Feuer nur noch gegen die Sappenspitzen. Er ist jedoch stets bereit, den günstigen Zeitpunkt zur Entwicklung seiner Kräfte wieder zu ergreifen, und beginnt immer aufs neue ein lebhaftes Feuer, wenn er glaubt, daß der Belagerte nicht im Stande ist, dasselbe augenblicklich zu beantworten. Dieser aber befindet sich immer in solchem Falle, wenn er seine ersten Batterien entwaffnet, um die der Festung näher liegenden zu armiren. In diesem Augenblicke also muß der Belagerte aufs neue die angegriffene Front vollständig besetzen und die Stärke der Vertheidigung verdoppeln.

Wenn die Festungs-Artillerie gut bedient wird, so fällt es dem Feinde schwer, am Tage seine Arbeiten mit Schnelligkeit vorzutreiben, und nur unter dem Schutze der Nacht werden seine Fortschritte rascher von statten gehen. Der Belagerte, um aufs Beste sich denselben widersetzen zu können, recognoscirt deshalb bei Sonnenuntergang die Punkte, auf die er während der Nacht sein Feuer richten muß und beleuchtet von Zeit zu Zeit mit Leuchtkugeln den Fortschritt der Belagerungsarbeiten.

213. Nunmehr ist es leicht, die Bedingungen festzustellen, denen die Festungs-Kassete genügen muß. Zuerst fühlt man, daß

es wichtig ist, die Kanoniere, welche immer nur in geringer Zahl vorhanden und dennoch für die Vertheidigung so nöthig sind, möglichst zu schonen. Die Brustwehr muß sie also während der Bedienung des Geschüzes vollkommen decken. Es dürfen daher keine tiefen Schießscharten vorhanden sein, welche überdies die Bedienung verzögern und die Brustwehr dem Belagerer öffnen. Es reicht indessen nicht hin, über die deckende Masse fortschießen zu können, man muß auch das Geschüs nach allen Punkten im Felde richten können, um das Feuer einer ganzen Front auf ein und dasselbe Ziel mit Leichtigkeit convergirend wirken zu lassen.

Die Nothwendigkeit, die Geschütze abwechselnd zurückzuziehen und wieder in Thätigkeit zu bringen, erfordert ebenfalls für die Festungs-Laffeten eine ziemlich große Beweglichkeit, man bedarf daher der Räder und leichter Fahrbarkeit. Denn sonst würde man das Rohr auf ein besonderes Fahrzeug transportiren müssen, und dies würde das Auf- und Abladen desselben erheischen, wodurch viele Zeit verloren gehen und Manövre de force nöthig würden; aber solche Operationen sind unter diesen Umständen beinahe unausführbar oder wenigstens sehr gefahrvoll, besonders wenn sie die Anwendung des Hebezeuges erfordern (208).

Durch diese letzteren Bedingungen wird man gezwungen, den Festungs-Laffeten eine gewisse Länge und Breite zu geben; aber diese Abmessungen dürfen niemals das durchaus nothwendige Maß überschreiten, da die Artillerie auf dem Walle dem Enfilirfeuer sehr ausgesetzt ist. Ueberdies muß man auf dem Wallgange so viel Raum als möglich für die Kommunikation zu gewinnen suchen und mit demjenigen Raum, den die gegen den Rifoschettenschuß gerichteten Traversen zur Aufstellung der Geschütze übrig lassen, sparsam umgehen, um so mehr als die großen Intervallen, welche man zwischen den ein großes Schussfeld verlangenden Geschützen lassen muß, die Zahl der Geschütze schon sehr beschränken.

Die freie Passage hinter dem Geschütze erfordert außerdem einen sehr beschränkten Rücklauf. Indessen darf derselbe dennoch nicht so gering sein, daß man die Geschütze, um sie auszuweichen zu können, nach dem Abfeuern, selbst bei kleinen Ladungen, noch zurückbringen müßte. Eben so ist es vortheilhaft, wenn der Rücklauf die Richtungslinie nur sehr wenig verändert und die Seelenaxe

sich leicht in die fehlerhafte Direction zurückbringen läßt. Die Laffete muß sich also mit leichter Mühe drehen lassen, eine Bedingung, die sich übrigens auch aus der dem Schussfelde zu gebenden Ausdehnung ergibt. Aus der Erfüllung dieser Bedingung folgt denn auch die Verminderung der Bedienungsmannschaft, was um so wichtiger ist, als eine Festung sich durch eine schwache Garnison, die überdies täglich schwächer wird, vertheidigen lassen muß. Endlich noch wird die Zahl der Bedienungsmannschaft für jedes Geschütz verringert, wenn das Vorbringen der Geschütze wenig Kräfte erfordert.

Ferner muß die Festungslaffete in der Art construirt sein, daß sie der üblen Witterung in jeder Jahreszeit widerstehen kann; denn um nicht widerstandslos überfallen zu werden, ist man genöthigt, einige Geschütze auf den Wällen aufzustellen, so wie der Belagerungs-Zustand erklärt worden ist, und diese Geschütze, welche bestimmt sind, die ersten Schüsse gegen einen Feind zu thun, der vielleicht gar nicht erscheint, können mitunter lange Zeit auf den Wällen verbleiben müssen.

214. So sind demnach viele Bedingungen zu erfüllen, und dennoch muß die Konstruktion der Festungslaffeten einfach und wenig kostspielig sein; einfach, weil man während der Belagerung oft genöthigt ist, seine Zuflucht zu wenig geschickten Arbeitern zu nehmen, nicht allein um Reparaturen auszuführen, sondern auch um neue Laffeten anzufertigen; wenig kostspielig, weil das Material der Festungen ein großes Kapital in Anspruch nimmt, da jede Festung mit allem bei einer Belagerung Benöthigten ausgerüstet sein muß. Ueberdies sind die Laffeten dem feindlichen Feuer so sehr ausgesetzt, daß bei einer braven Vertheidigung eine große Zahl davon verbraucht wird.

Glücklicherweise läßt sich die Einfachheit und Geldersparniß bewirken, ohne irgend eine andere Bedingung zum Opfer bringen zu müssen. Da in die Festungslaffeten sehr schwere Geschützröhre gelegt werden, so haben sie beim Schießen gewöhnlich keine großen Percussionen auszuhalten (150), folglich brauchen sie nicht sehr zusammengesetzt zu sein; da sie sehr massiv sein können, ohne daß die Schnelligkeit der Bedienung darunter leidet, so hindert nichts, den Holztheilen sehr starke Dimensionen zu geben, um die Beschläge

auf eine kleine Zahl zu beschränken und hierdurch die Baukosten zu vermindern.

215. Man sieht also, daß die Festungs-Laffete, kurz gefaßt, folgende Bedingungen erfüllen muß, wenn sie zweckmäßig eingerichtet sein soll:

- 1) Das Rohr muß in der Laffete so hoch liegen, als es das Schießen über Bank erfordert, damit die Kanoniere während der Handhabung noch vollkommen gedeckt sind.
- 2) Das Schussfeld muß groß genug sein, um alle Punkte im freien Felde beschießen zu können.
- 3) Sie muß hinlängliche Beweglichkeit besitzen, um die Wälle mit dem darin liegenden Rohre befahren zu können.
- 4) Die Feuerbereitschaft muß schnell bewirkt werden können.
- 5) Sie darf nur wenig Raum einnehmen, sowohl in der Breite als in der Länge.
- 6) Sie muß dem Rikschetttschuß nur geringe Trefffläche bieten,
- 7) sich leicht handhaben lassen;
- 8) sie muß den Hebebäumen der Bedienungsmannschaft Angriffspunkte darbieten.
- 9) Sie muß eine Vorrichtung besitzen, durch welche das Richten schnell von Statten geht;
- 10) endlich muß sie einfach, nicht kostspielig sein und den Einflüssen der Jahreszeit widerstehen.

### Die Festungs-Fahrzeuge.

216. Die in den belagerten Festungen auszuführenden Transporte bezwecken die Erbauung der Batterien, ihre Bewaffnung und ihre Ausrüstung. Die zu ihrem Bau nöthigen Materialien, so wie die Ausrüstungs-Gegenstände können auf requirirten Wagen herbeigeschafft werden; wenn man aber Artillerie-Fahrzeuge anwendet, so eignen sich die Karre und Park-Wagen besonders zu diesem Dienste.

In den Festungen von geringer Ausdehnung wird der Munitions-Transport gewöhnlich durch Soldaten der Artillerie mittelst Tragebahren und Schubkarren bewirkt, und diese Mittel sind sogar die einzigen anwendbaren, wenn die Außenwerke approvisionirt werden sollen.

Wenn die Kanonen und Haubitzen auf dem Hauptwalle aufgestellt werden sollen, so werden sie in ihren eigenen Laffeten dahin gebracht; nach den Außenwerken dagegen, nach welchen man nur durch sehr enge und niedrig gewölbte Poternen kommen kann, muß man die Röhre auf einem Sattelwagen bringen, der auch zum Transport der Mörserrohre und Laffeten gebraucht wird; jedoch bedient man sich zum Transport der letzteren, so lange derselbe innerhalb des Hauptwalles statt findet, vorzugsweise des Triquebals.

217. Der in den Festungen angewandte Sattelwagen muß so niedrige Räder haben, daß man mit seiner Ladung die Gewölbe passiren kann; durch die Erfüllung dieser Bedingung wird überdies auch das Auf- und Abladen erleichtert. Ebenso muß er ein der Breite der Poternen angemessenes Geleise haben und wegen der scharfen Biegungen in den Straßen der Festungen einen sehr großen Lenkungswinkel.

218. Der Triquebal weicht von allen anderen Fahrzeugen sehr ab; er dient zum Transport schwerer Lasten auf kleine Entfernungen und auf zweckmäßig vorbereiteten Wegen. Der Hinterwagen hat sehr hohe Räder, weil die fortzuschaffende Last wegen ihres großen Gewichtes unter der Achse angebracht werden muß. Hieraus folgt auch, daß einer andern Bedingung, nämlich der leichten Fahrbarkeit, genügt wird. Endlich muß ein einfacher Mechanismus selbst einer kleinen Zahl von Menschen gestatten, die schwerste Last aufzuladen; er muß aber eine solche Haltbarkeit besitzen, daß während der Handhabung und während des Marsches vollkommene Sicherheit stattfindet.

## Vierte Abtheilung.

### Die Küsten-Artillerie.

219. Nachdem wir uns über die Festungs-Artillerie ausgesprochen haben, brauchen wir über die Küsten-Artillerie nicht sehr weitläufig zu sein.

Die zur Vertheidigung der Seeküsten bestimmten Batterien sind entweder bewegliche oder permanente. Die ersteren sollen Landungen verhindern, oder die Truppen, welche einen bereits gelandeten Feind bekämpfen, unterstützen. Diese Funktionen gehören aber

unbedingt zu denen der Feldartillerie, mit welcher wir uns bald beschäftigen werden. Die permanenten Batterien dagegen dienen zur Vertheidigung der wichtigsten Punkte, als Häfen und Rheden, und enthalten drei Geschützkarten, nämlich Kanonen, Haubizen und Mortiere. Diese Geschütze stehen hinter einer Brustwehr und schießen auf sehr bewegliche Ziele: die Schiffe und deren Landungsböte.

Die Mortiere werden wie bei den Belagerungen verwandt und haben dieselben Laffeten; daher ist ihre Trefffähigkeit sehr ungewiß. Indessen hat der Feind ihre Bomben dennoch sehr zu fürchten, da eine einzige treffende ein Schiff in die größte Gefahr bringt.

Damit die Kanonen und Haubizen diejenige Wirkung hervorbringen, welche man sich von ihnen versprechen kann, muß die Küsten-Laffete ein großes Schussfeld erhalten, den Kanonieren gestatten, stets gedeckt sie zu handhaben, schnelle Bedienung und ein leichtes Richen zulassen. Indessen fühlt man wohl, daß ein hinter einer deckenden Masse stehendes Geschütz nur dann immer auf ein bewegliches Objekt gerichtet sein und während dasselbe im Bereich ist, mehrere Schüsse auf dasselbe abgeben kann, wenn die Bedienung außerordentlich schnell auszuführen ist, und das Schussfeld bestimmte Gränzen hat.

220. Die Uebereinstimmung dieser Bedingungen mit den für die Festungs-Laffete aufgestellten, zeigt, daß die Küsten- und Festungs-Artillerie gleiche Laffeten anwenden können, wenn sie gleiche Geschüßrohre anwenden. Daher herrscht in dem jetzt gebräuchlichen Material beider Dienstzweige die vollkommenste Uebereinstimmung. Hieraus ergiebt sich außer anderen wichtigen Vortheilen eine Vereinfachung in der Ausrüstung mit Nuzholz und eine Verminderung des Materials, welches in den Marine-Depots vorrätzig sein muß.

221. Die doppelte Verwendung der Festungs-Laffete giebt zu zwei Bemerkungen Anlaß. Die Küsten-Batterien vertheidigen oftmals Rheden, auf welchen die Schiffe in großer Entfernung vom Lande ankern können; folglich müssen die Geschütze dieser Batterien mit großer Elevation und sehr starken Ladungen schießen, während dagegen bei der Vertheidigung der Festungen die zu erlangenden Wirkungen nur kleine Winkel und schwache Ladungen erfordern. Demnach muß der Widerstand der zu beiden Dienstzweigen ange-

wandten Laffete, so wie der Rücklauf, den man ihr lassen kann, und der größte Schußwinkel, den die Einrichtung gestatten muß, aus ihrer Anwendung zur Küstenvertheidigung bestimmt werden.

Folglich muß man sich bestreben auf die Gesamtform alle diejenigen Grundsätze der Theorie anzuwenden, welche der zweite Theil dieses Buches enthält; denn bei alleiniger Erfüllung der in Nr. 215. aufgestellten Bedingungen könnte es vorkommen, daß die Wirkungen der Percussionen, welche aus den Schußwinkeln und den Ladungen hervorgehen, sehr groß würden.

Die zweite zu machende Bemerkung ist, daß man nicht zu fürchten braucht, man raube der Laffete die für den Festungsdienst wichtige Eigenschaft, die Schußrichtung stets beibehalten zu können, wenn man das für den Küstendienst nothwendige Erforderniß, die Richtung schnell verändern zu können, erfüllt; denn wenn die Laffete diese Eigenschaft nicht mehr hätte, so würde es sehr leicht sein, sie ihr durch einige einfache Einrichtungen wiederum zu verleihen.

Wir müssen noch erwähnen, daß durch die doppelte Verwendung der Laffete eine andere wichtige Bedingung, Beschränkung der Beschlagtheile, herbeigeführt wird (214); denn diese werden durch die Seenebel sehr schnell zerstört. Man bemerkt wirklich an den wegen Alters undienstfähig gewordenen Küsten-Laffeten, daß die in das Holz eingelassenen Eisentheile, wie die Bolzen, durch den Rost so gelitten haben, daß sie jetzt nur noch halb so stark sind als anfänglich.

222. Hierauf beschränken sich die Bemerkungen über dasjenige Material, welches für die Vertheidigung der Küsten bestimmt ist. Besonders eingerichtete Fahrzeuge sind hier nicht nöthig, denn diese Geschütze verändern dem Feinde gegenüber niemals ihre Position und ihre Ausrüstungsgegenstände befinden sich in Magazinen, die ganz in ihrer Nähe liegen.

Indessen muß man doch Batterien erbauen, sie armiren und ihre Magazine füllen. Aber die vielfältigen Bedingungen, welchen die Festungs-Laffete entsprechen muß, gestatten nicht, ihr eine solche Einrichtung zu geben, daß sie sich zum Transport ihres Rohres außerhalb der Festungen, und besonders auf große Entfernungen, eignen. Man bedient sich daher zum Transport der Röhre bis zur Küste der Sattelwagen des Belagerungs-Trains, oder der in dem

Festungen gebräuchlichen Triquebals. Was aber die Ausrüstungsgegenstände aller Art anbetrifft, die zur Erbauung der Batterien und zum Dienste in denselben nöthig sind, so können sie auf denjenigen Belagerungs-Fahrzeugen fortgebracht werden, welche zur Aufnahme ähnlicher Lasten bestimmt sind.

## F ü n f t e A b t h e i l u n g .

### Die Feld-Artillerie.

223. Es müssen durch die Fahrzeuge der Feld-Artillerie die Geschützrohre und ihre Munition fortgeschafft werden, so wie die Ausrüstungsgegenstände, das Handwerkszeug und die zur Instandhaltung des Materials, der Geschirre und des Hufbeschlages nöthigen Vorrathsfachen und endlich die Munition der anderen Waffen, weil die Artillerie diese aufbewahrt, da man weder die Infanterie, noch die Kavalerie mit der Führung und Instandhaltung eines Parks beauftragen kann. Es ist unmöglich, sämtliche Fahrzeuge eines ganzen Armee-Korps dessen Bewegungen folgen zu lassen; man theilt sie daher in zwei Theile: Batterie-Fahrzeuge, welche ihre resp. Divisionen begleiten und Fahrzeuge der großen Parks, welche nur den Hauptbewegungen des zugehörigen Korps folgen.

Bei den batterie-Fahrzeugen sind noch diejenigen zu unterscheiden, welche mit in das Gefecht gehen, und solche, die sich außerhalb des feindlichen Schussbereichs halten. Unter den ersteren begreift man nur die mit ihren Röhren versehenen Laffeten und die Munitionswagen (caissons), in welchen die zu den Geschützen gehörige Munition enthalten ist. Die sämtlichen Fahrzeuge der zweiten Art bilden die sogenannte Reserve.

Es sind daher die Laffete und der Munitionswagen die wichtigsten Elemente der Feldartillerie, und aus diesem Grunde sollen sie zuerst abgehandelt werden: die Fahrzeuge der Reserve und der großen Parks stehen ihnen an Wichtigkeit gänzlich nach.

### Die Batterie-Fahrzeuge.

224. Obgleich der Munitionswagen zum Transport der Munition bestimmt ist, so muß doch auch die Laffete einen Theil der-

selben mitführen, um sowohl beim Angriff als bei der Vertheidigung in denjenigen Fällen damit auszureichen, wo kein großer Munitionsverbrauch stattfindet und wo die Mitführung eines anderen Fahrzeuges wenigstens unnöthig wäre.

Die Ladung des Munitionswagens besteht nicht mehr aus einer einzigen Gattung von Gegenständen; denn außer der Munition führt er noch diejenigen Vorrathsfachen mit, deren man vielleicht während der Schlacht bedarf. Man wird in der That fühlen, wie wichtig es ist, augenblicklich alle Beschädigungen beseitigen zu können, welche durch feineliches Feuer oder durch Vorfälle während des Marsches entstanden sind, und welche die Fahrzeuge augenblicklich unbrauchbar machen, dennoch aber nur leicht ersetzbare Theile, wie die Räder und Deichsel, betreffen. Es muß demnach jeder Munitionswagen außer der Munition noch ein Vorrathsrad und eine Vorrathshechsel mitführen. Hierzu kommt noch eine Schippe und Hacke, weil diese Geräthe oftmals zur Beseitigung von Hindernissen nothwendig werden, welche die Pferde nicht überwinden können.

225. Es reicht jedoch die Kenntniß von der Beladung nicht hin, um die Bedingungen für die Einrichtung festzustellen; man muß auch alle übrigen dienstlichen Verhältnisse in Betracht ziehen. Da die Feldartillerie in Verein mit der Infanterie und Kavalerie kämpft, so muß sie auf dem Marsche eine gleiche Geschwindigkeit wie die Divisionen, zu denen sie gehört, besitzen und auf dem Schlachtfelde allen ihren Bewegungen folgen können. Oft auch muß sie ihnen selbst vorausseilen, wo denn die anderen Waffen nur die durch ihre Geschosse vorbereitete Niederlage zu vervollständigen haben. Trifft die Armee in irgend einem Punkte auf einen unerwarteten Widerstand, so müssen die Batterien sich schnell dahin bewegen können. Will man einen entscheidenden Schlag führen, so vereinigt man schnell einige Divisionen Artillerie und formirt daraus eine große Batterie.

Die Feldartillerie bedarf daher einer außerordentlichen Beweglichkeit, und da die Zeit, welche man durch diese Eigenschaft gewinnt, dennoch verloren ginge, wenn die Verrichtungen, welche den Bewegungen vorausgehen oder folgen, nur langsam vor sich gehen, so müssen die Einleitungen zum Gefecht mit Schnelligkeit ausgeführt, das Schießen selbst, so weit es die Genauigkeit der

Richtung erlaubt, mit der größten Lebhaftigkeit unterhalten werden können und die Batterie stets im Stande sein, ihre Stellung zu verändern.

226. Ein Fahrzeug wird durch drei Dinge sehr beweglich: durch leichten Zug, durch die Möglichkeit kurze Wendungen auszuführen und alle Hindernisse überwinden zu können, welche die Pferde nicht aufhalten.

Diese Eigenschaften müssen der Lafette und dem Munitionswagen gemein sein; denn beide sind fast unzertrennlich, da ihr Zusammensein zur Erreichung der von der Artillerie geforderten Leistungen durchaus nothwendig ist.

Der leichte Zug hängt von dem fortzuschaffenden Totalgewichte ab und von der mehr oder weniger günstigen Einrichtung, welche der Motor zur Mittheilung und Unterhaltung der ganzen, ihm möglichen Geschwindigkeit findet. Das Gewicht der Lafette wird durch das anzuwendende Kaliber bestimmt, und das Gewicht des Munitionswagens ergibt sich ebenfalls hieraus; denn beide müssen augenscheinlich beinahe gleich sein.

Wir wissen bereits, wie man ein Fahrzeug einrichtet, um sehr kurz wenden zu können (121).

Endlich setzt die Eigenschaft, Hindernisse überwinden zu können, die vollkommene Unabhängigkeit des Vorder- und Hinterwagens von einander voraus, und diese Unabhängigkeit erfordert, daß der letztere an ersteren angehangen wird, so daß er bloß den Proghaken berührt, welcher in diesem Falle Stützpunkt, Zugmittel und Drehachse bildet (103).

Folgendes sind demnach die Bedingungen, welchen zur Erlangung der größten Beweglichkeit die Feldlafette und der Munitionswagen entsprechen muß:

- 1) Das Total-Gewicht des beladenen Fahrzeuges muß in Bezug auf die hervorzubringenden Leistungen ein Minimum sein.
- 2) Der Hinterwagen muß mit dem Vorderwagen mittelst des einfachen Proghakens verbunden sein und keine weitere Berührung haben.
- 3) Die Anspannungsart muß den Pferden gestatten, die größte ihnen mögliche Schnelligkeit mitzuthellen und zu unterhalten.

4) Die Einrichtung und die Gesamtform müssen überdies so viel als möglich den Bedingungen eines leichten Zuges und einer großen Stabilität genügen (197).

Wir wollen nunmehr für die drei anderen Haupt-Grundsätze (225) in eine ähnliche Analyse eingehen, wie die so eben für den ersten Grundsatz gegebene. Zu diesem Ende müssen wir aber die Kaffete und den Munitionswagen getrennt betrachten.

### Die Feld-Kaffeten.

227. Der Vorderwagen ist vom Hinterwagen getrennt, wenn das Geschütz feuerbereit ist, und von den sechs Mannschaften, welche es bedienen, stehen drei links und drei rechts demselben. Während des Schießens hat die erste Nummer an der rechten Seite einen Wischer, dessen Borsten sie, wenn das Rohr abgekühlt werden muß, in einen Eimer voll Wasser taucht. Während des Richtens dreht die richtende Nummer die Kaffete mittelst einer Handspeiche, welche vorher am Kaffetenschwanz befestigt worden ist.

Das Manöver, um zur Feuerbereitschaft zu gelangen, besteht demnach in seiner größten Einfachheit aus drei Bewegungen, nämlich Trennung des Vorder- und Hinterwagens, Losmachen des Wischers und der Handspeiche und Anbringen der letztern an den Kaffetenschwanz. Damit diese drei Bewegungen in einem sehr kurzen Zeitraume erfolgen, müssen sie sich leicht und gleichzeitig ausführen lassen. Da aber jedes dieser Ausrüstungsstücke an seinen beiden Enden befestigt sein muß, so sind auch zwei Nummern zum Losmachen des Wischers nöthig, zwei andere können die Handspeiche abnehmen und wieder befestigen, und es bleiben daher noch zwei zum Abproben übrig.

228. Für die Einrichtung der Feldkaffete muß demnach Folgendes beachtet werden:

- 1) Der Wischer muß an der rechten, die Handspeiche an der linken Kaffetenwand befestigt werden, der Eimer muß so angehängen sein, daß er während des Schießens der ersten Nummer rechts zur Hand ist; diese Gegenstände müssen durch einfache Mittel so befestigt werden, daß sie ungeachtet der beim raschen Fahren auf holprigen Wegen vorkommenden Stöße sitzen bleiben; die Vorrichtung zur Befestigung dieser Zubehör-

stücke müssen eine solche Form und Lage haben, daß sie auch beim Aufstapeln der Laffeten in den Magazinen nicht beschädigt werden und endlich muß noch Platz da sein für einen Hebebaum zu den Manövern de force und für einen Dammzieher zum vorkommenden Entladen des Rohrs.

- 2) Jeder Schilbzapfen muß ein einziges Lager erhalten und der Munitionskasten, den die Laffete führen soll, muß auf den Vorderwagen gestellt werden, weil hierdurch dieser Kasten und das Rohr auf dem Marsche und beim Feuern dieselben Lagen beibehalten, was zur Vereinfachung und Beschleunigung der Feuerbereitschaft sehr angemessen ist.
- 3) Damit zwei Nummern zum Abproben, und zwar auch zur schnellen Ausführung desselben, hinreichen, muß sich an jeder Seite des Laffetenschwanzes eine leicht zu ergreifende Handhabe befinden; der Schwerpunkt des Systems muß so liegen, daß der Laffetenschwanz von zwei Menschen leicht gehoben werden kann; die Verbindung von Vorder- und Hinterwagen darf nicht hoch liegen und muß so eingerichtet sein, daß der Prohring und der Prohrhaken stets sichtbar sind und der Bedienungsmannschaft die zur Entwicklung ihrer Kräfte günstigste Stellung anzunehmen gestatten.

229. Es läßt sich leicht übersehen, wie man es anzufangen hat, um die Schnelligkeit des Feuers zu begünstigen:

- 1) Die Erhöhung des Rohrs über den Erdboden muß ein bequemes Laden gestatten.
- 2) Die Laffete muß ohne einfache und dauerhafte Vorrichtung erhalten, durch welche die Nummer, welche das Zündloch zuhält, auch gleichzeitig die Axt des Geschützrohres in der vertikalen Ebene drehen kann, um ihm die verlangte Höhenrichtung zu geben.
- 3) Der Rücklauf darf nicht groß sein, damit man nur wenig Zeit verliert, um das Geschütz wiederum vorzubringen.
- 4) Die Handspeiche muß sich an den Laffetenschwanz leicht befestigen und ebenso von demselben trennen lassen.

Folgende Gründe machen die Befestigung einer Handspeiche an den Laffetenschwanz durchaus nothwendig: die Seelenaxe des Geschützes muß stets in der Längenebene der Laffete liegen, sonst würde

die Laffete nicht so gut den Wirkungen des Schusses widerstehen können. Man kann also die Visirlinie nur durch die Drehung des ganzen Systems auf beiden Rädern nach dem Ziele richten. Andererseits ist es aber sehr wichtig, dem feindlichen Feuer nur die zur Bedienung des Geschüzes unumgänglich nothwendige Mannschaft auszusetzen, es muß deshalb ein Mann die Laffete drehen können. Nun hängt aber die Kraft, die er anzuwenden hat, von der Beschaffenheit des Erdbodens, von dem Gewichte des Laffetenschwanzes und von der Entfernung des Angriffspunktes seiner Hände bis zur Mittellinie der Achse ab. Es ist daher nothwendig, diese Entfernung groß zu machen, und hierzu dient die Handspeiche, die, wie man wohl fühlt, fortgenommen werden muß, sobald die Laffete wiederum mit ihrem Vorderwagen verbunden werden soll.

230. Was den vierten allgemeinen Grundsatz (225) anbetriefft, so bereitet man die Geschüze zur Veränderung der Position vor, indem man die Bewegungen, welche die Feuerbereitschaft herbeiführen, in umgekehrter Art verrichtet. Die im Vorigen aufgestellten Bedingungen genügen demnach, um auch jenem Manöver eine große Schnelligkeit zu sichern.

Indessen muß bemerkt werden, daß das Ausproben bei weitem mehr Zeit erfordert, als das Abproben. Denn im erstern Falle muß der Vorderwagen zurückgeschoben und ans Geschütz gebracht werden, und zwar so, daß die Mittellinie beider Wagengestelle beinahe in derselben vertikalen Ebene liegen. Nun ist aber diese Bewegung oftmals im aufgepflügten Acker sehr schwer auszuführen, besonders wenn er durch Regen aufgeweicht ist, und die Schwierigkeit wird noch durch die Furcht vermehrt, welche das feindliche Feuer den Pferden einflößt.

Man ist dann genöthigt, die Laffete zu bewegen, um sie selbst in die angemessene Stellung zu bringen. Die hieraus sich ergebenden Verzögerungen können keine nachtheiligen Folgen haben, wenn die Batterie eine offensive Bewegung machen soll; beim Zurückgehen aber, besonders wenn man sich dem Angriff der Kavalerie entziehen will, kann man gezwungen werden, entweder das Feuer zu zeitig aufhören zu lassen, was den Erfolg des Kampfes aufs Spiel setzt, oder nur mit dem Vorderwagen aus der Position zu gehen und die Geschüze der Gewalt des Feindes zu überlassen.

Die Zeit, welche man zum Abproben und zur Veränderung einer Position verliert, wird noch kostbarer, wenn die Artillerie den Auftrag hat, einen allgemeinen Rückzug zu decken, weil sie dann ihr Feuer fortsetzen muß, ohne den Marsch aufzuhalten. Die Anwendung eines Langtaues, welches die Laffete fortwährend mit dem Vorderwagen verbindet, giebt ein Mittel ab, sich aus den oben angedeuteten schwierigen Lagen zu ziehen, und dies nur allein macht die Beibehaltung dieses Taus im Material der Feld-Artillerie unerläßlich. Da aber eine solche Verbindungsart das Schleifen des Laffetenschwanzes auf dem Erdboden mit sich bringt, und hierdurch ein großer Widerstand erzeugt wird, besonders im gepflügten Acker, so ist es nothwendig, den Gebrauch des Langtaues auf jene wenigen Fälle zu beschränken, wo der Marsch und das Feuer während des Rückzuges beschleunigt werden sollen; denn es ist sehr wichtig, die Besspannung zu schonen.

Bei der Konstruktion muß man also seine besondere Aufmerksamkeit auf die Wiedervereinigung des Geschüßes mit der Proze richten, um dieselbe so leicht und schnell als möglich ausführen zu können. Was die Anbringung des Langtaues beim Transport betrifft, so hängt sie von der Art ab, wie die Geschüße mit Munition versehen werden. Wenn die zur Laffete gehörige Proze niemals gegen eine andere ausgewechselt wird, so ist es gleichgültig, ob das Tau an der Laffete oder an der Proze befestigt ist; wenn aber die Proze mit dem Vorderwagen des Munitionswagens umgewechselt wird, so scheint es angemessen, das Langtau an die Laffete anzubringen.

231. Das Schießen aus Feldgeschüßen führt noch zwei neue allgemeine Grundsätze für die Einrichtung und die Gesammelform der Laffete herbei:

- 1) Ungeachtet der ihnen benöthigten Leichtigkeit müssen sie so fest sein, daß sie lange Zeit ohne bedeutende Beschädigungen die durch die Pulverwirkung entstehenden Percussionen aushalten können (158).
- 2) Sie müssen das Feuern unter allen den Schußwinkeln gestatten, welche den noch Wirkung versprechenden Schußweiten entsprechen, und dagegen jede andere Lage der Geschüßaxe unmöglich machen.

Wenn man die Begrenzung der Höhenrichtung unterließe, so würde es oft vorkommen, daß die Batterie-Kommandeure, gezwungen den Befehlen von nicht zur Artillerie gehörigen Offizieren gehorchend, die Munition unnütz verschwendeten und die Laffeten schnell zerstörten.

### Die Munitionswagen (caissons).

232. Da die Bedingungen, welche sich auf die Beweglichkeit beziehen, für die Laffeten und Munitionswagen dieselben sind (226), so müssen diese beiden Fahrzeuge nach ein und demselben System eingerichtet sein und folglich ein und denselben Vorderwagen erhalten, wie es auch der Grundsatz (198) verlangt, nach welchem die Gesamt-Einrichtung der Systeme bestimmt werden muß. Dieser Grundsatz fordert aber außerdem, daß nur eine einzige Art von Munitionswagen bestehe, der mittelst einiger einfachen und leichten Abänderungen in seinen inneren Abtheilungen zur Aufnahme aller Munitionsarten der Feldgeschütze eingerichtet werden könne. Das Obergestell ist demnach bei allen Munitionswagen gleich, und da man stets nach Vereinfachung des Materials streben muß, so wird man auf den Hinterwagen zwei eben solche Kasten, wie auf den Vorderwagen stellen. Diese Einrichtung erleichtert auch die Aufbewahrung der einzelnen Wagentheile, sowohl in den Magazinen als in den Schiffen, welche Artillerie fortbringen. Ueberdies wird durch sie die Munition des Wagens in drei gleiche Theile getheilt, und man ist im Stande, das Verhältniß von 3:2, nach welchem man den Druck am angemessensten auf beide Achsen vertheilt (93), leicht herzustellen.

Was die Form der Kasten betrifft, so muß sie gestatten, nöthigenfalls die Bedienungs-Mannschaft des Geschützes auf die beiden Vorderwagen und auf den Hinterwagen des Munitionswagens fortzuschaffen; denn dies ist ein Mittel, die Beweglichkeit der Fuß-Batterien bis zum höchsten Grade zu steigern.

Wenn wir noch hinzufügen, daß die Schnelligkeit des Feuerns die Anwendung schon angefertigter Schüsse verlangt, so wird es leicht sein, alle besonderen Bedingungen herzuweisen, die bei der Einrichtung des Munitionswagens zu erfüllen sind:

- 1) Er muß denselben Vorderwagen wie die Lafete haben.

- 2) Sein Hinterwagen muß zwei Kasten haben, die für alle Munitionsarten passen, dem Kasten des Vorderwagens gleich sind und Sitz für die Bedienungs-Mannschaft abgeben.
- 3) Es ist von der äußersten Wichtigkeit, daß die Munition vollkommen gegen die Feuchtigkeit geschützt ist, daß die heftigsten Stöße des Wagens sie nicht entzünden können und daß das Pulver auf keine Art verdorben wird.
- 4) Die Munition muß mit Leichtigkeit von dem mit ihrer Vertheilung beauftragten Feuerwerker aus den Kästen genommen werden können.
- 5) Der Verschluß des Wagens wird die Entwendung des Pulvers unmöglich machen.
- 6) Die Fortschaffung der Vorrathssachen wird so geschehen, daß weder Verwirrung noch Unglück entstehen kann.

233. Das Vorrathsräd erfordert eine besondere Aufmerksamkeit: es muß so angebracht sein, daß es weder der Beweglichkeit, noch der Haltbarkeit, noch auch der Ausrüstung der Batterie schadet. Es darf also weder die Bewegung des Fahrzeuges beschränken, noch die Herausnahme der Munition aus dem Kasten hindern; ferner muß es so befestigt sein, daß es selbst im durchschnittsten Terrain nicht herabfallen kann, und endlich muß es gegen diejenigen Stöße gesichert sein, welche Beschädigungen des Systems herbeiführen können (106).

234. Wir beschließen diese Abtheilung mit einigen Betrachtungen über die Art und Weise, wie die Geschütze während des Gefechtes mit Munition zu versorgen sind.

Nach den Vorschriften Gribeauals soll man die Munition des Proglastens nur im äußersten Nothfall verbrauchen und die Geschütze dagegen aus den in zweiter Linie hinter ihnen aufgestellten Munitionswagen versorgen. Nun giebt aber eine so aufgestellte Batterie dem feindlichen Feuer eine große Anzahl von Menschen, Pferden und Fahrzeugen Preis. Es wäre deshalb sehr wichtig, die Munitionswagen von den Geschützen so weit entfernt halten zu können, daß sie durch eine Terrainfalte gedeckt wären, oder zum wenigsten, sie so aufstellen zu können, daß sie dem feindlichen Feuer nicht ausgesetzt wären. Diese neue Stellung der zweiten Linie einer Batterie führte noch einen andern großen Vor-

theil mit sich: die Bewegungen der Geschütze würden freier sein und könnten schneller vor sich gehen. Es kommt also darauf an, ob man eine Einrichtung treffen kann, die solche Vortheile mit sich bringt.

Da jedes Geschütz den vierten Theil seiner Munition bei sich hat, so könnte es das Gefecht mit dieser Ausrüstung eröffnen. Wenn diese dann beinahe verbraucht wäre, könnte der Vorderwagen des Munitionswagens zur Batterie kommen, und die zum Feuern nöthige Munition liefern, während die Proze zur zweiten Linie gehen und neue Munition laden könnte; sobald der Vorderwagen des Munitionswagens leer würde, ginge er zurück, um von Neuem gefüllt zu werden, und dies Manöver würde sich bis zum gänzlichen Verbrauch aller Munition wiederholen.

Um also die Munitionswagen dem feindlichen Feuer zu entziehen und die Bewegungen der Geschütze unabhängiger zu machen, ist nöthig und genügt es:

- 1) daß der gemeinsame Vorderwagen so viel Munition faßt, als man in der Zeit verbrauchen kann, welche man zum Heranschaffen eines neuen Vorraths aus der zweiten Linie für nöthig hält,
- 2) daß die Trennung und Wiedervereinigung von Vorder- und Hintergestell des Munitionswagens leicht ausführbar ist.

Diese letzte Bedingung führt nun noch andere herbei; es ist indessen leicht, dieselben aus den in Nr. 228 für die Laffete gegebenen abzuleiten.

Was die Zeit der Wechselung beider Vorderwagen anbetrifft, so hängt sie von der Art ab, wie die Umladung ausgeführt wird, und von dem Abstände beider Linien von einander. Das Umladen würde sehr langsam vor sich gehen, wenn man aus dem Munitionswagen die Schüsse einzeln herausnehmen müßte, um sie in den Kasten des Vorderwagens zu legen; denn man müßte, da man nicht weiß, ob die Munition des Vorderwagens in der ersten Linie auch bereits verbraucht ist, zuvörderst auspacken und wiederum verpacken. Es wird demnach eine andere Einrichtung nothwendig: die Wechselung der Kasten muß leicht vor sich gehen, sowohl hinsichtlich ihres Gewichts als der zu ihrer Befestigung nöthigen Vorrichtungen, oder auch die Munition muß in Kisten oder in Säcken

verpackt sein, welche sich mit leichter Mühe aus dem Kasten des Munitionswagens in den des Vorderwagens bringen lassen.

Indessen müssen wir bekennen, daß die Munitionsversorgung der Feldgeschütze in der eben angegebenen Art einen so bedeutenden Nachtheil hat, daß man sie nicht unter allen Verhältnissen des Krieges anwenden kann und dies liegt darin, daß die Batterie so lange außer Stande ist, eine Bewegung auszuführen, als die Vorderwagen in der Bewegung von einer Linie zur andern begriffen sind.

### Die Reserve-Fahrzeuge.

235. Um die Betrachtung der Batterie-Fahrzeuge zu vollenden, bleibt uns nur noch von denjenigen Fahrzeugen zu reden übrig, welche man immer an irgend einem Orte, wo die feindliche Geschosse sie nicht erreichen können, in Reserve hält. Sie enthalten die für die Handwaffen bestimmten Patronen, die Ausrüstungs- und Vorrathssachen, welche man auf dem Schlachtfelde nicht brauchen kann und alle Gegenstände, welche zur Ausbesserung des Materials, so wie zur Unterhaltung der Geschirre nothwendig sind.

Die Patronen der Infanterie und Kavalerie sind in Paketen enthalten, die sich leicht in die Kästen der Munitionswagen verpacken lassen. Ihr Transport fordert also keine besonderen Wagen. Anders verhält es sich aber mit den Ausrüstungs- und Vorrathssachen, für welche der Raum in den Kästen nicht ausreicht. Diese kommen in besondere Wagen, die jetzt Batteriewagen (*chariot de batterie*) heißen, von Gribeauval dagegen Vorrathswagen (*chariot à munitions*) genannt wurden.

Von den zu Ausbesserungen und zum Hufbeschlage erforderlichen Gegenständen bildet den Haupttheil die Schmiede, welche ihren Namen auch dem Fahrzeuge giebt, auf welchem sie angebracht ist. Dies Fahrzeug enthält außerdem Steinkohlen, Schmiede- und Schlossergeräthschaften, ausgeschmiedete Hufeisen und Eisenstangen von verschiedenen Nummern.

Der Batteriewagen und die Feldschmiede folgen nicht allen Bewegungen der Truppen wie die Lafete und der Munitionswagen. Indessen bedürfen sie doch einer großen Beweglichkeit; denn da sie

sich fortwährend in der Nähe der Batterien aufhalten müssen, so nehmen sie an den hauptsächlichsten Positions-Veränderungen Theil, und es ist selbst mitunter wichtig, daß sie die anderen Fahrzeuge, ungeachtet eines schwierigen Terrains, schnell wieder erreichen. Diese Betrachtungen führen im Verein mit der Verminderung der Vorraths-sachen zu dem Schlusse, daß es zweckmäßig ist, den Batterie-wagen und die Feldschmiede nach dem für die Kaffete und den Munitionswagen angenommenen System zu erbauen. Man wird also für alle vier zu einer Batterie gehörigen Fahrzeuge nur eine einzige Art Vorderwagen haben, und der Hinterwagen der beiden erstgenannten Fahrzeuge wird dieselbe allgemeine Einrichtung erhalten, wie der Hinterwagen des Munitionswagens.

Ihre Gesammtform muß, wohl verstanden, den allgemeinen Bedingungen in (197) entsprechen; die Form und Maße des Obergestells dagegen werden durch die Art und die Maße der fortzuschaffenden Gegenstände bestimmt; die Räder endlich müssen von gleicher Art wie bei der Kaffete und dem Munitionswagen sein, weil, wenn sie auch nicht die günstigste Höhe für die Bewegung haben, doch auch andererseits ihre Einführung das Material der Batterien vereinfacht und die Vorraths-sachen vermindert.

Die Feldschmiede hat indessen noch eine besondere Bedingung zu erfüllen, nämlich daß die Einrichtung ihrer verschiedenen Theile den Gebrauch der auf ihr fortzuschaffenden Maschine begünstigt.

### Die Fahrzeuge der großen Parks.

236. Die großen Parks schaffen fertige Munition, Fässer mit Pulver, Kisten mit Handwerkszeug, Kisten voll Waffen, Vorraths-sachen aller Art, so wie die zur Fertigung dieser Stücke geeigneten Hölzer und Metalle fort. Hierzu verwendet man den Munitionswagen (caisson) und den Batterie-wagen (chariot de batterie) für die Gegenstände, welche diese Fahrzeuge in den Batterien aufzunehmen haben; für diejenigen dagegen, welche einen größern Raum erfordern, wird ein besonderes Fahrzeug nothwendig, nämlich der Parkwagen (chariot de parc), welcher auch in den Belagerungstrains vorhanden ist (209). Ueber diesen allein haben wir einige Worte zu sagen.

Die Länge, welche der innere Raum eines Parkwagens haben muß, gestattet nicht, ihn nach dem System der Batterie-Fahrzeuge, bei welchen zwischen den Achsen ein für die Ladung nicht nutzbarer Raum vorhanden ist, zu construiren: man ist genöthigt, auf das einfache Anhängen eines Blockes an die Vorderachse zu verzichten und zur Anwendung zweier über den Vorderwagen vorgereifenden Unterbäume zu schreiten, ungeachtet hierdurch bei der Feld-Artillerie die Gleichförmigkeit aufgegeben wird. Glücklicherweise gestattet die Art der Wege, welche die großen Parks befahren, einen Theil der Beweglichkeit aufzuopfern; denn in der Regel folgen sie den großen Straßen, und wenn sie diese auch verlassen, so haben sie dennoch kein besonders durchschnittenes Terrain zu passiren.

Uebrigens finden die allgemeinen Bedingungen (197) auch auf den Parkwagen Anwendung, und um das Material so viel als möglich zu vereinfachen, giebt man diesem Fahrzeuge die Achse, die Hinterräder und das Angespann der Munitionswagen.

## S e c h s t e A b t h e i l u n g .

### Die Gebirgs-Artillerie

237. Das Material der Gebirgs-Artillerie gehört gewissermaßen mit zur Feld-Artillerie; denn ihr Gebrauch beginnt sogleich, wenn das Terrain für die Fahrzeuge unzugänglich wird. In dem alten Artillerie-System existirte sie nicht; aber da sie zur Unterstützung der Operationen einer Armee im Gebirgslande nothwendig ist, so hat man sie endlich einführen müssen. Sie bedarf vor Allem einer großen Leichtigkeit, weil man gezwungen ist, sie auf Saumthieren fortzuschaffen. Für diesen Dienst ist das Maulthier dem Pferde vorzuziehen, da es bei eben so viel Kraft einen viel sichereren Gang hat, ein Vortheil, der im Terrain mit steilen Böschungen von großer Wichtigkeit ist.

Die im Gebirgskriege angewandten Geschütze sind 12pfündige Haubizen. Die Lafete bedarf keines Vorderwagens; aber sie führt eine Gabelbeichsel mit sich, welche man im Nothfall anlegen kann, um ein zweirädriges Fahrzeug zu bilden. Diese Lafete muß sehr leicht sein und dennoch nur geringen Rücklauf haben; denn diese Geschütze werden oft in sehr beschränkten Stellungen oder auf

Böschungen placirt, die in der Richtung der Schußlinie aufsteigen: Man muß daher hölzerne Achsen anwenden (161).

Die Munition wird in Kisten fortgeschafft. In gleicher Art wird auch die Schmiede, welche die Batterie nicht entbehren kann, transportirt; sie besteht aus zwei Theilen, und ihr Total-Gewicht ist nur so groß, daß sie noch auf ein Maulthier gepackt werden kann.

Die Laffete und ihre Räder, das Rohr und die Gabelbeichsel, das Geschützrohr und zwei Kisten mit Munition beladen bilden die Ladung von 3 Maulthieren. Diese Gegenstände werden auf einen Packfattel befestigt, der also ein wesentlicher Bestandtheil der Gebirgs-Artillerie ist. Er muß eine große Festigkeit besitzen, seine Form muß der Art der Ladung angemessen sein und dem Thiere freie Bewegung gestatten; sein Gewicht ist in der Art bestimmt, daß die totale Last noch durch das schwächste Maulthier getragen werden kann.

## S i e b e n t e   A b t h e i l u n g .

### Die Brücken-Equipage.

238. Die Dienstzweige, welche den Gegenstand der vorhergehenden sechs Abtheilungen bilden, sind nicht die einzigen, womit das Artillerie-Korps beauftragt ist. Ihm fällt auch noch der Bau der passageren Brücken ausschließlich zu und dieser Theil seiner Obliegenheiten, der von den übrigen so sehr verschieden ist, ist darum nicht weniger wichtig.

Hier handelt es sich nicht mehr darum, die feindlichen Reihen durch Geschosse in Unordnung zu bringen, sondern es soll der Armee der Uebergang über einen Fluß oder einen Strom, das größte Hinderniß, das sich ihrem Marsche entgegenstellen kann, leicht gemacht werden.

Um stets bereit zu sein, einen so wichtigen Auftrag auszuführen, führt die Artillerie im Kriege alle Gegenstände mit sich, welche zum Bau passagerer Brücken nöthig sind. Diese Brücken bestehen bekanntlich aus der von Brückenkähnen getragenen Brückendecke. Diese wird von Streckbalken und von dicht nebeneinander liegenden

Brettern gebildet. Die Brückenkähne verbindet man untereinander durch Spanntaue, und damit die Brücke nicht vom Strome fortgerissen wird, hält man die einzelnen Theile durch Anker und daran befestigte Tawe. Das Ausfahren der Anker und mehrere andere Berrichtungen erfordern die Anwendung von Nachen.

Von allen diesen eben aufgeführten Gegenständen transportirt man nur das Tauerwerk und die Belagbretter auf den Fahrzeugen der Feldartillerie; die übrigen, d. h. die Brückenkähne, die Nachen, die Balken und Anker haben ein besonderes Fahrzeug, Haket genannt, und da dieses nur von Parkwagen und Feldschmieden begleitet wird, so dürfen wir uns nur mit ihm allein beschäftigen. Auf die Parkwagen dagegen werden geladen die Tawe, Belagbretter und Winden, die Ausrüstungsgegenstände, das Schanzzeug, das Handwerkszeug für Holzarbeiter, und die Vorrathsachen aller Art.

239. Die Bedingungen, welche man durch die Einrichtung des Hakets erfüllen muß, hängen von seiner Beladung und dem Grade der Beweglichkeit ab, den eine Brücken-Equipage erhalten muß. Man sieht ohne Weiteres, daß eine solche nicht allein auf die Benuzung der großen Kommunikations-Wege beschränkt sein kann; denn wenn dies statt fände, so könnte man den Uebergang über einen Fluß nur auf bestimmten Punkten ausführen, und der Feind würde nicht ermangeln, dort mächtige Vertheidigungs-Mittel anzuhäufen. Im Gegentheil ist es wichtig, mehrere Punkte zugleich zu bedrohen, um seinen Gegner in Ungewißheit zu erhalten und ihn zur Zersplitterung seiner Kräfte zu nöthigen.

Es müssen demnach die beladenen Hakets eine hinreichende Beweglichkeit besitzen, um alle Wege befahren zu können, welche bis an die Flüsse führen oder an ihren Ufern hinlaufen, obgleich die Gestaltug des Bodens, seine Beschaffenheit und der Mangel, an Ausbesserung diese Wege gewöhnlich sehr gekrümmt und schlecht macht.

Außerdem folgt die Brücken-Equipage den allgemeinen Bewegungen der Armee, wie die großen Parks, und sie muß, sobald eine Brücke abgebrochen ist, sogleich die Rete der Kolonne wieder erreichen, um zu neuen Uebergängen verwendet werden zu können. Demnach muß das Haket zum wenigsten mit derselben Geschwindigkeit sich bewegen können, als alle Fahrzeuge der Parks. Folglich

muß man es so einrichten, daß es, wie jene Fahrzeuge, leicht fortrollt, kurze Wendungen gestattet und die für die Pferde günstigste Anspannungsart besitzt. Die erste Bedingung erheischt, daß das Gewicht des Pakets mit seiner Ladung das Total-Gewicht keines Fahrzeuges der Feld-Artillerie übersteigt. Deshalb hat man als Maximum des Gewichtes eines beladenen Pakets das Gewicht der zwölfpfündigen Feld-Laffete mit ihrem Rohre angenommen. Hieraus folgt, daß ein Paket einen Brückenkahn oder einen Rachen und die Balken einer Spannung aufnehmen kann. Seine allgemeine Form muß demnach zur Aufnahme dieser Ladung schicklich bestimmt werden; ferner muß es so eingerichtet sein, daß der Brückenkahn in wenig Zeit auf- und abgeladen werden kann; denn oft hängt das Gelingen des Brückenbaues oder der Verlust der Equipage von der Zeit ab, die man zum Bau oder zum Abbruch einer Brücke braucht.

240. Wir beschließen diesen Artikel mit der Andeutung der allgemeinen Bedingungen, welche die Form des Brückenkahns, als des Haupttheiles einer Brücken-Equipage, bestimmen. Dies sind vier, nämlich:

- 1) Sein Rauminhalt muß den schwersten Lasten, welche einer Armee folgen, gestatten, die Brücke zu passiren, ohne sie unterzutauchen; denn je größer die Last ist, desto mehr Wasser verdrängt sie.
- 2) Das Gewicht eines Brückenkahnes muß höchstens dem Rohre des zwölfpfündigen Geschüzes gleich kommen.
- 3) Da aber bei jedem gewaltsamen Uebergange sehr schnell einige Truppen nach dem feindlichen Ufer übersetzen, so muß auch die Form des Brückenkahnes selbst bei einem starken Strome sein schnelles Fahren gestatten, und kein zu großes Abtreiben verursachen.
- 4) Da die Länge des Brückenkahns die Auseinanderstellung des Vorder- und Hinterwagens am Paket bestimmt, so muß sie von der Art sein, daß das Fahrzeug eine leichte Bewegung erhält (108), und da der Kahn zwischen den Hinterrädern liegt, so muß sein Querdurchschnitt nach der obern Auseinanderstellung dieser Räder bestimmt werden. Es hängt aber die Auseinanderstellung der obern Felgen von der Form der Achse und

der Räder ab, und es ist wichtig, daß diese Theile des Ha-  
kets mit denen der andern Fahrzeuge der Brücken-Equipage  
übereinstimmen. Folglich muß der Querdurchschnitt des  
Brückenkahnes nach der Neigung der Achsschenkel und nach  
der Stürzung aller Fahrzeuge der Feld-Artillerie bestimmt  
werden.

## D r i t t e s K a p i t e l .

### Die Detailformen.

Unter diesem Titel wollen wir die Formen der einzelnen Be-  
standtheile abhandeln, welche die Einrichtung der Fahrzeuge mit  
sich bringt, und deren Lage durch die Gesammtform bestimmt wird.  
Es sollen zuerst die allgemeinen Grundsätze abgehandelt werden,  
durch deren Beachtung jeder einzelne Theil den auf ihn wirkenden  
Kräften zu widerstehen vermag, und hierauf sollen die Formen der  
Verbindungen und der wichtigsten Eisentheile folgen.

### E r s t e A b t h e i l u n g .

#### Allgemeine Grundsätze.

241. Um die Formen der verschiedenen Theile eines Fahrzeu-  
ges bestimmen zu können, muß man die Abmessungen dieser Theile  
und ihrer Verbindungen kennen. Diese Abmessungen, mit Aus-  
nahme der Längenmaße, hängen von der Widerstandsfähigkeit der  
festen Körper ab. Es ist unmöglich, sie aus der Theorie zu be-  
stimmen, weil die bekannten Formeln, die sich nur auf einen iso-  
lirten Körper beziehen, für ein System von Körpern durchaus  
unanwendbar sind. Wenn man aber auch jeden einzelnen Theil  
für sich betrachten wollte, so würde man doch nicht damit aus-  
reichen, wenn man seine Durchschnittsfläche nach den Formeln be-  
stimmen wollte, welche sich auf den Fall beziehen, wo die Kräfte  
als Druck wirken; denn es sind hauptsächlich die durch schlechte  
Bege verursachten Stöße, welche das Zerbrechen der Fahrzeuge  
veranlassen und man müßte demnach Formeln anwenden, in welchen

Percussionen vorkommen; diese sind aber bis jetzt von den Mathematikern noch nicht angegeben worden.

Wir müssen demnach einräumen, daß der Konstruktor hier nur durch Vergleichen vorwärts kommen kann, indem er die Abmessungen, die er braucht, aus den bekannten eines bereits erprobten Fahrzeuges ableitet. Diese Ableitung ist nicht bloß ungefähr, sondern die Theorie, die bis jetzt nicht im Stande ist, die Abmessungen unmittelbar zu geben, wird ein sicherer Führer, wenn es auf eine vergleichende Bestimmung ankommt. Man geht mittelst der Anwendung der Formeln für das Biegen gleichartiger fester Körper ganz sicher von einem bekannten Fahrzeuge auf ein zu entwerfendes über. Ja, die Anwendung, welche der Praktiker von seinen theoretischen Kenntnissen machen kann, beschränkt sich nicht bloß hierauf: aus den Versuchen über das Biegen der Körper kennt man die Lagen der Bruchflächen und aus ihnen kann man die allgemeine Form herleiten, welche man anwenden muß, um einen Körper zu erhalten, der durchgängig ungefähr gleichen Widerstand leistet. Aber die Lösung dieses zweiten Theils der Aufgabe ist sehr wichtig; denn sie bestimmt die eigentliche Form jedes einzelnen Theiles und durch sie wird das System von einem Uebermaß an Schwere befreit, welches der Beweglichkeit schaden würde.

242. Zur Erleichterung der Ausführung ist es nothwendig, wo möglich nur solche Theile anzuwenden, deren Flächen eben und deren Querschnitte Rechtecke sind. Um also die allgemeine Form jedes einzelnen Theils zu finden, hat man nur nöthig, zuerst den Durchschnitt in Betracht zu ziehen, welcher die größten Abmessungen haben soll; sodann den Durchschnitt, welcher den geringsten Kräften ausgesetzt ist, und endlich ihre korrespondirenden Seiten durch Ebenen zu verbinden.

Die Bestimmung der Form wird noch durch die Betrachtung erleichtert, daß man den Körper immer als horizontal liegend, und die Kraft als lothrecht wirkend annehmen kann; denn die Erfahrung lehrt, daß in diesem Falle bei gleicher Fläche der Querschnitte der Widerstand gegen das Zerbrechen mit der Höhe wächst, und folglich muß man, mit Ausnahme einiger besonderen Fälle, den verschiedenen Theilen der Fahrzeuge mehr Höhe als Breite geben

Das theoretische Verhältniß dieser beiden Abmessungen wird nun zwar durch den Werth begrenzt, welcher in der horizontalen Richtung nicht mehr genug Widerstand leisten würde, in der Praxis dagegen hält man sich stets unter dieser Gränze, besonders in denjenigen Fällen, wo Verbindungen diesen Theil schwächen.

Wenn die Breite des Körpers festgesetzt ist, so bestimmt man die Höhe, um den Widerstand der verschiedenen Durchschnittsflächen zweckmäßig abnehmen zu lassen. Man muß alsdann ermitteln, ob man die Stärke des Körpers an seiner obern oder untern Fläche verjüngen darf. Zu diesem Ende untersucht man, nach welcher Seite die Biegung, die er vor dem Zerbrechen annimmt, convex ist, und die Abnahme der Stärke wird dann auf der entgegengesetzten Seite bewirkt, damit die Holzfasern, die sich ausdehnen müßten, in ihrer ganzen Länge ununterbrochen fortlaufen. Indessen wird man oft genug durch bauliche Rücksichten gezwungen, von dieser theoretischen Regel abzuweichen.

243. Wenn man den verschiedenen Theilen der Fahrzeuge die scharfen Kanten beließe, so würden diese Kanten durch die vielen Stöße, die sie zu erleiden haben, bald abgestoßen werden und es würden selbst Splitter durch sie entstehen, welche die Theile, in denen sie vorkämen, sehr schwächen. Folglich darf keine scharfe Kante stehen bleiben, es sei denn, sie würde durch ein darauf liegendes Stück bedeckt oder durch ein anstoßendes geschützt; findet dies aber nicht statt, so wird sie abgekantet oder nach Verhältniß der Stärke des Körpers mehr oder weniger abgerundet. Wir müssen indessen bemerken, daß beim Abkanten ebenfalls noch scharfe Kanten stehen bleiben, und daß das Abrunden immer vorzuziehen ist, wenn der Theil den Stößen sehr ausgesetzt ist.

## Zweite Abtheilung.

### Die Formen der Verbindungen.

244. Wenn man die einzelnen Theile eines Fahrzeuges mit einander verbindet, so hat man dabei die Absicht, aus ihnen ein unveränderliches System von bestimmter Form zu bilden. Diese Verbindungen bedingen daher eine relativ feste Lage der einzelnen Theile und da diese Lage dreierlei Art sein kann, so folgt aus ihr

entweder ein Zusammenkuppeln oder ein Aufblatten oder endlich ein Verzapfen.

Zwei Hölzer werden durch Zusammenkuppeln mit einander verbunden, wenn sie zusammen ein einziges von sehr starkem Querschnitt bilden sollen. Man legt sie mit zwei ihrer langen Seiten an einander und verhindert das Verschieben durch in beide eingreifende Diebel und das Auseinanderweichen durch Bolzen.

Das Aufblatten findet dann statt, wenn von zwei Hölzern das eine unter dem andern quer durchgeht. Die Verbindung ist alsdann ein Einschnelden, weil man entweder nur in eines oder in beide Hölzer einen Einschnitt macht, wo dann das stehen bleibende Holz das Blatt bildet.

Das Verzapfen findet statt, wenn zwei Hölzer durch ein drittes verbunden werden sollen. In diesem Falle wird die Verbindung entweder mit Zapfen und Zapfenloch oder mit Feder und Nuthe bewirkt, und sehr häufig auch durch beide vereint, wodurch dann der Brustzapfen entsteht.

Der Zapfen wird durch ein Verschwächen des Querschnitts gebildet und kommt immer am Ende des Holzes vor, was in das andere eingelassen werden soll. Das Zapfenloch ist ein Loch von derselben Gestalt als der Zapfen, welches in diesem andern Holze ausgearbeitet ist. Die Feder unterscheidet sich vom Zapfen dadurch, daß keine Verschwächung des Holzes statt findet, und daß sie kürzer ist als dieser. Oft kommt sie mit dem Aufblatten vereinigt als Kamm vor.

Der Zapfen wird hauptsächlich bei den Trägern (épars) angewandt und man versteht hierunter jedes Holz, das mit zwei andern verbunden einen Theil der Ladung des Fahrzeuges trägt, sei es nun unmittelbar oder mittelbar durch ein drittes Stück, welches von ihm unterstützt wird.

Die Feder wird gewöhnlich bei den Riegeln (entretoises) angewandt, welche nur die Auseinanderstellung zweier andern Hölzer zu sichern haben.

245. Die Form jeder Verbindung läßt sich immer auf die Form des Blattes, des Zapfens oder der Federn zurückführen. Sie muß sich mit der Intensität und der Richtung der mittleren Kraft derjenigen Kräfte verändern, welche die Theile zu trennen streben,

aber immer sind die mit einander in Berührung kommenden Flächen senkrecht auf dieser Richtung. Außerdem darf durch die Form der Verbindung das Holz nur wenig geschwächt werden und das Wasser nicht in die Fugen bringen können.

Die Verbindungen im Material der Artillerie erfüllen alle diese Bedingungen, wie man sich durch die nachfolgenden Hauptsätze überzeugen kann.

### Das Aufblatten.

Wenn ein Holz **B**, das eine Last trägt, quer gegen ein anderes **A** liegt und auf dem äußersten Ende desselben ruht (Fig. 40.), so ist es nothwendig, daß das eine sich nicht auf dem andern verschiebe und daß der Theil **B** durch die Verbindung nur wenig geschwächt werde. Man macht daher am Ende von **A** einen Einschnitt *abc*, dessen Breite geringer ist als die Breite von **B**, damit ein Stück *bcde* eingenuthet werden kann und man hält diese zusammengesetzte Verbindung durch einen Bolzen zusammen, der durch beide Hölzer geht.

Die Feder *bcde* und der Bolzen hindern jedes Verschieben und da der Bolzen das Blatt *ab* unterstützt, während **B** auf *cd* drückt, so ist nicht zu befürchten, daß **A** in *b* aufreißen werde und der Theil **B**, auf welchen die Last wirkt, behält demnach die ganze Kraft, welche seinem Querschnitte zukommt.

Dieselbe Verbindung ist anzuwenden, wenn auf einem Holze **B** (Fig. 41), das mit einem Ende aufliegt, ein anderes Stück **A** ruht, auf welches Kräfte in normaler oder nur wenig schiefer Richtung gegen seine obere Fläche drücken. Diese Verbindung würde auch noch zweckmäßig sein, wenn das Holz **A** (Fig. 40) sich gegen die untere Fläche zweier Hölzer **B** lehnte, die parallel gehen und in ihren Enden unterstützt sind; dann aber würde die Festigkeit der Verbindung nur allein von dem Widerstande des Bolzens abhängen.

247. Wenn das System zweier sich kreuzenden gleich hohen Hölzer **A** und **B** (Fig. 42) ganz auf einer festen Ebene aufliegen soll, so macht man in jedes Stück einen Einschnitt von der halben Stärke und der ganzen Breite des anderen Holzes und verstärkt diese Verbindung durch einen Bolzen.

Die unteren Flächen liegen dann in einer Ebene, eben so die oberen, und beide Hölzer können sich nicht auf einander verschieben und der sie zusammendrückende Bolzen verhindert ihr Auseinanderweichen.

Diese Verbindung ist aber nicht mehr zulässig, wenn nur eins von diesen Hölzern unterstützt wird, während auf das andere Kräfte einwirken, die es zu zerbrechen streben. Der Einschnitt in dem letztern würde ihm einen sehr großen Theil seiner Widerstandsfähigkeit rauben. Zudem ist es klar, daß der Widerstand des belasteten Stückes **A**, welches, wie in der Figur, unter dem unterstützten Stücke **B** liegt, geringer sein würde, als der von **B**, wenn dieses Holz belastet und **A** unterstützt wäre. Denn da die Kräfte **Q** und **Q<sup>1</sup>** das Stück **A** biegen, so würde sein Einschnitt auseinander gedrückt werden, und nur die halbe Holzstärke *ac* sich dieser Wirkung widersetzen, wogegen diese Kräfte, wenn sie auf **B** wirken, dies Stück nur dann biegen können, wenn sie die Wände des Einschnitts zusammen drücken, und dieser Wirkung widersetzt sich **A** sowohl als die halbe Holzstärke *ab*.

248. Ein zweiter Fall, wo diese Verbindung fehlerhaft ist, kommt bei den Wagen immer vor; aber man ist niemals genöthigt, die unteren Flächen der beiden Holztheile in gleiches Niveau zu legen. Um dann eine dauerhafte Vereinigung zu bewirken und dem belasteten Holze **B** (Fig. 43) mehr Widerstandsfähigkeit zu belassen, muß man dem in diesem Stücke gemachten Einschnitte eine Diefse *ab* von ungefähr ein Viertel seiner Höhe geben und etwas weniger Breite *aa'*, als das unterstützte Stück **A** hat, und um das letztere ein eisernes Ziehband legen, dessen unter **B** verlängerte Enden an dieses Holz auf jeder Seite durch einen Bolzen befestigt werden. Auf diese Art wird **B** vor und hinter seinem Einschnitt unterstützt, und wenn dennoch ein Bruch vorkommt, so wird er wahrscheinlich in einiger Entfernung vom unterstützenden Holze **A** stattfinden.

In diesem Falle kann das Holz **A** auch mit der vertikalen äußern Fläche von **B** abschneiden sollen (Fig. 44). Alsdann darf der Einschnitt auch nicht die ganze Breite von **B** einnehmen, sondern er erhält nur eine Länge *ad*, damit die Fugen nicht nach außen vorkommen; denn sonst würde das Regenwasser eindringen und das Holz verfaulen. Das Stück **B** muß dann mit **A** auch noch

durch einen besondern Beschlag verbunden werden, weil es sonst darin abgleiten könnte.

249. Wenn das Holz **B**, statt mit der Längenebene des Fahrzeugs parallel zu liegen, mit dieser einen rechten Winkel bildet, (Fig. 45) und dabei mit dem vordern Ende von **A** abschneiden soll, so giebt man der untern Fläche des Einschnitts *ab* eine Neigung und hält die Verbindung noch durch einen Bolzen zusammen. Diese Einrichtung, welche man nur in dem Fall anwendet, wo **B** nach vorne gezogen wird, verhindert die Trennung, welche die Kräfte zu bewirken streben; denn soll nun ein Verschieben stattfinden, so muß sich der Bolzen ausdehnen. Endlich, wenn es nothwendig wird, die Widerstandsfähigkeit von **B** möglichst zu sichern, so erhält der Einschnitt *cd* eine Breite, die kleiner ist als die Breite von **A**.

#### Das Verzapfen.

250. Ein Riegel **B** (Fig. 46) darf nur eine kurze Feder *ab* erhalten; denn eine solche verhindert schon jedes Verschieben und eine längere würde den Haupttheil **A** zu sehr schwächen. Wenn aber der Riegel nahe an den Enden der beiden Haupttheile liegt, und einer Kraft **Q**, die senkrecht auf seine langen vertikalen Seiten wirkt, Widerstand leisten soll, so ist diese Verbindung der Riegel nicht zweckmäßig, weil der Theil *bab'* keine zureichende Stütze abgeben würde.

251. Wenn der Riegel **B** mit dem äußern Ende von **A** abschneiden soll (Fig. 47), so wird statt der Feder ein Zapfen angewandt. Der Zapfen sitzt in der Mitte von **B**, und seine Grundfläche bildet ein Trapez, dessen kleinere Seite nach außen liegt. Durch diese Form wird augenscheinlich jedes Verschieben nach dem Ende von **A** zu verhindert; damit aber diese Verbindung ihre Festigkeit behält, und das Wasser nicht eindringen kann, muß man das Werfen der Theile *aa'* des Haupttheils, welche den Zapfen umfassen, verhindern. Dies erreicht man durch das Abrunden der scharfen Kante, welche die verbundenen Theile mit einander bilden, durch das Zusammenziehen der Wände des Zapfenlochs mittelst eines Bolzens und durch das Belegen der Verbindung mit einem Eisenbleche (*bandeau*).

252. Soll ein Träger (*épars*) der Last oder der Wirkung anderer Kräfte widerstehen, die ihn zu biegen streben, so muß er in den Theilen, mit welchen er verbunden ist, eine feste Unterstützung finden. Diese erhält er durch einen Zapfen von hinreichender Länge und dadurch, daß man den Haupttheilen die möglichst größte Widerstandsfähigkeit in der Richtung der Kräfte beläßt.

Der an jedem Ende eines Trägers gebildete Zapfen kann drei verschiedene Lagen haben: er befindet sich entweder in der Mitte der Höhe des Trägers (Fig. 48), oder an dem oberen (Fig. 49) oder an dem untern Theil (Fig. 50) desselben.

Die 2te Lage ist für den Widerstand des unterstützenden Theils **A** vortheilhaft, weil bei ihr die größte Holzstärke *ab* unter dem Zapfenloche stehen bleibt. Andererseits aber schwächt sie den Träger **B**, welcher gewiß im Winkel *a* aufreißt, wenn seine nach unten concave Biegung einen bestimmten Punkt erreicht hat.

Die 3te Lage ist für den Träger vortheilhafter als die 2te, weil dieser nun nicht mehr im eingehenden Winkel *a* aufspalten kann, aber sie schwächt den Haupttheil zu sehr.

Die 1ste Lage hat die Vor- und Nachtheile der andern beiden, aber nicht in gleichem Grade.

Man bringt den Zapfen eines Trägers gewöhnlich auf die 3te Art an, legt aber dabei das Zapfenloch so hoch als nur möglich an, um den Unterbaum zu schonen. Die Festigkeit des Zapfens wird auch durch eine kleine Feder *cd* befördert (Fig. 51).

Es giebt ein Mittel, die Widerstandsfähigkeit eines Trägers zu erhöhen, ohne die Form der Verbindung, die Abmessungen des Zapfens und der Feder und folglich auch ohne die Maße des Haupttheils zu verändern. Dies Mittel besteht darin, dem Träger eine größere Höhe zu geben und diese Holzverstärkung unterhalb des Zapfens anzubringen (Fig. 52).

Wenn der Träger an dem vordern Ende des Unterbaums angebracht werden soll, so vermindert man die Breite des Zapfens, indem man vorne von seiner Stärke etwas abnimmt (Fig. 53) und die beiden horizontalen Flächen der Feder schräg abschneidet. Diese Modification der vorigen Verbindung bezweckt eine hinlängliche Widerstandsfähigkeit des äußersten Endes von **A** und zugleich auch eine möglichst dauerhafte Verbindung.

Wenn endlich ein Träger sehr großen Kräften ausgesetzt ist, sie mögen nun aus der Last oder aus der Zugkraft entstehen, so bedarf es einer großen Widerstandsfähigkeit und einer sehr festen Verbindung. Man vervielfältigt dann die mit einander in Berührung kommenden Flächen; der Träger **B** greift in den Baum **A** (Fig. 54) mit einem doppelten Zapfen ein und mit einer Feder, die jedoch nicht bis zu seiner Unterkante reicht. Der Haupttheil verliert in dieser Art so wenig an seiner Widerstandsfähigkeit, als dies die erforderliche Höhe des Trägers und die der Verbindung nöthige Festigkeit gestattet.

253. Man vergrößert den Widerstand der Träger, je mehr man ihr Biegen verhindert, und da sie sich nur dann biegen können, wenn sich die Zapfen in den Zapfenlöchern verschieben, so mußte man allem Verschieben zuvorkommen. Aus diesem Grunde trieb Gribeauval einen hölzernen Nagel durch den Haupttheil und den Zapfen. Allein dies von den Zimmerleuten mit Vortheil angewandte Mittel wurde beim Bau der Fahrzeuge fehlerhaft befunden. Das Ende des Zapfens ist nothwendig sehr schwach, es widersteht deshalb nicht der fortwährenden Reaction des hölzernen Nagels, so daß die Verbindung einen großen Theil ihrer Festigkeit verliert.

254. Da das Verschieben der Träger und Niegel in den Zapfenlöchern nur allein durch die bei einer guten Anfertigung entstehende Reibung verhindert wird, so sind diese Theile allein nicht vermögend, die Verbindung der Bäume eines Fahrzeugs zu sichern; sie verhindern wohl ihre Annäherung an einander, aber nicht ihr Auseinanderweichen. Man hilft diesem Fehler durch Bolzen ab, welche quer durch die beiden Haupttheile gehen und sie gegen einander pressen. Diese Bolzen werden indessen nur dann angewandt, wenn kein Theil des Systems ihre Stelle vertreten kann; sie werden unnütz, wenn irgend ein durch die Einrichtung des Fahrzeugs bedingter Holz- oder Eisentheil mit den beiden Bäumen schon durch Bolzen verbunden ist.

Wenn man übrigens das ganze Verfahren will kennen lernen, um durch die Zusammenstellung der Eisen- und Holztheile und durch die Form der Verbindungen ein sehr festes und nicht sehr schweres System zu erhalten, so braucht man nur das Paket, den Sattel-

und den Munitionswagen des neuen Materials sorgfältig zu betrachten.

### Die Verbindungen der Speichen.

255. Die Speichen sind mit der Nabe und der Felge durch Zapfen verbunden. Die verbundenen Theile müssen stets vollkommen dicht an einander schließen, damit der Regen oder das im Geleise stehende Wasser nicht in die Fugen bringen kann; denn diese Zapfen haben nur schwache Abmessungen, damit die mit ihnen verbundenen Theile nicht zu sehr geschwächt werden, und sie würden deshalb durch die Feuchtigkeit bald so leiden, daß sie den Kräften, welche unaufhörlich sie zu zerbrechen streben, nicht mehr widerstehen könnten.

Der untere Zapfen ist nicht so dick als das Mittelstück der Speiche. Hierdurch entstehen die beiden Gestemme  $ab$  und  $a'b'$ , die sich auf den Haufen stützen; sie verringern die Wirkungen der Stöße und verhindern das Eindringen des Wassers in die Verbindung.

Die Dicke dieses Zapfens bleibt von einem Ende zum andern dieselbe; die Breite aber verändert sich: am Gestemme, wo ihr Widerstand am größten sein muß, ist sie eben so groß als die Breite des Mittelstücks, nach dem andern Ende zu nimmt sie ab. Die Verjüngung liegt an der hintern Seite, damit der Stoß der Nabe, welcher die ganze Kraft der Speichen auszuhalten hat, um desto weniger durch das Zapfenloch geschwächt werde. Demnach bildet dieser Zapfen ein trapezoidisches Prisma. Diese Form erleichtert sein Eintreiben in das Zapfenloch, und um dasselbe noch mehr zu erleichtern, nimmt man die scharfen Kanten an der untern Fläche fort.

Der untere Zapfen muß sehr fest in die Nabe eingefügt sein; deswegen ist seine Dicke um 0,004 bis 0,006 Meter größer als die Breite des Zapfenloches. Eben so wird seine Breite um 0,002 bis 0,003 Meter größer gemacht als die Länge des Zapfenloches; weiter darf man aber hierin nicht gehen, weil man sonst Gefahr lief, einen Theil des Haufens abzusprengen. Diese Speichen können demnach nur mittelst eines großen Schlegels eingetrieben werden, indem man auf das obere Ende der Speiche schlägt; folglich muß

dieses Eintreiben geschehen, ehe noch die oberen Zapfen zugeschnitten sind und darf auch nicht vor dem Auslegen der Speichenringe angefangen werden.

Bei den Rädern Gribeauals war diese Form durchaus nicht dieselbe; die Dicke des unteren Zapfens war am Gestemme kleiner als am andern Ende. Man nahm an, daß die Holzfasern am Rande des Zapfenloches durch das Eintreiben des dicken Endes des Zapfens zurückwichen und vermöge ihrer Elasticität nachher wiederum ihre frühere Lage einnahmen, und daß alsdann die Form des untern Zapfens allein das Loswerden vollständig verhindere. Aber beim Gebrauch zeigte sich die geringe Uebereinstimmung dieser Hypothesen mit der Wirklichkeit, und diese Verbindungsart wurde wirklich nicht so dauerhaft befunden, als die Verbindung mit durchgehends gleicher Dicke der Zapfen.

256. Der obere Zapfen ist ebenfalls ein trapezoidisches Prisma; seine Trapeze und Rechtecke liegen eben so wie die des unteren Zapfens, so daß also die Grundflächen des Prisma in der Richtung der Achse und die großen Seitenflächen in der Richtung der Länge der Felgen liegen. Die Breite dieser beiden Rechtecke ist der Dicke der Speiche gleich (170); aber selbst die größere Seite jedes Trapezes ist kleiner als die Breite des Mittelstücks, so daß wenigstens hinten ein Gestemme gebildet wird, mit welchem das Mittelstück sich gegen die Felge stützt und so der Last größern Widerstand entgegenseht. Ein zweites Gestemme findet sich bei den neuen Rädern vorne, und dies befähigt die Verbindung, den Seitenstößen besser zu widerstehen. Im Verhältniß zu der Breite, welche die Felgen bei ihrer neuen Form am oberen Ende des Mittelstücks erhalten, bleibt der obere Zapfen noch dick genug.

Endlich ist die vordere Fläche der oberen Zapfen parallel mit der inneren Fläche des Felgenkranzes, damit sie auch mit den Holzfasern beinahe parallel bleibe, und die Mäße des oberen Zapfens sind nicht größer als die Mäße des Zapfenloches, wie bei der Verbindung der untern Zapfen, weil man nicht nöthig hat, die Speichen durch die Felgen stark zusammenzupressen; denn damit die Verbindung der oberen Zapfen lose werden könne, müßten die Zapfen in der Nabe nachgeben, weil der beschlagene Felgenkranz vollkommen

unbiegsam ist, besonders wenn der Beschlag aus einem Reifen besteht (180).

### Die Verbindung der eisernen Achsen.

257. Die eiserne Achse wird mit dem Wagengestell, zu dem sie gehört, mittelst der Einschnitte, welche in die Unterbäume oder diesen analogen Theilen eingearbeitet werden, verbunden. Man läßt die Achse unterhalb stets um 0,005 bis 0,006 Meter aus den Einschnitten hervortreten, damit sie durch die Beschläge, nämlich die Achspfanzen, welche die Achsen tragen und durch Bolzen an die Holztheile befestigt sind, um so fester gehalten werden. Die Nasen der Achsen sind ebenfalls eingelassen und hindern ihr Verschieben in der Richtung ihrer Länge (183).

Wenn die Einrichtung eines Gestelles ein Achsfutter verlangt, so wird die eiserne Mittelachse in dieses mit ihrer ganzen Länge eingelassen, und an jedem Ende durch eine Achspanne festgehalten, deren Blätter unter den Unterbäumen oder diesen analogen Theilen mittelst Bolzen befestigt werden (248).

## Dritte Abtheilung.

### Die Formen der Beschläge.

258. Es gibt an den Wagen und Laffeten vier Arten von Beschlägen, nämlich: eigentliche Beschläge, Bolzen, Nägel und Holzschrauben. Alle tragen zur Festigkeit und Erhaltung des Systems bei.

Die Beschläge haben folgende Funktionen zu erfüllen: Verstärken der Holztheile; Erhaltung ihrer Auseinanderstellung oder ihrer Lage gegen einander; Sicherung der Festigkeit der Verbindungen; Zusammenziehen der Holzfasern an den Enden der Holztheile zur Verhinderung des Aufreisens; Bekleiden derjenigen Theile, welche durch Reibung abgenutzt oder durch oft wiederholte Stöße beschädigt würden; Befestigung des Geschütz-Zubehörs, der Ausrüstungsgegenstände oder Vorrathsfachen, welche man auf dem Marsche außer der Hauptlast noch mit den Fahrzeugen fortschaffen muß; endlich Befestigung der Zugtaue und Verbindung von Vorder- und Hinterwagen bei den vierrädrigen Fahrzeugen.

Man darf beim Material der Artillerie mit den Beschlägen nicht verschwenderisch umgehen, sondern sie vielmehr möglichst beschränken; denn die Baukosten werden durch sie vergrößert, sowohl wegen des Preises ihres Materials, als auch wegen der Kosten bei ihrer Bearbeitung; die Arbeit wird durch sie zusammengesetzt, und da das Gewicht der Fahrzeuge größer wird, so wird es durch sie nicht so beweglich. Deshalb muß man niemals verabsäumen, einem Eisenheil, wenn es irgend möglich ist, gleichzeitig mehrere Funktionen zu übertragen.

Die allgemeine Form eines Beschlages wird durch seinen Zweck bestimmt; es ist aber vortheilhaft, die einfachsten Umrisse einzuführen und die Maße auf das durchaus nothwendige herabzusetzen, damit die Anfertigung leichter und wohlfeiler wird.

Wir werden die angenommenen Formen der eigentlichen Beschläge weder beschreiben, noch rechtfertigen, weil hierdurch die Grenzen unseres Werkes überschritten würden. Es genügt überdies die Durchsicht der durch die Maßtafeln gegebenen Formen, um die Gründe zu erkennen. Man kann indessen nicht sagen, daß es leicht gewesen sei, diese Formen festzustellen, denn erst nach vielen Versuchen ist man zu ihnen gelangt; aber einmal durch den Gebrauch sanktionirt, rechtfertigen sie sich selbst.

Diejenigen Beschläge, welche das Geschütz-Zubehör, die Vorrathsfachen und das Schanzzeug an das Fahrzeug befestigen und Angriffspunkte für die Zugkräfte abgeben, waren den meisten Veränderungen unterworfen. Es war augenscheinlich nöthig, daß diese Stücke, trotz der fortwährenden Erschütterungen der Beschläge und ihrer selbst, sich weder losmachen, noch beschädigen durften, und ebenso mußten sie sich schnell ab- und anmachen lassen. Erst nach vielen vergeblichen Versuchen konnte man diese beiden Bedingungen, besonders aber die erstere, erfüllen.

### Die Bolzen.

259. Wenn eine Verbindung keiner Erschütterung ausgesetzt wäre und nur einen beständigen Druck auszuhalten hätte, wie bei den Bauten der Zimmerleute, so würde die Reibung der sich berührenden Flächen genügen, um jede Trennung der Theile zu verhindern. Aber die Wagen- und Laffeten-Theile befinden sich in

ganz anderen Verhältnissen: sie sind sowohl während des Marsches, als beim Schießen Percussionen ausgesetzt, deren Richtungen sehr veränderlich sind. Deshalb würden die Verbindungen, selbst bei der besten Form und Ausführung, sehr bald zerstört werden, wenn man die berührenden Flächen nicht stark gegen einander presste.

Dies Zusammenpressen geschieht durch Bolzen und Schraubenmutter, die ihre Wirkung gewöhnlich auf Blechscheiben äußern, unter Umständen aber auch auf Eisenschienen, welche so stark sind, daß die mit ihnen belegten Holztheile beträchtlich verstärkt werden.

Der Bolzen wirkt mittelst seiner Schraubenmutter als Druck. Er muß in der Richtung der Kraft gestellt werden, die man aufheben will; jede etwas große schiefe Kraft würde den Schaft des Bolzens verbiegen. Hierdurch ist man gezwungen, dem Verschieben der verbundenen Theile zum wenigsten eine Ebene ihrer Fugen entgegenzusetzen (245).

Die Anwendung der Schraubenbolzen gestattet, die durch das Austrocknen getrennten Holz- und Eisentheile wiederum mit einander in Berührung zu bringen, ein Fahrzeug auseinander zu nehmen, die unbrauchbaren Theile leicht zu ersetzen, die Theile abzunehmen, welche das Aufstapeln in den Magazinen erschweren, und zwei selbst weit auseinander stehende Stücke fest mit einander zu verbinden.

260. Es sind drei Dinge an einem Bolzen zu betrachten: der Kopf, der Schaft und das Schraubengewinde. Der Kopf ist in der senkrechten Richtung auf seine Ase stets kreisrund, weil diese Form die Arbeit erleichtert und sich, wenn es nöthig wird, auf der Drehbank genau herstellen läßt. Der diametrale Durchschnitt dagegen verändert sich je nach der Stellung des Kopfes zu dem Stücke, auf welchem er steht, und auch nach dem Material des letzteren.

Die verschiedenen Formen der Bolzenköpfe werden durch Buchstaben bezeichnet. **A** ist ein Kopf, der in Eisen eingelassen werden soll und auf dem eine Reibung stattfindet (Fig. 55). Er ist oben eben, damit er nicht vorsteht, und unten convex, damit sein Einlassen das untenliegende Material nicht so sehr schwächt; seine Stärke ist immer gering. **B** und **C** (Fig. 56 und 57) sind vorspringende Köpfe, der erstere für einen Beschlag, der letztere für

Holz. Unten sind sie eben, damit mehr berührende Punkte vorhanden sind, oben sind sie gewölbt, damit sie den Beschädigungen weniger ausgesetzt sind; der Kopf C ist oben breiter und nicht so dick als der andere. D ist ein Kopf, der in einen Holztheil, auf welchem die Ladung des Fahrzeugs liegt, versenkt werden soll (Fig. 58). Er ist oben und unten eben, so daß sein Durchschnitt ein Rechteck bildet und daß seine ebenfalls cylindrische Versenkung sich leicht ausarbeiten läßt. Endlich ist E der Kopf der starken Bolzen, welcher auf eine Scheibe drücken soll (Fig. 59). Sein Durchschnitt bildet ein Rechteck, über welchem ein Trapez liegt. Die letztere Figur entsteht durch das Fortnehmen der oberen scharfen Kante.

Es sind also nur fünf Formen von Bolzenköpfen vorhanden und diese Anzahl reicht vollkommen aus; denn sie entspricht, wie wir gesehen haben, allen beim Bau eines Fahrzeuges vorkommenden Fällen.

261. Die Schäfte haben alle eine gleiche Form: unterhalb des Kopfes befindet sich eine abgestumpfte Pyramide mit quadratischen Grundflächen (Fig. 55), welche den Bolzen beim Anziehen der Schraubenmutter am Drehen verhindert; dann kommt ein achteckiges Prisma. Die Länge der abgestumpften Pyramide ist doppelt so groß, als die Seite ihrer größern Grundfläche, und diese Seite selbst ist um 0,001 Meter größer als die der kleinen Grundfläche.

Um das Bolzenlager einzurichten, braucht man also nur ein quadratisches nicht sehr tiefes Loch und dann ein cylindrisches Loch auszuarbeiten, welches so groß ist als ein in dem Prisma beschriebener Cylinder; denn die scharfen Kanten des Prismas finden durch ihr Eindringen in das Holz von selbst Platz.

Die durch einen Bolzen zusammengedrückten Theile bringen eine Reaction hervor und bewirken eine Spannung in der Richtung seiner Ase. Durch den Grad dieser Spannung im Augenblicke des Bruches wird die Spannkraft des Bolzens gemessen. Diese Kraft hängt augenscheinlich von dem Querschnitt des achteckigen Prismas und nicht von seiner Länge ab. Man bezeichnet diese durch eine Nummer, welche neben dem die Art des Kopfes bezeichnenden Buchstaben steht. Nr. 1. hat den stärksten, Nr. 5. den schwächsten Durchmesser, so daß es eben so viele Grade der Stärke, als Kopf-

arten giebt und daß man einen Bolzen vollkommen bezeichnet, wenn man sagt: Bolzen A Nr. 3, A Nr. 5, E Nr. 1 u. s. w.

Es muß indessen bemerkt werden, daß nicht alle fünf Nummern mit jedem Buchstaben vereinigt werden; denn wenn für jeden Kopf fünf Grade der Stärke vorhanden wären, so wären fünf und zwanzig verschiedene Bolzen vorhanden, während die neue Artillerie nur achtzehn Arten zählt. Eine besondere Bolzenart, ohne Nummer, ist ferner für die Radeschienen, eine andere Art für den Radeisen bestimmt, und die Verbindung der Blechplatten an der Schmiede erfordert noch einen besondern kleinen Bolzen: er führt die Nr. 6, sein Schaft ist cylindrisch, und unter dem Kopfe springt eine scharfe Kante vor, die sein Drehen verhindert.

262. Die Länge des Schraubengewindes ist stets größer als die Dicke der Schraubenmutter, weil man im Stande sein muß, sie noch anzuziehen, wenn die Theile, welche an einander gedrückt werden sollen, sich zusammengezogen haben. Was die Stärke und die Zahl der in der Mutter eingeschnittenen Schraubengänge anbetrifft, so ändern sie sich mit der Nummer der Bolzen.

Eben so wenig haben die Schraubenmuttern dieselbe Form: die Muttern der ersten Nummern bedürfen einer großen Stärke und sind deshalb viereckig, die anderen werden achteckig gemacht, um sie von einer unnöthigen Menge Eisen zu befreien.

Die Unterlegscheiben sind zu leichterer Anfertigung rund; ihr Durchmesser und ihre Stärke nehmen ab, wenn die Nummer des Bolzens wächst.

### Die Nägel und Holzschrauben.

263. Die Nietnägeln, Nietstifte, gewöhnlichen Nägel, Holzschrauben Kuppen- und Spiznägeln sind die in der Artillerie angewandten Befestigungsmittel. Es giebt sechs Nummern der ersten, acht Nummern der dritten, fünf Nummern der vierten und zwei Nummern der sechsten Art. Außerdem ist für die Radeschienen ein besonderer Nagel eingeführt.

Der Nietnagel verhindert das Aufspalten des Holzes, er zieht die Holzfasern zwischen dem Kopfe und dem Nietbleche, welches eine kleine Scheibe ist, zusammen und beugt der Trennung der Fasern vor. Wenn aber das Holz eingetrocknet ist, so hört seine

Wirksamkeit auf. Dieser Nagel wird als Befestigungsmittel im neuen Material nicht so oft angewandt als im alten: die Erfahrung hat gezeigt, daß es vortheilhafter ist, statt seiner den Bolzen bei allen denjenigen Theilen anzuwenden, welche einigen Widerstand zu leisten haben. Er wird zur Befestigung nur dann noch angewandt, wenn das Holz schwach ist.

Der Nietnagel hat einen cylindrischen Schaft und dreierlei Köpfe: der eine ist cylindrisch und wird versenkt, der andere ist flach gewölbt und breit und liegt auf Holz, und endlich der dritte ist ein Kugelabschnitt und liegt auf Beschlägen.

264. Der Nietstift ist ein Cylinder von geringem Durchmesser, dessen Kopf und Niet an Ort und Stelle durch Hammerschläge gebildet werden. Er dient zur Verbindung zweier Eisentheile, die nicht mehr auseinander genommen werden sollen.

265. Der gewöhnliche Nagel ist ein leichtes und schnelles Befestigungsmittel. Er hat zwei Arten von Schäften: der erste, eine quadratische Pyramide, wird rechtwinklich gegen die Richtung der Holzfasern eingetrieben, allein nur bei Holztheilen von einiger Stärke, denn die Bretter würden durch ihn gespalten werden; der andere, ein zugespitzter Cylinder, wird bei den schwächern Holzern winkeltrecht auf deren Fasern und bei den andern parallel mit denselben eingeschlagen.

Die Köpfe dieser Nägel haben drei verschiedene Gestalten. Der Kopf mit Kugelzone, wo die kleine Grundfläche oben liegt, schließt sich an einen cylindrischen Schaft an und liegt auf schwachen Eisenblechen. Der Kopf mit Kugelzone, wo die große Grundfläche oben liegt, ist mit dem cylindrischen oder dem pyramidalen Schafte verbunden: in beiden Fällen liegt die obere Fläche mit dem oberen Rande des Loches, in welches der Nagel versenkt ist, bündig. Der cylindrische oder flache Kopf schließt sich dem Schafte des Brettnagels an.

Der Radnagel hat einen pyramidalen Schaft von achteckiger Grundfläche (179). Sein Kopf, welcher versenkt wird, ist eine umgekehrte, abgestumpfte, rechteckige Pyramide. Die kleinste der beiden Abmessungen des Querschnittes geht quer durch die Holzfasern, weil bei entgegengesetzter Lage die Felge durch die größere Abmessung aufgespalten würde.

266. Die Schraubentlinie einer Holzschraube muß bergestalt eingeschnitten sein, daß jeder Schraubengang noch eine hinlänglich große Anzahl von Holzfasern aufnimmt. Der Schraubengang muß außerdem dreieckig sein, damit er sich nicht einpreßt, sondern einschneidet, und stark vortreten, damit er eine feste Verbindung giebt.

Die Schrauben dienen zu Befestigungen auf schwachen Hölzern, wo die gewöhnlichen Nägel nicht genug halten würden; da aber auch die Schrauben selbst nur wenig halten, wenn der befestigte Theil Erschütterungen erleidet, so wendet man sie vereint mit den Nietnägeln an.

267. Was man in der Artillerie Kuppennagel nennt, ist ganz einfach ein kleines im Winkel gebogenes Stück Eisen, welches man an die Seiten der Ringe und Bänder einschlägt, um ihr Verschieben zu verhindern.

Die Spiknägel dienen zum Befestigen schwacher Eisenbleche; sie werden in den Arsenalen nicht angefertigt.

## **Vierter Theil.**

### **Die Artillerie-Systeme.**

Dieser vierte und letzte Theil unserer Abhandlung giebt, wie wir es im Anfange ankündigten, eine Betrachtung der verschiedenen Artillerie-Systeme, welche seit dem Ursprunge der Waffe bis zur gegenwärtigen Epoche auf einander gefolgt sind. Wir wollen in kurzer Uebersicht der Vor- und Nachtheile eines jeden erwähnen und dabei einen historischen Umriss des Materials zu geben versuchen.

Das Wort System in der Bedeutung, welche man ihm hier beilegt, bezeichnet einen Inbegriff von Einrichtungen, Grundsätzen und Folgerungen. Ein Artillerie-System betrachten, heißt demnach, vor allem untersuchen, in wiefern seine Grundsätze und Einrichtungen sowohl mit der Theorie der Laffeten und Fahrzeuge, als auch mit den Regeln, welche diese Theorie für ihre Einrichtung giebt, übereinstimmen.

Wir haben also nicht ohne Grund diesen Theil unseres Werkes an das Ende desselben verlegt. Wir theilen ihn in fünf Kapitel, in welchen nach und nach das System von Valliere, das von Gribeauval, die mit diesem letzteren vorgenommenen Modificationen, zuerst die vom Jahre XI., dann die aus den Jahren 1816 bis 1824, und endlich das System der neuen Artillerie abgehandelt werden sollen.

---

### **Erstes Kapitel.**

#### **Das System von Valliere.**

268. Die Wagen und Laffeten der Artillerie sind in Frankreich erst seit dem Jahre 1769 auf übereinstimmende Art erbaut

worden. Zu dieser Zeit richtete Gribeauval jenes System ein, welches lange Zeit das durchdachteste in ganz Europa war und unserer Waffe einen so großen Einfluß auf alle kriegerischen Operationen verschaffte.

Die von Valliere ausgehende Ordnung vom Jahre 1732 bestimmte die Art und das Kaliber der Geschützröhre, welche man in der Land-Armee anwenden sollte; sie setzte die Formen dieser Röhre fest und schrieb ihre Abmessungen vor; aber sie sprach sich keinesweges über die Einrichtung der Laffeten und Wagen aus.

Zur Erleichterung des Dienstes war Frankreich damals in Artillerie-Departements eingetheilt, in welchen Provinzial-Kommissaire die Einrichtungen, fast jeder nach seinen besonderen Kenntnissen, leiteten. Die Departements von Flandern und Deutschland hatten den größten Ruf. Das eine lieferte das Material für die Armee, welche in dem ersteren Lande operiren sollte, das andere rüstete die Armeen aus, welche in dem letzteren Lande auftraten. Da diese beiden Länder unsere gewöhnlichen Kriegstheater waren, so ist es natürlich, daß man in diesen Einrichtungen in den Gränz-Departements größere Fortschritte machte als in den übrigen.

Als Valliere die Maße der neuen Geschützröhre bestimmte, hatte er seine ganze Aufmerksamkeit auf den Belagerungskrieg gerichtet, in welchem die Artillerie bis dahin die größten Dienste geleistet hatte; er ließ sich gar nicht darauf ein, zu untersuchen, welche Wirkungen man auf den Schlachtfeldern hervorbringen müsse. Deshalb wandte man auch in den Feld-Batterien die größten Kaliber an, oder wenn kleinere Kaliber mitgeführt wurden, so gab man ihnen zur Erreichung einer großen Schußweite eine sehr lange Seele, ohne sich um die daraus erfolgende Gewichtszunahme zu kümmern.

Man kann in der Einrichtung des Artillerie-Materials, sowie in allen mechanischen Künsten nur dann Fortschritte machen, wenn man sich fortwährend bestrebt, die Wirkung zu vermehren und an bewegender Kraft zu sparen. Bei der geringen Wichtigkeit aber, welche die Artillerie damals hatte, fühlte man nicht die Nothwendigkeit, beim Studium des Materials von solchen Gesichtspunkten auszugehen. Oft noch kämpften die Armeen mit der blanken Waffe; die Anwendung der Kanonen in der Schlacht war, wie bei den

Belagerungen, auf Positionen-Batterien beschränkt, und folglich hatte man bei zwei Dienstzweigen, die heutigen Tages so verschieden sind, dieselben Bedingungen zu erfüllen.

Jedes Konstruktions-System, durch welches Ersparnisse gemacht wurden, jede Anspannungs-Art, welche Seitens des Fahrers keine Geschicklichkeit erforderte, war in der That für solche Fahrzeuge, welche sich nur langsam und auf guten Straßen bewegen sollten, ganz zweckmäßig. Die ganze Artillerie einer Armee bildete eine einzige Kolonne, welcher Arbeiter vorangingen, um das Terrain vorzubereiten, und die vierpfündigen Geschütze brauchten keine größere Beweglichkeit als die vier und zwanzigpfündigen. Der Marsch eines solchen Wagenzuges ging ohne Zweifel sehr langsam von statten, und dennoch paßte er zu dem abgemessenen Marsche der übrigen Kolonnen der Armee, welche unter sich strenge Distanz hielten und nur dann vorgingen, wenn sie die Hindernisse beseitigt hatten, welche das Terrain entgegensetzten konnte.

Gleichwohl wurden die aufgefahrenen Geschütze nicht mehr durch einander geworfen und die geringeren Kaliber hätten in ihren Bewegungen eine große Superiorität über die übrigen erlangen können; aber man betrachtete die Artillerie so sehr als Nebenwaffe, daß man nicht daran dachte, ihr mehr Beweglichkeit zu geben. Die Bespannungen wurden selbst hinter der Infanterie-Linie an einem sichern Orte gelassen, und man wandte zum Laden der Geschütze beinahe dasselbe Verfahren an, welches noch heutigen Tages in unsern Belagerungs-Batterien gebräuchlich ist. Die Kugeln und Vorschläge lagen auf dem Schlachtfelde, aufgeschlagene Pulverfässer standen hinter den Batterien und enthielten das Pulver, und die Bedienungs-Mannschaften entnahmen aus ihnen die Ladungen und brachten sie mittelst der Ladeschaukel in die Geschütze ein.

269. Die Belagerungs- und Feld-Artillerie bestand hauptsächlich aus Laffeten, deren Maße sich mit dem Kaliber veränderten, und aus einer einzigen Art zweirädriger Fahrzeuge, der Karre. Diese Karre hatte eine einfache Konstruktion und war für den Transport aller Gegenstände geeignet, weil diejenigen Sachen, welche gegen die Einflüsse der Witterung gesichert werden sollten, entweder in Fässern oder in Kisten verpackt waren, und außerdem erlaubte

ihre sehr kurze Wendung das Befahren der Zickzacks in den Transcheen.

Die Gedanken der mit der Einrichtung des Materials beauftragten Offiziere waren daher nur allein auf die Laffete gerichtet, als das einzige Fahrzeug, welches einer Verbesserung bedürftig schien. Allein man betrachtete sie nur in Bezug auf das Schießen: die Anspannungsart schien unabänderlich durch die Anspannungsart der Karre festgesetzt zu sein.

Durch eine lange Erfahrung hatte man eine ziemlich gute Form für die Laffeten aufgefunden, mochten sie nun bei den Belagerungen, oder im freiem Felde gebraucht werden. Man leistete bei ihnen in Bezug auf die Dauer durch ihre Masse und durch das Gewicht des Rohrs selbst (149 und 150) dasselbe, was seitdem durch gut eingerichtete Beschläge und bessere Verbindungen erreicht worden ist; aber der Widerstand der Laffetenwände in vertikaler Richtung wurde hinter den Schildzapfenlagern durch die Einschnitte für die Stoßbolzen und Stoßschiene (heurtoir et contre-heurtoir) geschwächt, welche Beschläge die Laffete gegen die Wirkung des Rohrs sichern sollten. An andern Theilen wurde ebenso durch die Zapfenlöcher, welche zur Verbindung der Riegel eingeschnitten waren, und durch die gebrochene Form der Wände, welche die Holzfasern bei dem nur kleinen Winkel viel zu sehr durchschnitten, der Widerstand vermindert.

Das Ladezeug für das Geschütz wurde noch nicht an der Laffete fortgeschafft, man legte es auf eine Munitions-Karre. Endlich wurde durch die bedingte Lage der Schildzapfen-Einschnitte bei der aufgeprohten Laffete beinahe das ganze Gewicht des Rohrs der Hinterachse aufgebürdet und man fühlte nur zu bald die Nothwendigkeit, für den Transport der Geschützröhre von schwerem Kaliber ein besonderes Fahrzeug einzuführen, welches die Vertheilung der Last auf beide Achsen gestattete; es ward Sattelwagen (chariot porte-corps) genannt. Doch scheint es, als ob dies Fahrzeug nur bei den Belagerungs-Parks benutzt wurde, denn es kommt in der Feldartillerie nicht vor, obgleich bei dieser damals doch auch sechs- und selbst vier und zwanzigpfündige Geschütze vorhanden waren.

270. Die Mörser-Laffete, welche anfänglich aus einem einzigen hölzernen Blocke bestand und auf eine Bettung gestellt wurde, wurde später aus zwei hölzernen Wänden, die durch zwei Riegel und zwei Nietbolzen zusammengehalten wurden, erbaut. Noch später führte man statt ihrer zwei gegossene Wände ein, die durch eine ebenfalls gegossene Masse zusammengehalten wurden, und wobei das Ganze aus einem Guß war. Zuletzt ersetzte man die gegossene Masse durch eine hölzerne und Nietbolzen erhielten die Auseinanderstellung der Wände. Was die Form der Wände anbetrifft, so näherte sie sich schon damals der jetzt bestehenden beträchtlich.

Außerdem wendete man die Pfanndeckel an, um die Schildzapfen in ihren Lagern zu erhalten und bewirkte den Transport der Mörser und Laffeten auf Sattelwagen.

271. Die in den Festungen angewandte Laffete kostete halb so viel als die Belagerungs- und Feld-Laffete, obgleich sie dieselbe Gestalt hatte. Ihre Wände waren viel kürzer und höher, die Räder waren durch einfache Blockräder von höchstens zwei Fuß Durchmesser ersetzt, der hintere Theil des Schildzapfen-Ausschnittes befand sich senkrecht über der hinteren Fläche der Achse, während er bei den beiden andern Laffeten über ihrer vordern Fläche lag. Die Seelenaxe lag dagegen bei der Festungs-Laffete ungefähr eben so hoch über der Erde, als bei der Belagerungs-Laffete. Die Geschützröhre schossen demnach auf dem Walle durch Schießscharten, welches große Nachtheile mit sich bringt. Was den Rücklauf anbetrifft, so war er bei beiden Arten beinahe gleich; denn wenn auch die Festungs-Laffete kürzere Wände und viel niedrigere Räder hatte, so war sie doch im Ganzen auch nur halb so schwer als die Belagerungs-Laffete.

272. In den besetzten Städten am Meere gebrauchte die Artillerie eine Laffete, Schiffslaffete (warin) genannt. Sie ruhte auf vier Blockrädern und man schoss mit ihr durch eine Scharte und auf einer Bettung. Man begreift wohl, daß eine solche Laffete sich schwer rechts oder links richten ließ und daß das Geschütz mit seinem Feuer kein großes Feld bestreichen konnte.

273. Die Armeen haben stets die Mittel zum Uebergange über Flüsse bei sich geführt, und der Artillerie, welche seit ihrer

Entstehung ein sehr bedeutendes Material unter sich hatte, wurde damals auch die Brücken-Equipage anvertraut. Dieselbe bestand vor Gribeauval's Zeit aus kupfernen Pontons und aus Hakets, auf welche die Pontons, die Balken, die Belagbretter und alles Brückenzubehör geladen wurde. Das Haket hatte vier Räder und Unterbäume; über den Bäumen lag eine Art Rahmen, auf welchem das umgekehrte Ponton ruhte. Um recht kurz wenden zu können, hatte man den Vorder- und Hinterwagen so nahe zusammengestellt daß die Hinterachse sich beinahe unter der Mitte des Obergestells befand, eine Einrichtung, die für den Zug und die Haltbarkeit sehr nachtheilig war.

Da die ersten Pontons nicht groß genug waren, um den Uebergang eines Vier- und zwanzigpfünders zu gestatten, so war man genöthigt, ein längeres und tieferes zu konstruiren, wodurch auch an den Hakets Veränderungen herbeigeführt wurden. Dies Haket war beinahe demjenigen ähnlich, welches Gribeauval späterhin für seinen Brückenkahn einführte und erhielt sehr niedrige Räder. Das Haket der ersten Art wog vollständig beladen mehr als 3500 Pfund und das Haket der zweiten Art mehr als 4000 Pfund; indessen waren diese Fahrzeuge noch eben so beweglich, als das zwölfpfündige Geschütz, dessen ganzes System 5000 Pfund wog.

274. Die einzige Bedingung, welche man damals durch die Einrichtungen zu erfüllen strebte, war die Möglichkeit einer sehr kurzen Wendung; deshalb hatten denn auch die Vorderräder eine geringe Höhe, so daß sie unter das Obergestell gehen konnten. Die Vorderwagen hatten übrigens Gabelbeichsel, damit die vierrädrigen Fahrzeuge dieselbe Anspannungsart als die Karren hätten. Die Achsen waren sämmtlich von Holz und die Räder hatten eiserne Buchsen. Zu verschiedenen Zeiten wurde die Anwendung der eisernen Achsen und bronzenen Buchsen vorgeschlagen, in der Absicht, den Zug zu erleichtern; man verwarf sie aber des Kostenaufwandes wegen fortwährend.

275. Die Verbindungen an den Laffeten und Fahrzeugen waren sehr unvollkommen, eben so die Mittel, welche man angewandte, sei es nun, um die Holztheile mit einander zu verbinden, oder um die Beschläge zu befestigen, welche jene verstärken sollten.

Diese Mittel bestanden in Bolzen, an denen das dem Kopfe gegenüber liegende Ende umgenietet wurde, und in Splintbolzen, an denen das eine Ende zur Aufnahme eines Splintes mit einem Loche versehen war. Aber die Nietbolzen hielten das System nicht mehr zusammen, wenn das Holz durch Trockenheit sich zusammenzog, und überdies ward hierdurch das Auseinandernehmen eines auszubessernden Geschüzes sehr langwierig, weil man genöthigt war, die Umnietung abzustemmen und neu zu machen. Die Splintbolzen erfüllten eben so wenig den gewünschten Zweck; denn die Stöße während des Fahrens und die Erschütterungen beim Schießen verhinderten sehr bald die Splinte, so fest anzuschließen, als es nöthig war.

276. Das Material, von welchem wir so eben einen allgemeinen Begriff gegeben haben, konnte in seiner Mannigfaltigkeit fortbestehen, so lange der größte Theil der Infanterie noch die Pike beibehielt; aber diese Waffe wurde durch das Bajonnet verdrängt, als das Gewehrschloß in dem Maße vervollkommenet war, daß man der Lunte nicht mehr bedurfte. Mit dieser Verbesserung nahm die Infanterie eine weniger tiefe, aber ausgebreitete Stellung an, damit der Soldat von seiner Waffe Gebrauch machen konnte. Eine solche Front-Entwicklung verlangte eine größere Schnelligkeit beim Manöveriren, und die für den Angriff der Festungen geeignete Artillerie, statt im Feldkriege Dienste zu leisten, verzögerte nur den Marsch der Armee und legte ihr in den Bewegungen auf dem Schlachtfelde Fesseln an.

Der König von Preußen, welcher die alte Taktik zuerst änderte und seine Truppen zu rascheren Manövern ausbildete, war auch der erste, welcher die schweren Kaliber verwarf. Nachdem er den Durchmesser der Geschütze und ihre Länge nach der hervorzubringenden Wirkung bestimmt hatte, konnte er seine Infanterie durch eine zahlreiche und leichte Artillerie vertheidigen. Bald folgten die Oesterreicher seinem Beispiele. Die Franzosen aber, welche bei ihren alten Ideen stehen blieben, verloren die Schlacht bei Rossbach und unterlagen in mehreren Feldzügen.

Solche Lehren führten endlich zur Aufklärung. Gribeauval, der auf den Schlachtfeldern die Artillerie der Preußen und Deut-

schen kennen gelernt hatte, wurde beauftragt, in Frankreich ein System einzuführen, welches den neueren Fortschritten der Kriegskunst entspräche.

## Zweites Kapitel.

### Das System von Gribeauval.

277. Die beiden Valliere, Vater und Sohn, bildeten mit allen ihnen untergebenen Offizieren eine starke Opposition gegen die Neuerungen Gribeauvals. Im Jahre 1765 zum ersten Male angenommen, wurde das neue System 1772 vom alten wieder verdrängt. Die zu einem Comite berufenen Marschälle von Frankreich genehmigten es 1774 zum zweiten Male, allein zu Ende desselben Jahres erhielt noch einmal das andere System die Oberhand, und erst nach dem Tode des älteren Valliere 1776 führte man die Gribeauvalsche Artillerie definitiv ein. Sie zerfiel in vier Abtheilungen: die erste war zum Angriff der festen Plätze, die zweite zu deren Vertheidigung, die dritte zum Küstendienste und die vierte zum Feldkriege bestimmt. Die letztere soll späterhin untersucht werden; die drei ersten aber wollen wir unter dem Titel Positions-Artillerie zusammenfassen.

### Die Positions-Artillerie.

Die Belagerungs-Artillerie erlitt wenig Veränderungen; man behielt das vier und zwanzigpfündige und sechszehnpfündige Kanon, so wie die achtzöllige Haubitz bei, wie sie durch die Ordonnanz von 1732 festgestellt waren, nur wurde die Kammer am Boden der Kanonen abgeschafft.

Eben so behielt man beinahe gänzlich die Form der frühern Laffetenwände bei; aber die Laffeten selbst erlitten Modificationen, welche ihre Widerstandsfähigkeit beim Schießen erhöhten. Die doppelten Zapfen an den Niegeln verschwanden; die Stoßbolzen und Stoßschiene (heurtoir et contre-heurtoir) wurden durch Schildzapfenpfannen ersetzt, welche bei einer einfachen Befestigung auf den Wänden deren Widerstandsfähigkeit erhöhten, eine innigere

Verbindung des Rohrs mit der Laffete bewirkten und das Aufreißen des Holzes verhinderten.

Indessen bedeckten die Unterspannen nur den Theil der Einschnitte, welcher den durch das Schießen erzeugten Percussionen ausgesetzt war; denn man wollte die alten Röhre benutzen, und ihre Schildzapfen waren so verschieden, daß ein genaues Lager des einen Rohrs nicht für ein anderes passen konnte. Es war indessen die Absicht Gribeauval's, ganze Unterspannen einzuführen, sobald die unter Valliere gegossenen Röhre zum Dienst unbrauchbar geworden wären.

Der Vorderwagen behielt seine Gabelbeichsel, seine Anspannungsart, so fehlerhaft sie auch war (32); seine nur 34 Zoll hohen Räder und die hohe Lage des Verbindungspunktes beider Wagengestelle über der Vorderachse wurden beibehalten, damit dem Fahrzeuge der große Lenkungswinkel verbleibe (122). Da aber keine Gegenstütze vorhanden war, so hatte diese Einrichtung zur Folge, daß der Druck, welcher bei der Bewegung von der Hinterachse auf die Vorderachse gebracht wurde (87), mit der Zugkraft zunahm (72) und in schlechten Wegen sehr groß wurde. Diese Vergrößerung des Druckes schadete der Leichtigkeit des Zuges um so mehr, als die Räder einen kleinen Radius hatten und beide Achsen von Holz waren (47).

Gribeauval that also nichts für die leichtere Fahrbarkeit der Belagerungs-Laffeten und war deshalb, wie Valliere, genöthigt, zum Transport der Röhre einen Sattelwagen einzuführen und für ein und dasselbe Geschütz zwei Fahrzeuge mitzunehmen.

278. Die Karren hatten den Vortheil der Einfachheit und Leichtigkeit; ihre allgemeine Form erleichterte das Auf- und Abladen. Deshalb wurden sie im neuen Belagerungs-Train beibehalten; aber man vergrößerte ihre Fahrbarkeit dadurch, daß man die hölzernen Achsen durch eiserne ersetzte und die Ausbohrung der Naben mit bronzenen Buchsen bekleidete.

Es gab drei Arten: eine lange Karre zum Transport des Geschützubehörs und der Munition, der Vorrathsfachen und der Bettungshölzer, eine zweite, nicht so lange Karre, um die Kugeln während des Marsches fortzuschaffen und die Batterie während der

Belagerung mit Munition zu versorgen, und endlich eine niedrige Karre (camion) von derselben Länge wie die vorige zur Aufnahme der Mortiere, ihrer Laffeten und der schweren Projektilen. Diese letztere wurde aber sehr bald für unzweckmäßig erkannt und man lud nun die Mortiere und ihre Laffeten auf den Sattelwagen für Kanonen, obgleich die Einrichtung dieses Fahrzeuges eine solche Beladung nicht gestattete.

Das neue Belagerungs=Material war also nur um ein geringes beweglicher als das frühere; wahrscheinlich gab aber Gribeauval in diesem Punkte, welcher nicht der wichtigste war, nach, um beim Material der Feld=Artillerie desto mehr zu gewinnen.

279. Die sechszehnpfündigen, zwölfpfündigen und achtpfündigen Kanonen sollten nach der Ordonnanz von 1732 ausschließlich zur Vertheidigung der Plätze angewandt werden. Man duldete indessen auch den vier und zwanzigpfünder, um sich eine Reserve aufzusparen, welche zum schnellen Aufbringen des Belagerungs=Trains verwandt werden könnte.

Gribeauval hatte 1749 eine neue Festungs=Laffete geschaffen, deren er sich in der Belagerung von Schweidnitz mit Vortheil bedient und welche Valliere selbst gutgeheissen hatte. Diese Laffete machte einen Theil des neuen Materials aus. Da sie das Feuern über die Brustwehr gestattete, so eignete sie sich weit besser als die frühere zur Vertheidigung; sie ließ aber noch viel zu wünschen übrig. Einige ihrer Fehler lagen in der Laffete selbst, andere entsprangen aus ihrem Rahmen. Die Laffete entbehrt der Beweglichkeit und bietet dem Rifoschetttschuß große Trefffläche. Der Rahmen beschränkt das Schußfeld zu sehr und verlangt an dem hinteren Ende des Geschützstandes eine Erdbanschützung, welche die Kanoniere während der Bedienung bloßstellt; ferner ist er zu lang, um aller Orten aufgestellt werden zu können, und wird bald schadhast, da er auf dem Erdboden liegt.

280. Gribeauval gab drei Arten von Triquebals an, um die Geschüßröhre, so wie schwere Lasten, in den Festungen fortzuschaffen. Sie haben vier Räder und den Vorderwagen der Belagerungs=Laffeten.

Der Mechanismus der ersten Art besteht in einer Schraube, welche hinter der Hinterachse angebracht ist. Da er aber sehr große Reibung erzeugt, so ist er dem Motor nicht so günstig, als man es aus dem Verhältnisse der Hebelarme schließen sollte, und die zahlreichen Stöße, welche das Fahrzeug auf dem Steinpflaster erleidet, können denselben bald genug beschädigen. Uebrigens ist seine Handhabung einfach und ohne Gefahr.

Der Hinterwagen der andern beiden Triquebals besteht aus einer hölzernen Achse, auf welcher ein Achsschemel liegt, und aus einem Langbaume, der durch zwei Arme festgehalten wird. Der Langbaum liegt winkeltrecht zwischen den beiden ersten Theilen und bildet also einen Winkelhebel, bei welchem die Achse die Drehungslinie abgibt. Durch sein vorderes Ende geht ein Prohloch, in welches der Prohnagel des Vorderwagens eingreift. Das Fahrzeug ist also so einfach, als es nur sein kann; aber beim Aufladen können bedeutende Unglücksfälle vorkommen.

Denn um die Last zu heben, ziehen die Mannschaften an Tauern, welche an dem vorderen Ende des Langbaumes befestigt sind, und da dieser Hebel im ersten Augenblicke vertikal steht, so müssen sie dann eine sehr große Kraft anwenden. Aber eine geringe Senkung desselben vermindert das mechanische Moment des Widerstandes und vergrößert bedeutend das Moment der Kraft, wozu noch das Gewicht des Langbaumes kommt. Wenn nun die Arbeiter nicht Sorge tragen, ihre Wirkung nach Verhältniß zu ermäßigen und selbst zur rechten Zeit aufhören zu lassen, so schlägt der Hebel rasch nieder und bringt auf den Erdboden einen außerordentlich starken Schlag hervor. Das Abladen verursacht eine analoge Wirkung, aber in umgekehrter Art.

Der Triquebal mit der Schraube und einer der Triquebals mit dem Hebel haben sehr hohe Räder. Der dritte, welcher nur zum Dienste in den Festungen bestimmt ist, hat die Räder der Karre. Die Hinterachsen sind ganz von Holz, und da auch die Vorderachsen sämmtlich aus diesem Material gefertigt sind, so hat das Fahrzeug durchaus nicht die Fahrbarkeit, welche es haben könnte. Dieser Fehler wird besonders bei dem nur für die Festungen bestimmten Triquebal schädlich; denn die Reibung der Naben macht hier einen großen Theil des totalen Widerstandes aus, weil

die Räder die gewöhnliche Höhe haben und sich auf einem harten und ziemlich ebenen Erdboden bewegen. Aber in den Arsenalen verringerte man die totale Reibung um ein Beträchtliches; denn man gebrauchte zu den Triquebals statt des Vorderwagens der Belagerungs-Fahrzeuge stets den Vorderwagen der Feldfahrzeuge, welcher eine leichtere Anspannungsart hatte. Indessen entstand hieraus ein sehr unvollkommenes Fahrzeug, weil die Pferde genöthigt waren, die Deichsel mit den Steuerketten zu tragen.

281. Die Küsten-Artillerie erhielt eine ganz neue, zu diesem Dienste besonders eingerichtete Laffete. Da die Röhre in ihr nicht fortgeschafft werden sollten, so brauchte sie keine Räder. Hieraus entstand größere Einfachheit, ein geringerer Preis und längere Dauer.

Die Küsten-Laffete Gribeauvals hat zwei Walzen, welche auf einem Rahmen liegen. Diese Walzen rollen beim Rücklauf, aber mit starker Reibung, weil sie in die untere Fläche der Wände eingelassen sind. In ihren Stirnflächen befinden sich Zapfenlöcher, in welche Hebeebäume gesteckt werden, wenn die Handhabung es erfordert, daß die Laffete mit den Armen bewegt wird. Zwei Blockräder und ein Richtbaum am Hintertheil des Rahmens, im Verein mit einer sehr einfachen horizontalen und kreisförmigen Bettung, auf welcher die Blockräder laufen, bieten die Mittel dar, das System schnell um seinen Drehbolzen zu bewegen und mit dem Feuer des Geschüzes ein sehr großes Schußfeld zu bestreichen.

Die Laffete erfüllt also vollkommen alle Bedingungen, welche ihr Dienst erfordert (219). Vielleicht kann man ihr vorwerfen, daß sie zu plump sei; aber der Widerstand, welcher ihr durch ihre große Masse gegeben wird, rührt von ihren Holztheilen und nicht von ihren Beschlügen her, mit denen der Erfinder außerordentlich haushälterisch umgegangen ist. Es würde übrigens nicht schwer halten, sie zu erleichtern, wenn man sich mit ihrer Verbesserung befassen wollte.

### Die Feld-Artillerie.

282. Eine gänzlich neu zu schaffende Feld-Artillerie war der Haupt-Gegenstand der Erwägungen Gribeauvals. Man mußte diesem Material Leichtigkeit, Dauer, Gleichförmigkeit und zugleich

eine gewisse Einfachheit geben; man mußte die Munition auf das Schlachtfeld schaffen, ohne sie den Einflüssen der Witterung auszusetzen; man mußte ein Mittel auffinden, die Bedienung der Geschütze schnell zu bewirken, und endlich mußte die Artillerie, welche bis dahin eher hinderte als nützte, eine Beweglichkeit erlangen, welche ihr gestattete, überall fortzukommen, die Bewegungen der Truppen zu begünstigen, um dann mit ihnen zu kämpfen. Diese so verwickelte Aufgabe wurde größtentheils durch das Talent Gribeauval's gelöst.

Die Kaliber und die Länge der Seele wurden auf die hervorzubringende Wirkung basirt; deshalb führte man die zwölfpfündigen, achtpfündigen und vierpfündigen Kanonen ein, denen man eine siebzehn Kaliber lange Seele und einhundert und funfzigfaches Gewicht der Kugel gab. Diese neuen Geschütze wogen beinahe um die Hälfte weniger als die früheren gleichnamigen, und dennoch hatten sie beinahe eine eben so große Schußweite, weil ihre bessere Anfertigung die Verminderung des Spielraums gestattete.

In dem Feld-Material gab es fortan nur vierrädrige Fahrzeuge und Vorderwagen mit Stangendeichsel und Lenkscheit. Die Hinterwagen bestanden aus zwei Unterbäumen, deren vordere Enden, durch einen Riegel verbunden, unmittelbar auf dem Vorderwagen ruhten. In dem Schwanzriegel der Laffeten, und in dem Spannriegel der übrigen Fahrzeuge befand sich das Proxloch zur Aufnahme des Prox- oder Spannnagels, und eine Prox- oder Spannkette sicherte die Verbindung von Vorder- und Hinterwagen. Die Vorderräder erhielten eine größere Höhe, eiserne Achsen ersetzten die hölzernen, und das Innere der Naben ward mit bronzenen Buchsen versehen. Um den Fahrzeugen eine größere Stabilität zu verleihen, vergrößerte man das Geleise; das Geleise Vallieres von 47 Zoll wurde bis zu 56½ Zoll erweitert.

Die neuen Buchsen, die neuen Achsen, die Vergrößerung der Vorderräder, eine auf wahre Grundsätze basirte Gesamtform (197) verminderten um ein Beträchtliches die beim Fahren vorhandenen Widerstände, und durch die Anwendung der Stangendeichsel und des Lenkscheits erhielten die Pferde alle Freiheit in ihren Bewegungen, sie konnten jede ihnen eigenthümliche Gangart annehmen und auf jedem Wege leicht fortkommen. Endlich waren die Fahrer

nicht mehr gezwungen, die Fahrzeuge zu Fuß zu begleiten, und die Feld=Artillerie wurde beweglich genug, um selbst mit der Kavalerie in leicht durchschnittenem Terrain zu manövriren.

283. Man behielt die allgemeine Gestalt der Laffeten bei, nahm aber mit ihrer Form mehrere wichtige Veränderungen vor. Da die Mündung des Rohrs wegen der Einführung der eisernen Achsen nicht mehr so hoch über der Erde lag, so konnte sowohl die Länge als das Gewicht der Wände merklich verkleinert werden. Der Rücklaufswinkel (157) wurde vergrößert, damit die Erleichterung der Laffete und die Verringerung der Widerstände beim Fortrollen die rückgängige Bewegung nicht zu sehr vergrößern könne, wenn auch die Intensität des Druckes vom Laffetenschwanz gegen den Erdboden größer würde (161).

Aber durch diese neue Form und besonders durch die Gewichtsverminderung der Kanonen mußten die Percussionen beim Schießen größer werden (150). Die Laffeten mußten daher eine größere Festigkeit erhalten. Man erreichte sie, indem man unter dem ersten großen Bruch der Laffete mehr Holz stehen ließ, die Wände durch Beschläge verstärkte, das Rohr mit seiner Unterlage inniger verband und die Zapfen bei den Riegelverbindungen fortließ. Diese Veränderungen vergrößerten in solchem Maße die Widerstandsfähigkeit, daß es selbst möglich ward, die Dicke der Wände zu vermindern.

Der Laffetenschwanz erhielt eine günstige Form für das Fortschleifen über jedes Terrain, damit er den Manövern mit dem Langtau, welche zu dieser Zeit bei der Artillerie eingeführt wurden, nicht hinderlich werde. Da der Munitionswagen nicht im Stande war, beim Manövriren überall zu folgen, so mußte man einige Munition mit der Laffete fortbringen. Man legte sie in einen Kasten, und dieser Kasten wurde zwischen die Wände, nicht weit vom Schwanz entfernt, gestellt; denn der einzige Platz, den er auf der Proße hätte finden können, ward vom Prognagel eingenommen. Hieraus entsprang die Nothwendigkeit, den Schwerpunkt des Rohres hinter die Hinterachse zu legen, damit das Ab- und Ausproßen leichter von statten ginge. Aber diese neue Lage der Schildzapfenlager, welche für das Schießen und die Bedienung ganz zweckmäßig war, war es nicht für den Transport; während

des Marsches muß das Gewicht der schwereren Röhre auf beide Achsen vertheilt sein und man war daher bei dem zwölf- und acht-pfundigen Kaliber genöthigt, vor dem bereits vorhandenen Lager noch ein Marschlager anzubringen.

Endlich, um das Schießen zu beschleunigen, erleichterte man das Richten, indem man an die Laffete unter dem Bodenstück eine eiserne Schraube, die sich in einer bronzenen Mutter bewegte, und auf dem Schwanzriegel Richtlösen zur Aufnahme zweier Hebelbäume anbrachte. Das Ladezeug wurde an den Seiten der Laffetenwände durch Beschläge befestigt, so daß es den Kanonieren stets zur Hand war und sie es leicht ergreifen oder ablegen konnten.

284. Es war aber besonders die Mitnahme schon gefertigter Munition auf das Schlachtfeld, was die Schnelligkeit der Geschützbefienung außerordentlich begünstigte. So wurde denn der fehlerhafte Gebrauch, die Kugeln und Vorschläge auf die Erde zu werfen, und die gefährliche Anwendung der Ladeschaukel gänzlich abgeschafft und man sah nicht mehr mitten im Feuer offene Pulverfässer.

Durch die neue Munition wurde ein neues Fahrzeug nothwendig, welches sie gegen die Witterung und das Feuer schützte. Gribeauval führte ein festes und leichtes Fahrzeug ein, das er Munitionswagen (caisson) nannte. Der Hinterwagen hat einen Kasten, der mit einem dachförmigen, außerhalb mit einem Eisenblech beschlagenen Deckel vollkommen geschlossen ist. Die Ladungen werden in Fächer gelegt und durch Wergausfüllung getrennt, so daß sich die in ein und demselben Fache liegenden Ladungen nicht reiben können. Der Munitionswagen trägt überdies ein Rad auf seinem hintern Ende, mehrere andere sehr nothwendige Vorrathssachen und das zur Zurichtung schwieriger Terrainstellen nöthige Schanzzeug. Wenn dies nun aber auch schätzbare Vortheile sind, so sind sie wiederum mit sehr großen Fehlern gepaart, die wir bald andeuten werden.

285. Drei andere neue vierrädrige Fahrzeuge vervollständigten das Feld-Material; dies sind der Vorrathswagen (chariot à munitions), der Parkwagen (caisson de parc) und die Feldschmiede.

Der Vorrathswagen, welcher bestimmungsmäßig alle Gegenstände aufnehmen sollte, die der freien Luft ausgesetzt werden können, brauchte nicht geschlossen zu sein. Der Boden des Hinterwagens ist demnach aus nicht an einander liegenden Brettern gebildet, durch deren Zwischenräume das Regenwasser ablaufen kann. Die Seitenwände haben Sprossen und sind auf die Unterbäume durch eiserne Bügel befestigt, die durch ihre gebogene Form zur Aufnahme von Vorrathsfachen geeignet sind. Die beiden Enden der Wagen werden durch Kopfwände mit Sprossen geschlossen, von denen sich die vordere nöthigenfalls abnehmen und die hintere lothrecht unter den Boden des Obergestells herunterlegen läßt, wenn die aufgeladenen Gegenstände länger als die Unterbäume sind. Endlich wird der Wagen mit einer gefirnißten Decke bedeckt, wenn die Ladung aus Waffenkisten, Geschirrstücken oder Pulverfässern besteht.

286. Der Parkwagen wurde zum Transport von Handwerkszeug und Feuerwerksgegenständen gebraucht. Sein Hinterwagen mußte demnach einen Kasten wie der des Munitionswagens erhalten. Da er aber einen großen Raum darbieten muß, so ist er bedeutend breiter. An den auswendigen Seiten können übrigens dieselben Vorrathsfachen, wie beim Munitionswagen, angebracht werden.

287. Die Schmiede trägt eine Maschine desselben Namens und besteht aus einem Heerde und einem Blasebalg. Der Heerd wird durch drei Eisenbleche gebildet und ist mit einem Bordbleche umgeben. Der hinter dem Heerde liegende Blasebalg wird durch die senkrecht stehende Feuerwand von demselben getrennt; sie besteht aus Eisenblech, ist durch eine Gußplatte in der Mitte verstärkt, sehr stark auf die Unterbäume befestigt und hoch genug, um die Ausbreitung der Flammen zu verhindern. Eine eiserne Querstange, welche von zwei auf beiden Seiten des Wagens stark befestigten Gerüststangen getragen wird, dient der Balgenstange als Drehungs-Axe. Zwei an die Gerüststangen befestigte Stützen tragen auf beiden Seiten etwas höher die Wellzapfen des Blasebalges.

Zwischen den Unterbäumen liegt unter der Feuerform ein hölzerner Kasten zur Aufnahme der Kohlen. Ein anderer Kasten steht

hinten und enthält die Werkzeuge für den Schmid, so wie einen kleinen Vorrath an Eisen. Ein dritter Kasten befindet sich vorne und enthält die Werkzeuge für den Schlosser und einige zugerichtete Beschlüge; endlich befindet sich auf dem Herde ein Sperrhorn mit seinem Klotz.

288. Der Vorrathswagen, der Parkwagen und die Feldschmiede haben ein und denselben Vorderwagen. Hinter der Achse befindet sich eine Gegenstütze, durch sie geht der Spannnagel, damit das Fahrzeug, ungeachtet der Auseinanderstellung der Räder und deren nicht beträchtlichen Höhe über dem Erdboden, einen großen Lenkungswinkel erhält (125).

Dahingegen haben der Munitionswagen und die Laffeten der drei Kaliber jede einen besondern Vorderwagen mit Lenkscheit, und der Spann- oder Prognagel steht über der Vorderachse. Diese Einrichtung giebt dem Ganzen mehr Leichtigkeit als die vorige und macht den Bedienungsmannschaften die Trennung oder Vereinigung von Vorder- und Hinterwagen leicht.

Das Lenkscheit stützt sich bei den Laffeten gegen die untere Fläche der Wände und bei den Munitionswagen gegen die untere Seite eines Langbaumes, der von dem hintern Achsfutter nach dem vordern geht. Durch die Elastizität dieses Baumes erhält die Deichsel in vertikaler Richtung einen geringen Spielraum, ohne welchen sie bei einer von oben nach unten wirkenden Zugkraft brechen würde; denn ihre Elastizität kann nicht der Kraft widerstehen, welche nöthig ist, um das Obergestell um die Hinterachse zu drehen (96). Die Anwendung des Langbaumes als Stütze für das Lenkscheit wird übrigens unerlässlich wegen der hohen Lage der Unterbäume, durch welche allein eine kurze Wendung erreicht werden kann.

289. Da Gribeauval sein Artillerie-System vollenden wollte, so mußte er sich ebenfalls mit der Vervollkommnung der Brücken-*Equipage* beschäftigen. In dieser Hinsicht aber war er genöthigt, sein Werk sehr unvollkommen zu lassen.

Der für nicht sehr reißende Ströme bestimmte Pontontrain erhielt ein neues Paket, welches sowohl durch seine Einrichtung als durch seine Gesamtkonstruktion das frühere weit übertraf. Allein ungeachtet der ausgesprochenen Meinung des Reformators wurde

die Belastung nicht geändert (273), und ungeachtet einiger an ihren einzelnen Theilen vorgenommenen Veränderungen betrug ihr Gewicht dennoch 2600 Pfund, also bei weitem mehr als das zwölfpfündige Rohr von 1800 Pfund. Hieraus und aus den sehr niederwärts gebogenen Schenkeln der hölzernen Hinterachse entstand die geringe Beweglichkeit des Fahrzeuges (188).

Die Form des Pontons machte es zum Fahren auf dem Wasser vollkommen ungeschickt; sein kupferner Mantel wurde sehr leicht von Kugeln oder von Baumstämmen und Pfählen des Ufers beschädigt, und es war nicht möglich, diese Beschädigungen augenblicklich auszubessern. Dieses ganze Material eignete sich daher wenig zum Dienste, weshalb seine Anwendung im Felde auch bald aufhörte.

290. Der für den Uebergang über größere Flüsse bestimmte Train, welcher hölzerne Brückenfähne führte, konnte den Bewegungen der Armee eben so wenig folgen. Der aus Eichenholz gefertigte Kahn ist selbst für ein gutes Fahren auf dem Wasser zu schwer: er wiegt 3800 Pfund, und das beladene Fahrzeug 5840 Pfund. Man darf sich daher nicht wundern, daß diese Fähne nur zu stehenden Brücken gebraucht worden sind.

Der Kahn ruht auf zwei über beiden Achsen liegenden Querkhölzern; ein Langbaum vereinigt Vorder- und Hinterwagen, indem er mit dem ersteren durch ein Desenblatt, mit dem letzteren durch Arme verbunden ist. Diese allgemeine Einrichtung ist ohne Zweifel einfach, aber der Kahn wird nicht genug unterstützt, und die beiden Theile des Wagens bilden ein nur wenig haltbares Ganzes; bei schlechten Wegen bricht der Langbaum vor den Armen. Ueberdies wird das Fahren durch die hölzernen Achsen und durch ihre große Auseinanderstellung sehr schwer (108). Indessen ist die Größe des Lenkungswinkels der Länge des Fahrzeuges ziemlich angemessen; denn da die Vorderräder unter den Kahn gehen können, so werden sie erst durch den Langbaum aufgehalten.

291. Das bis jetzt über das Material Gribeauvals Gesagte zeigt, daß es zu den verschiedenen Artilleriediensten bei weitem mehr geeignet war, als das Material Vallieres. Hierauf beschränkten sich indessen seine Vortheile nicht, auch hinsichtlich der Dauer war es bei weitem vorzuziehen, und überdies bot es eine

Gleichförmigkeit dar, welche sehr wichtig ist und in jenem durchaus nicht bestand.

Anstatt wie früher die Bolzen zu vernieten und die Splintbolzen durch Splinte zu befestigen, wurden sie durch Schrauben angezogen. Dies gestattete, die verbundenen Theile so fest zusammen zu pressen, als es der Widerstand der Bolzenköpfe oder der Schraubengewinde zuließ, wogegen sie früher, da sie nur einfach neben einander lagen, sich bald trennten (275). Diese so erlangte bedeutende Druckkraft wurde durch das Zwischenlegen von Blechscheiben oder vielmehr von Beschlügen, deren Flächen und Stärke sich nach den zerstörenden Kräften richtete, auf eine große Zahl von Punkten vertheilt. So verband man denn den Widerstand des Eisens mit dem des Holzes, um aus allen verbundenen Theilen gleichsam einen einzigen Körper zu bilden und ihn bei einer schwachen Masse zu einer großen Stärke und langen Dauer zu befähigen.

Die Gleichförmigkeit verlangte eine außerordentlich sorgfältige Anfertigung jedes einzelnen Theils und eine große Genauigkeit bei allen Verbindungen. Man schrieb sie vor, man erreichte sie und hierdurch wurden die Konstruktionen bis zu dem Grade der Vollkommenheit gebracht, daß ein Holz- oder Eisentheil eines bestimmten Fahrzeuges, in irgend einem Arsenaie angefertigt, als Vorrathstück für alle Fahrzeuge derselben Art, wenn auch in anderen Arsenälen gefertigt, gebraucht werden konnte. Dies ist hinsichtlich der Erhaltung des Materials einer Armee ein unschätzbarer Vortheil, denn das Material ist heutigen Tages so bedeutend, daß man genöthigt ist, zu seiner Bildung Gegenstände zu benutzen, die aus beinahe allen Werkstätten der Artillerie hervorgegangen sind.

Die vollkommene Gleichheit analoger Theile, welche zur Haltbarkeit und Schnelligkeit der Reparaturen, wie zur Verminderung der Vorrathsfachen gleich nothwendig ist, war die Frucht der Maßtafeln, welche man für jede Kaffeten- oder Fahrzeug-Art mit der größten Sorgfalt entwarf. Sie schrieben die Maße aller Holz- und Eisentheile genau vor, und gaben alle zur Erleichterung der Arbeit beitragende Details der Ausführung an, so wie sich ihnen zur besseren Verständigung des Textes genau ausgeführte und mit Maße beschriebene Zeichnungen angeschlossen.

Die Vortheile der Gleichförmigkeit waren so groß und augenscheinlich, daß man dieselbe noch weiter treiben und den zahlreichen Fahrzeugen der Feldartillerie ganze Systeme von gemeinsamen Theilen geben wollte. Aber diese wichtige Arbeit blieb unvollendet: es bestanden noch sieben Arten von Rädern, vier Arten von Achsen, und die Mehrzahl der Fahrzeuge behielten verschiedene Vorderwagen. Der geringe Erfolg eines so schönen Strebens darf uns nicht wundern. Der Erfinder der neuen Artillerie mußte Alles schaffen, und seine Einrichtungen fanden fortwährend Widerspruch, da sie gegen die Vorurtheile des alten Herkommens anstießen.

392. Die Beweglichkeit war, wie man aus dem Vorigen entnehmen kann, der Hauptzweck aller Neuerungen in der Feldartillerie. Gribeauval erschöpfte zu ihrer Erreichung alle Kombinationen seines erfinderischen Geistes. Aber wenn er auch die Massen so sehr verringerte, als die hervorzubringende Wirkung und die Haltbarkeit nur gestatteten, wenn er auch die bewegende Kraft begünstigte, indem er die Reibungen verminderte und den Hebelarm dieser Kraft vergrößerte, wenn er auch dem Pferde vollkommene Freiheit in seinen Bewegungen verschaffte und auf die günstigste Art wirken ließ, so konnten doch so viele Vortheile nicht erhalten werden, ohne beträchtliche Nachtheile mitzubringen.

Die Fehler der Gribeauval'schen Fahrzeuge entstehen aus der Verbindungsart von Vorder- und Hinterwagen, aus der Anwendung des Lenkscheites, aus der Höhe der Vorderräder und dann, in Bezug auf die Laffeten insbesondere, aus der Lage ihrer Verbindung mit der Proze und aus den doppelten Schildzapfenlagern.

Aus den beiden ersten Einrichtungen folgt, daß bei allen Fahrzeugen die Bewegungen der Deichsel nach oben und nach unten zu beschränkt sind und daß sie im durchschnittenen Terrain oft bricht (104). Um diese beiden Fehler abzustellen, gab man gegen den Willen Gribeauval's zu, daß im Gebirgslande die Stangendeichsel durch eine Gabeldeichsel ersetzt werde, deren Keil zwischen die Arme eingelegt wurde. Allein diese Gabeldeichsel bewirkte nur, daß die Kraftäusserungen, welche den Bruch der Stangendeichsel veranlassen, auf andere Theile des Vorderwagens übertragen wurden. Ueberdies wurden durch sie alle Nachtheile der Anspannung in einer

Reihe wiederum herbeigeführt, welche im durchschnittenen Terrain noch größer sind, als in jedem andern. Sie war kostspielig, schwer und hinderlich; man mußte in einzelnen Gegenden manchmal die Stangendeichsel fortlegen und wieder nehmen und nachher noch einmal weglegen. Ein so unvollkommenes Mittel mußte bald aufgegeben werden, und so geschah es wirklich.

Die Nachtheile, welche sich aus der geringen Freiheit der Deichsel ergeben, treten besonders bei den Laffeten und Munitionswagen deutlich hervor, da diese Fahrzeuge auf dem Schlachtfelde oft Gräben und Ravins zu passiren haben. Wenn man nun auch mit der Laffete durch die Anwendung des Langtaues diese Hindernisse überschreiten kann, so wird doch der Munitionswagen aufgehalten und man ist genöthigt, mit der alleinigen Munition des Laffetenkastens ins Gefecht zu gehen, oder eine kostbare Zeit zu verlieren, um das Terrain vorzubereiten oder einen bessern Weg aufzusuchen.

Demnach haben die Feldfahrzeuge, besonders aber die Laffeten und Munitionswagen, nicht die völlige Beweglichkeit, welche ihr Dienst erheischt.

293. Die Vergrößerung der Vorderräder verminderte beträchtlich die Leichtigkeit, mit welcher die früheren Fahrzeuge wenden konnten. Bei der Laffete wurde dies bei der nicht beträchtlichen Auseinanderstellung ihrer Wände weniger fühlbar, als bei den andern Fahrzeugen; aber dem Munitionswagen, welcher allen Manövern folgen muß, war die Fähigkeit benommen, seine verschiedenen Bewegungen mit der nöthigen Schnelligkeit auszuführen (122).

294. Der Stellung des Verbindungspunktes bei den Laffeten läßt sich seine zu hohe Lage über dem Erdboden und die Schwierigkeit, sich demselben wegen des Lenkscheites zu nähern, vorwerfen. Die Kanoniere, welche die Gestelle trennen oder vereinigen sollen, sind genöthigt, den Laffetenschwanz mindestens bis zu den Schultern in die Höhe zu heben und eine zur Entwicklung ihrer Kräfte durchaus unvortheilhafte Stellung anzunehmen; sie laufen selbst Gefahr, beschädigt zu werden, entweder durch das Rad oder durch die Spitze der Langtauhaaken, welche sie mit der Lende berühren.

Die Schwierigkeit des Ausprogens wird noch dadurch erhöht, daß es der Bedienungsmannschaft unmöglich ist, das obere Ende des Prognagels zu sehen.

Kurz, durch die Vereinigung der fünf angebeuteten Uebelstände wurde das übliche Manöver, aus dem Marschverhältnisse zum Gefechtsverhältnisse und umgekehrt überzugehen, sehr langwierig. Auch bemerkte man sehr bald, daß man auf den Gebrauch des Marschlagers Verzicht leisten müsse, nicht allein bei den Bewegungen im Gefechte, sondern überhaupt in der Nähe des Feindes.

## D r i t t e s   K a p i t e l .

### Die Modificationen vom Jahre XI.

295. Im Jahre XI unternahm man eine allgemeine Reform des Gribeaualschen Systems, in der Absicht, dem ganzen Material und besonders der Feldartillerie eine größere Beweglichkeit zu verschaffen.

Die acht- und vierpfündigen Kanonen wurden abgeschafft, die ersteren als für die gewöhnlichen Anforderungen zu wirksam und nicht beweglich genug, die anderen als unfähig, diesen Anforderungen zu entsprechen. Ein einziges Rohr, sechspfündiges Kaliber, wurde in ihre Stelle eingeführt; es erhielt eine 17 Durchmesser lange Seele, und sein Gewicht erreichte nur das 130fache der Kugel. Man hatte auch die Absicht, das zwölfpfündige Geschütz nach denselben Grundsätzen zu modifiziren; allein es ward so beibehalten, wie Gribeaual es angenommen hatte. Zu derselben Zeit führte man noch ein anderes Geschütz ein, die vier und zwanzigpfündige Haubitze; ihr Gewicht kam dem 43fachen des geladenen Geschosses gleich.

Hinsichtlich der Form der für diese Haubitze und das sechspfündige Geschütz konstruirten Laffete wurde der von Gribeaual beibehaltene Bug am 1sten Bruche größtentheils abgeschafft, damit die Laffeten besser den Wirkungen des Schusses widerstehen könnten. Der Laffetenschwanz wurde aufwärts gebogen und stärker gekrümmt, damit er bei den Manövern mit dem Langtaue die Unebenheiten des Bodens leichter überwinde. Aber diese letzte Aenderung konnte nicht beibehalten werden; denn sie erfüllte ihren Zweck nicht, und das Holz wurde dermaßen überschritten, daß es einen großen Theil

seiner Widerstandsfähigkeit verlor. Es wurde auch für nöthig erachtet, den Widerstand der eisernen Mittelachse zu vermehren und dem schnellen Verderben ihrer Einschnitte in den Laffetenwänden vorzubeugen; man erreichte es durch ihre Einlassung in ein hölzernes Achsfutter.

Andererseits erschütterten die neuen zu leichten Geschützröhre so sehr ihre Laffeten (150), daß man sich genöthigt sah, der sechspfündigen Laffete dasselbe Gewicht zu geben, als der achtpfündigen Gribeauval'schen, und der vier und zwanzigpfündigen Haubitzlaffete das Gewicht der zwölfpfündigen, und dennoch leistete die letztere keinen hinlänglichen Widerstand.

296. Sowohl um die Trennung und Vereinigung der beiden Wagengestelle zu erleichtern, als auch um eine kürzere Lenkung zu erhalten, konstruirte man eine neue Proße. Sie erhielt einen Proßkasten, der so gestellt war, daß der Schwerpunkt vor der Achse lag. Auf einem hinter der Achse liegenden Proßsattel stand der Proßnagel und hinter dem Sattel befand sich das Lenkscheit. Aber diese Proße gab man augenblicklich auf; sie war sehr schwer, sowohl an und für sich als auch durch den Kasten, welcher doch nur wenig Schüsse mehr als der Laffetenkasten Gribeauval's enthielt. Die Schwankungen der Deichsel aber, welche aus dem Gewichte des Laffetenschwanzes und dem des Proßkastens, von welchen das eine hinter, das andere vor der Achse wirkt, entstanden, wurden den Pferden beschwerlich und den Trainsoldaten gefährlich. War ferner der Proßkasten nicht mehr vollständig beladen, so drückte die Laffete die Deichselspitze in die Höhe. In jedem Falle aber wirkte sein Gewicht auf die Steuerketten, wenn Vorder- und Hinterwagen getrennt waren, und endlich, da der Kasten von der Zugseite aufgemacht werden mußte, so lief der Munitionszuträger, welcher zwischen die Zugtaue treten mußte, Gefahr, überfahren zu werden.

297. Mehrere andere Neuerungen wurden mit eben so wenig Erfolg an anderen Fahrzeugen versucht. Man schlug vor, einen neuen Munitionswagen zu erbauen, dessen Räder gleiche Durchmesser als die beim Gribeauval'schen Munitionswagen hatten und dessen Unterbäume eben so hoch über der Erde lagen, der aber dennoch eine kürzere Lenkung zuließ. Der so gebaute Wagen war schwer und wenig haltbar und wurde augenblicklich aufgegeben.

Man machte noch Versuche, den Vorrathswagen, die Feldschmiede, die Festungs- und Küstenlaffeten zu modifiziren; aber alle Bestrebungen scheiterten bei den Versuchen.

298. Die Verbesserungs-Ideen richteten sich endlich auch auf das Brücken-Material. Die Ponton-Equipage wurde definitiv abgeschafft, und um die Ansichten, welche Gribeauval veranlaßten, sie beizubehalten, zu verwirklichen, errichtete man einen neuen Brückentrain aus Rähnen, welchem man eine hinlängliche Beweglichkeit geben wollte, um den Bewegungen einer Armee folgen zu können (290).

Der Brückenlahn vom Jahre XI ist nur 33 Fuß lang und ebenso ist er weniger breit und tief als der Kahn, dessen Stelle er ersetzte. Sein Gerippe ist von Eichenholz, seine Borde von tannenen Brettern und sein Gewicht beträgt nicht über 1500 Pfund. Die gebrochene Form seiner Wände, welche den Widerstand des Wassers vermindert, wurde beibehalten, indem man den Querschnitt aus zwei symmetrischen Trapezen zusammensetzte.

Zwei Langbäume verbanden das Vorder- und Hintergestell des Hakets; sie gingen durch Einschnitte im hintern Achsschemel und gestatteten so, wie beim Haket Gribeauvals, die Entfernung von Hinter- und Vorderwagen zu verändern; da aber die Langbäume nicht durch Streben gehalten wurden, so brachen sie oft an der Hinterachse. Ein anderer Fehler ihrer Einrichtung liegt in den Vorderrädern, deren Höhe bei der Feldartillerie nicht unter 3' 6" sein darf, während sie bei diesem Fahrzeuge bis zu 3' vermindert werden mußte, damit sie unter die Langbäume gehen konnten. Endlich wird nur der auf seinen Boden gelegte Kahn vom Haket fortgeschafft, die Balken und Belagdielen aber auf andere Fahrzeuge geladen.

299. Die im Jahre XI eingerichtete Brücken-Equipage war demnach keinesweges vollkommen und man errichtete später während der Kriege in Italien eine andere, die große Dienste leistete.

Die Länge des Kahns wurde bis auf 30' vermindert und das Haket erhielt Schwungbäume. Diese allgemeine Einrichtung, eben so einfach als die vorige, ist wirklich etwas weniger einfach als die Gribeauvalsche; allein sie gewährt den großen Vortheil einer hinlänglichen Haltbarkeit und einer guten Unterstüßung des Kahnes,

welcher übrigens auch hier die ganze Ladung des Fahrzeugs ausmacht.

Das Lenkscheit des Vorderwagens ist ein vollständiger Kreis, Kranz genannt, und die Räder können ungeachtet ihrer angemessenen Höhe unter die Schwungbäume laufen, wodurch die Wendung im möglichst kleinsten Raume gestattet ist.

300. Wir können demnach sagen, daß von allen Neuerungen, welche im Jahre XI entworfen oder selbst festgestellt wurden, nur das 6pfündige Kanon und die 24pfündige Haubitze beibehalten worden sind, und außerdem war es hierbei nöthig, ihre Laffeten aus dem System Gribeauval's zu vervollständigen, indem man ihnen die Proße des ehemaligen achtpfünders gab.

Es war aber von allen Fahrzeugen jenes Systems der Munitionswagen am mangelhaftesten und er zog daher die Aufmerksamkeit der Artillerie-Offiziere am meisten auf sich; deshalb erfannen sie seit dem Jahre XI verschiedene Mittel, um ihm einen größern Lenkungswinkel zu verschaffen. Man wandte unter andern einen ähnlichen Vorderwagen an, wie Gribeauval ihn für die nicht ins Gefecht gehenden Feld-Fahrzeuge bestimmt hatte und bei welchem der Spannagel hinter der Achse auf dem Lenkscheite steht. In Folge dieser Stellung des Drehpunktes beschreibt freilich das Vorderrad, welches bei der halben Wendung sich dem Obergestell nähert, einen größeren Kreisbogen, ehe es an den Unterbaum stößt und das Fahrzeug kann kürzer wenden (125); aber man fand bald, daß der neue Vorderwagen eine größere Zugkraft erforderte, und man mußte daher den Munitionswagen so beibehalten, wie ihn Gribeauval eingeführt hatte.

## **V i e r t e s   K a p i t e l .**

**Die Modificationen aus den Jahren 1816 bis 1824.**

301. Unterrichtete Offiziere, welche das Feldmaterial auf den Märschen und in den Schlachten der Feldzüge während des Kaiserreichs beobachtet hatten, wurden im Jahre 1816 zum Central-Comite der Artillerie berufen, und unter der Leitung der Generale dieser

Waffe mit dem Erforschen solcher Einrichtungen beschäftigt, welche in den Konstruktionen Gribeauval's eine größere Einfachheit, Festigkeit und Gleichförmigkeit bewirken könnten.

Die ersten Modificationen fanden an den Achsen und Rädern statt; denn sie haben auf die Bewegung der Fahrzeuge den meisten Einfluß, und die große Zahl der von ihnen vorhandenen Arten vervielfältigte den mitzunehmenden Vorrath viel zu sehr.

In Folge von Versuchen, welche mehrere Jahre dauerten und bei denen man auf die durch das Schließen, den Transport und die Temperaturveränderungen hervorgerufenen Wirkungen rücksichtigte, wurden die Abmessungen, die Formen und die Fabrikationsart der Achsen aufs neue bestimmt. Die 12- und 8pfündigen Lauffeten erhielten eine gemeinschaftliche Achse, und eine zweite Art wurde den Hinterwagen aller übrigen Feldfahrzeuge und sämtlichen Vorderwagen und Prozen gemeinschaftlich zugetheilt.

302. Die Räder erhielten weniger lange Naben (172), breitere, aber weniger hohe Felgen (56), vierzehn Speichen statt zwölf, und die Holzfasern der Speichen wurden am oberen Zapfen nicht mehr durchschnitten (171). Sie waren demnach haltbarer als die früheren und begünstigten das Fortrollen des Fahrzeuges. Die Zahl der Räderarten wurde übrigens bis auf drei vermindert, nämlich ein Rad für die eigentlichen Lauffeten, ein anderes für die Hinterwagen der übrigen Fahrzeuge und ein drittes für die sämtlichen Vorderwagen und Prozen.

303. In der Absicht, Ersparnisse zu machen, wurden Versuche angestellt, um zu erforschen, ob der Zug bei gußeisernen Buchsen eben so leicht sei, als bei bronzenen. Man fand, daß es bei vollkommen gut eingeschmierten Achsen ganz gleichgültig ist, ob das eine oder das andere Material angewandt wird, daß die Bronze aber vor dem Gußeisen den großen Vortheil gewährt, daß sie die Achsen weniger abnutzt, wenn sich die Flächen in beinahe trockenem Zustande reiben, wie dies oftmals im Felde eintritt. Man behielt demnach, ungeachtet der Preisverschiedenheit, die bronzenen Buchsen bei.

304. Statt des gemeinschaftlichen Vorderwagens aller nicht in das Gefecht gehenden Fahrzeuge (288) construirte man einen andern ähnlichen, aber leichteren und festeren. Das Lenkscheit wurde kürzer

gemacht (195) und die Holzfasern der Deichselarme weniger durchschnitten; man veränderte den Beschlag der Deichselspitze, welcher durch seine ganz fehlerhafte Einrichtung oft das Brechen der Deichsel selbst veranlaßte, und verminderte zur größern Einheit im Material die Zahl der Bracken- und Drtscheitarten.

305. Das Hintergestell des Parkwagens erlitt wenig Aenderungen; dies war aber nicht der Fall mit dem Vorrathswagen. Dies Fahrzeug ist im Felde sehr nützlich; durch seine Einrichtung eignet es sich zur Aufnahme aller Arten von Gegenständen und man kann es selbst nicht verhindern, daß Bagage darauf gelegt wird. Es ist demnach der Ueberladung ausgesetzt und mußte haltbarer gemacht werden. Deshalb erhielten die Unterbäume eine größere Höhe, und der Langbaum, durch welchen die Bewegung des Vordergestells auf das Hintergestell übertragen wird, wurde besser mit dem letztern verbunden. Im Uebrigen erlitten beinahe alle andern Holz- und Eisentheile in ihrer Form einige Modificationen.

306. Die Feldschmiede hatte eine geringe Beweglichkeit, und dennoch muß sie der Batterie=Reserve folgen; sie muß sich selbst schnell zu den Fahrzeugen begeben können, welche auf dem Marsche nothwendiger Reparaturen bedürfen. Man baute daher eine ganz neue Schmiede, jedoch mit Beibehaltung der allgemeinen Einrichtung Gribeauval's; sie wurde leichter als die ältere und konnte kürzer wenden. Diese Vortheile entsprangen hauptsächlich aus der Einführung eines andern Blasebalges, welcher, ungeachtet seiner kleineren Abmessungen, dennoch eben so viel Wind gab als der frühere. Dies gestattete, die Unterbäume zu verkürzen, sie zu erleichtern, sie näher zusammen zu stellen und die Stärke der größern Eisentheile zu vermindern.

Die Last wurde auf eine, das Fortrollen des Fahrzeuges mehr begünstigende Art vertheilt; ein einziger auf dem hinteren Theile des Fahrzeuges angebrachter Kasten enthält sämmtliche Werkzeuge, ein anderer auf dem vorderen Ende den Kohlenvorrath. Hieraus ergab sich ein angemessenes Verhältniß zwischen den auf die beiden Achsen stattfindenden Drücken (93) und eine leichtere Trennung des Vorder- vom Hinterwagen, zu welcher bei der Gribeauval'schen Schmiede acht Menschen erforderlich waren. Eben so verursachte

der zwischen den Bäumen fest angebrachte Kohlenkasten Fäulniß und beschädigte die anliegenden Theile, welchem Fehler durch seine neue Stellung abgeholfen ward.

Der Feuerheerd erlitt ebenfalls eine wesentliche Veränderung, welche dem Schmiede die Arbeit erleichterte. Endlich erhielten die größtentheils erleichterten Beschläge Formen, die sie zu ihren Funktionen mehr befähigten.

307. Es waren zu verschiedenen Zeiten so viele unfruchtbare Versuche zur Veränderung der Einrichtung des Munitionswagens gemacht worden, daß man beschloß, ihn beizubehalten; aber in seinen einzelnen Theilen fanden mehrere Veränderungen statt. Indessen erlitt der sehr leichte Vorderwagen nur hinsichtlich der Form seiner verschiedenen Theile Abänderungen. Die bemerkenswerthe betrifft den Schließhaken der Hemmkette, der dem Zerbrechen ausgesetzt und oft die Ursache war, daß die Kette aus dem Ringe ging. Man gab ihm eine größere Stärke, um die Erneuerung solcher unangenehmen Zufälle zu verhindern.

Beim Hinterwagen wurde die vertikale Stärke der Unterbäume vergrößert, und die Form von beinahe allen Beschlägen am Deckel, eben so wie die Verbindungsart der Eisenbleche mit einander verbessert, indessen ohne das Eindringen des Wassers in den Kasten verhindern zu können; ferner wurde der Schluß des Deckels sehr genau gemacht und endlich ein neuer, besser als der frühere befestigte Trageschenkel eingeführt, der durch ein in der ganzen Länge des Schenkels eingelassenes Achseisen verstärkt war (182).

308. Die beiden Feldhaubigen, welche sehr kurz waren, damit die Ladung mit der Hand eingeseßt werden konnte, hatten weder Genauigkeit im Werfen, noch hinlängliche Tragweiten und erforderten überdies wegen ihres geringen Gewichtes sehr massive Laffeten (150). Ja, die Laffete der sechsßölligen Haubige, welche noch ganz nach der Einrichtung Gribeauval's beibehalten worden war, hatte sogar eine hölzerne Achse. Man war demnach darauf bedacht, diese Geschützröhre durch andere zu ersetzen, welche den von fremden Mächten, namentlich von den Russen, angewandten langen Haubigen analog wären und eine größere Wirkung hervorbrächten.

Die neue 6zöllige Haubige erhielt das Gewicht des zwölfpfündigen Rohrs und die neue vier und zwanzigpfündige Haubige das

Gewicht des sechspfünders, damit die Laffeten dieser Geschütze für sie benutzt werden könnten, was übrigens auch ihre äußeren Abmessungen gestatteten. Sie wurden in Lens und Strassburg 1819 versucht.

Der hauptsächlichste Zweck dieser Versuche war die Bestimmung einer angemessenen Kammerform und der für die verlangten Wirkungen günstigsten Ladungen. Da aber die Haubiken wegen ihrer schweren Projectilen stärkere Percussionen als die Kanonen erzeugen mußten, so erachtete man es für nöthig, auch zwei neue Laffeten von größerer Stärke als die anderen in die Versuche mit aufzunehmen. Die Resultate stimmen genau mit den von uns aus der Theorie für die Gesamtform abgeleiteten Grundsätzen überein: die den wenigsten Widerstand leistende Laffete war diejenige, deren Masse am stärksten war (152) und bei welcher das Heben der Räder einem größern Schußwinkel entsprach (148). Uebrigens wurde weder die eine, noch die andere angenommen.

Späterhin, im Jahre 1821, ließ man durch die Schulen zwei andere Laffetenwände versuchen, die eine für das 12pfüde Kanon und die 6zöllige Haubike, die andere für das 8pfüde Kanon und die 24pfüde Haubike. Ihre allgemeine Einrichtung stimmte mit der der Gribeauval'schen überein, aber ihre Konstruktions-Verhältnisse beruhten auf Grundsätzen, die aus den zu Lens gemachten Versuchen abgeleitet waren.

309. Der untere Bruch der Laffeten wurde abgeschafft, weil er die Holzfasern unterbricht und demnach die Haltbarkeit verringert. Die Widerstandsfähigkeit war auch in anderer Art noch vermehrt worden: die Laffetenwände waren am ersten Bruche höher, obgleich man die Höhe an der Stirn vermindert hatte, um die Schildzapfen weniger hoch über die Achse zu legen. Hierdurch wurde die Seelenaxe des Rohrs dem Schwerpunkte des ganzen Systems näher gebracht und ein Vortheil gewonnen, an den man nicht gedacht hatte. Die Entfernung dieses Schwerpunktes von der Mittellinie der Achse war vermindert worden, weil der Punkt, wo die Höhe der Laffetenwände anfängt abzunehmen, näher an die Schildzapfeneinschnitte gelegt und der Laffetenschwanz an seinem Bruche weniger hoch gemacht war. Es war deshalb weniger Kraft nöthig, um den Laffetenschwanz zu heben und die Schildzapfen konnten ohne Nach-

theil lothrecht über die Achse zu liegen kommen. Demnach war kein Grund mehr vorhanden, beim Spfünder das Matschlager beizubehalten (283); aber es war nicht möglich, auch beim 12pfündigen Geschütz dies Lager, wie es doch nützlich gewesen wäre, abzuschaffen; indessen hinderte dies die Gesamtform der neuen Kassetten nicht, mit den Grundsätzen der Theorie im Einklange zu sein (148).

Endlich gab man den zur Befestigung des Ladezeuges bestimmten Beschlägen bei beiden Kalibern gleiche Formen, eine sehr wichtige Vereinfachung, und jeder Beschlag erhielt eine Form und Stärke, die seinen Funktionen weit angemessener war.

310. Für die Prozen, deren Anspannungsart man beibehielt, wählte man eine einfachere Einrichtung als die Griseauval'sche, welche zugleich die Trennung und Wiedervereinigung der beiden Fahrzeugtheile erleichterte. Die Verbindung von Vorder- und Hinterwagen lag nicht so hoch, weil das hölzerne Achsfutter abgeschafft war. Der Achsschemel, der auf diesem gelegen hatte, kam nun in die Längenebene des Fahrzeuges zu liegen; es erhielt einen Einschnitt zur Aufnahme der Mittelachse und die Deichselarme wurden vorne näher an einander gestellt; endlich wurde der Prohsattel kürzer und die Langtauhaken zum Umwickeln dieses Taaes wurden von ihrem Platze, wo sie der Bedienung hinderlich waren (294), nach der hintern Fläche des Prohsattels verlegt; hier konnten sie die Bedienungsmannschaft beim Auf- und Abprozen nicht mehr beschädigen, da die Deichselarme über sie hinausragten.

311. Durch die Abschaffung des sechspfündigen Kalibers, dessen man sich in den Kriegen während des Kaiserreichs bedient hatte (295), wurde die Zahl der Feldgeschütze auf vier beschränkt; denn das vierpfündige Geschütz wurde nicht wieder angenommen. Man hatte nur noch das 12- und Spfündige Kanon, die 6zöllige und 24pfündige Haubize und zwei Kassetten, zu welcher dieselben Räder, dieselbe Achse und dieselbe Proze gehörten. Dies waren ohne Zweifel große Schritte zur Vereinfachung und Gleichförmigkeit.

312. Man ging noch weiter und nahm eine Brückenequipage an, die eine Kommission von Pontonieroffizieren entworfen hatte. Der Brückenlahn ist etwas kürzer, als der der Armee von *Stalien*, denn seine Länge beträgt 9,4 Meter oder 29 Fuß. Seine Borde sind nicht gebrochen und wenn er deshalb auch etwas mehr beim

Fahren auf dem Wasser abtreibt, so ist er doch andererseits wiederum leichter zu bauen. Das Aufsteigen oder die Höhe der Steven ist nicht bedeutender, als gerade nöthig, um das Eindringen des aufgestauten Wassers zu verhindern. Die Vorderkaffe hat nur wenig Breite und ihre Neigung bringt den Widerstand der Flüssigkeit auf das Minimum; die Hinterkaffe dagegen hat, da sie das Wasser nicht zu durchschneiden braucht, eine weniget steile Unterflache und dieselbe Breite wie der Boden.

So ist die Form des neuen Brückenkahns einfach und dem Fahren auf dem Wasser günstig und bringt in Verhältniß zu seinen Abmessungen den kubischen Inhalt des verdrängten Wassers aufs Maximum. Außerdem liegt bei dieser Form der Schwerpunkt dem Hintersteven näher als dem Vordersteven und hieraus folgt, daß man das Haket so beladen kann, daß der Stangenreiter nicht mehr so weit von der Vorderachse entfernt ist. Nach denselben Grundsätzen wurde ein Ankerkahn konstruirt.

Das Gewicht des ausgetrockneten Brückenkahns beträgt 760 Kg. und wenn er einige Zeit im Wasser gewesen ist 800 Kg. Das Haket ist demnach mit ihm beinahe eben so schwer, als eine 8pfündige Kaffeete mit ihrem Rohr.

Das Haket hat Schwungbäume, wie das bei der Armee von Italien; aber es hat außerdem an seinem Ende eine Welle, die das Auf- und Abladen erleichtert. Die Räder und Achsen stimmen mit denen aller Park-Fahrzeuge überein (302). Was den Bordwagen anbelangt, so hat er sein rundes Lenkscheit behalten, weil seine Räder bei den halben Wendungen unter die Schwungbäume gehen müssen.

Der Brückenkahn liegt mit seinem Boden auf dem Haket. Diese Art des Aufladens ist in Frankreich stets gebräuchlich gewesen, weil sie einen kleinern Raum zwischen den obersten Felgen der Hinterräder erfordert und weil die Last des Kahns, wenn er wie ein Ponton umgekantet läge, das Fahrzeug leichter zum Umwerfen bringen und das ins Wasser Schaffen viel beschwerlicher machen würde.

313. Bei der Brückenequipage aus dem Jahre XI und bei der der Armee von Italien wurden die Balken und Bretter besonders fortgeschafft. Diese Ladung konnte auf den Vorrathswagen

wegen seiner unzureichenden Länge nicht placirt werden; man brachte sie ebenfalls auf das Haket und setzte sie aus 7 Balken und 18 Brettern zusammen, die ein Totalgewicht von 871 K<sub>g</sub>. ausmachten. Jeder Balken wird mittelst eines Aufhalters, der durch ihn geht und beweglich wie ein Vorreiber ist, festgehalten; die Bretter werden an beiden Enden durch Gatter und auf ihren langen Seiten durch vier eiserne Bügel befestigt. Es versteht sich, daß die Gatter entfernt und die Aufhalter niedergelegt werden, wenn das Haket mit einem Brückenkahn beladen werden soll.

Dies sind die von 1816 bis 1824 am Material vorgenommenen Veränderungen; es waren sämmtlich wirkliche Verbesserungen. Die Feldartillerie im Besonderen gewann hierdurch sehr. Nach den während einer langen Kriegserfahrung gemachten Beobachtungen modificirt, war sie unstreitig dem Werke Gribeauval als überlegen. Indessen genoß sie noch immer nicht vollkommen jede wünschenswerthe Beweglichkeit, und man fühlte, daß man zur Erreichung derselben, statt den Weg der Verbesserung einzuschlagen, für das System von 1776 ein neues einführen müsse. Von dieser Zeit an richtete das Central-Comite der Artillerie seine ganze Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand.

---

## Fünftes Kapitel.

### Das System des Jahres 1827.

Die Einrichtung eines neuen Kriegs-Materials ist stets eine bedenkliche Sache; sie wird aber noch viel bedenklicher, wenn man ein Material verwerfen will, dem man ebenso glänzende als zahlreiche Siege zu verdanken hat. Es ist daher angemessen, zu zeigen, wie man bei der Bildung des Systems von 1827 nicht unterlassen hat, in Prüfungen und Erörterungen einzugehen und Versuche anzustellen, wie man keine Mühe gespart und selbst kleine Bedenklichkeiten berücksichtigt hat. Dies werden wir durch die Aufzählung der Arbeiten erreichen, welche jenem Zeitpunkte vorangegangen sind.

### Vorbereitende Arbeiten.

Im Jahre 1819 wurde dem Comite ein Bericht über unsere Feldartillerie und über die Englische vorgelegt. Man bezeichnete in demselben den Gang, den man befolgen müsse, um die großen Veränderungen auszuführen, welche das Französische Material nothwendigerweise erleiden müsse, und man schloß diesen Bericht mit der Forderung, Vergleichs-Versuche mit drei Arten von Batterien anzustellen, wovon die eine nach dem Gribeauval'schen, die andere nach dem englischen und die dritte nach einem neuen Systeme, das modificirte englische genannt, erbaut wären. Diese Versuche wurden für fünf Artillerie-Schulen angeordnet und daselbst mit einem Zuge von jeder Art ausgeführt, welcher aus einem achtpfündigen Kanon, einer vier und zwanzigpfündigen Haubize und zwei Munitionswagen bestand. Ehe wir aber die Resultate dieser Versuche angeben, ist es nöthig, einen Begriff vom zweiten und dritten System zu geben.

314. Die Fahrzeuge der englischen Artillerie können als aus zwei an einander gehängten zweirädrigen Wagengestellen bestehend betrachtet werden. Das eine, das die Funktion des Vorderwagens erfüllt, hat bewegliche Gabelbäume, damit man, je nach den Umständen, in einer Reihe oder paarweise anspannen kann. Ueber seiner Achse stehen zwei kleine Kästen, von welchen jeder den achten Theil der sämtlichen Munition des Geschüzes faßt. Hinter derselben befindet sich ein sehr starker Beschlag, an welchen man die eigentliche Laffete oder das Hintergestell des Munitionswagens anhaft.

Die Laffete besteht aus zwei sehr kurzen Wänden, welche nur ein einziges Schildezapfenlager haben und durch einen Holztheil, der Block genannt, verbunden sind. Das andere Ende dieses Blockes ist als Schwanz ohngefähr wie die Laffetenwände Gribeauval's gearbeitet und an ihm sitzt ein eiserner Prohring, in welcher der Haken des Vorderwagens eingreift.

Auf dem Hintergestell des Munitionswagens stehen recht zweckmäßig zwei Kästen, der eine hinter der Mittellinie der Achse, der andere vor derselben. Auf der Mitte der Achse ist ein Block beset-

stigt, an dessen vorderem Ende ebenfalls ein Proktring angebracht ist.

315. Dies System besitzt gewiß eine große Einfachheit; aber hierauf beschränken sich seine Vortheile nicht, denn es treten noch andere entschieden hervor.

Da bei den Direktionsveränderungen die Vorderräder einen großen Bogen beschreiben, ehe sie an den Block des Hinterragens stoßen, so hat man sie eben so hoch als die Hinterräder machen und dennoch eine hinlänglich kurze Wendung beibehalten können (122). Demnach haben die Laffeten und der Munitionswagen nicht allein einen gemeinschaftlichen Vorderwagen, sondern auch dessen Räder. Aus der Gleichheit der Höhe aller vier Räder entspringt auch eine leichtere Fahrbarkeit; indessen gestattet die von den Engländern angewandte Anspannungsart nicht, diesen Vortheil ihres Systems vollkommen zu benutzen (113).

Der Haken, welcher in Stelle des Proknagels eingeführt ist, sitzt sehr niedrig, auch ist man nicht gehindert, sich ihm zu nähern, und der Proktring kann vollständig von der Bedienungsmannschaft gesehen werden. Da in der Laffete für jeden Schilbzapfen nur ein Lager vorhanden ist, und der Laffetenkasten fehlt, so ist das Gewicht des Laffetenschwanzes nur gering. Hieraus ergibt sich beim Auf- und Abprozen eine solche Erleichterung, daß die Fälle, wo das Langtau angewandt werden muß, sich nur auf eine sehr kleine Zahl beschränken, während man in der Französischen Artillerie sich desselben fortwährend bedienen mußte.

Alle zur Bedienung nothwendigen Kanoniere können auf den beiden Vorderwagen und dem Hintergestell des Munitionswagens fortgeschafft werden. In diesem Falle ist der Zug nicht beträchtlich schwerer als in dem Falle, wo die Laffete Gribeauvals mit dem Langtaue bewegt wird.

Endlich verleiht die Verbindungsart von Vorder- und Hinterragen, welche sich mit einem Kniegelenke vergleichen läßt, denselben eine vollkommene Unabhängigkeit von einander. Das Fahrzeug kann sich also leicht allen Gestaltungen des durchschnittlichsten Terrains anpassen und kein Hinderniß hält es auf (102 und 103). Es genießt überdies einer großen Stabilität, denn der Schwerpunkt der

Last liegt bei jedem Gestelle beinahe in der durch die Achse gelegten horizontalen Ebene.

So ist denn Alles vereinigt, um dem englischen Systeme, abgesehen von der Anspannungsart, eine unbegrenzte Beweglichkeit zu verleihen. Unglücklicherweise ist aber dieser glänzende Vortheil größtentheils auf Kosten des Motors erhalten worden, weil er durch die Anwendung der Gabeldeichsel und die Abschaffung des Lenkscheits gewonnen worden ist (32).

316. Die an dem englischen Material vorgenommenen Modificationen bezweckten die Beseitigung jener Fehler, welche die Anspannungsart mit sich bringt. In Stelle des Vorderwagens mit Gabeldeichsel wurde daher ein Vorderwagen mit Stangendeichsel und Lenkscheit eingerichtet. Dies Lenkscheit ist von Eisen, nach einem Kreisbogen gekrümmt und von unten nach oben beweglich. So gestattet es, sich dem Proghaken oder dem Munitions-Kasten zu nähern. Auch dem Blocke ist es nicht schädlich, da es sich gegen einen Beschlag stützt, mit dem die obere Fläche dieses Holzes belegt ist.

Durch die Annahme der Stangendeichsel wurde der Vorderwagen viel einfacher als der englische, ohne an Haltbarkeit zu verlieren, und beide Modificationen vereint gestatteten es, die Anspannungsart der Französischen Armee beizubehalten; allein durch die Annahme des Lenkscheits stellte sich wiederum die Abhängigkeit der beiden Wagengestelle von einander ein, und das Fahrzeug behielt nicht mehr jene Beweglichkeit, die es vor diesen Veränderungen besaß.

Die Paffete und der Munitionswagen der modificirten Artillerie sind einfach und fest gebaut; die Verbindungen sind leicht und gut entworfen, während bei dem englischen Material ihre Ausführung wegen ihrer Zusammengesetztheit sehr schwierig ist, ohne hinsichtlich der Haltbarkeit und der Dauer irgend einen Vortheil zu gewähren.

317. Es sollen nunmehr die allgemeinen Resultate der Vergleichs-Versuche gegeben werden, welche mit den drei verschiedenen Arten der Feld-Artillerie angestellt wurden. Die fünf Schulen waren sämmtlich der Meinung, daß dem englischen System der Vorzug vor dem Gribeauval'schen gebühre; eben so gaben sie hinsichtlich der leichten Anfertigung und der Dauerhaftigkeit dem

modifizirten System den Vorzug vor dem englischen; indessen schien es ihnen, als ob das Lenkscheit und die Art seiner Anlehnung gegen den Block beträchtliche Nachtheile herbeiführe.

Jene Schulen, mit Ausnahme einer einzigen, waren auch darüber einig, daß die Gabeldeichsel zu verwerfen und der Stangendeichsel der Vorzug zu geben sei. Was die Unterstüßungsart der Stangendeichsel anbetrifft, sei es nun mittelst eines andern Lenkscheites oder durch die Benutzung der Pferde zum Tragen der Deichsel, so waren die Meinungen von vier Kommissionen so sehr verschieden, daß man es für nothwendig erachtete, neue Versuche anzustellen.

318. Man führte mit vier an der Deichselspitze angebrachten Trägern Vergleichs-Versuche aus. Zur Schonung der Stangenpferde mußte man die Vorderbracke fortlassen und die Zugtaue der Mittelpferde an die Tawe der Stangenpferde befestigen (37). Die Träger bestanden aus einem leichten Holze, das rechtwinklicht gegen die Deichsel angebracht war. An jedem Ende befand sich ein eiserner Laufring, der sich in den unteren Theil einer Halskoppel (colleron) einhängte. Dies Koppel umgab den Pferdehals und lag auf dessen oberem Theile, wo es mittelst eines Rissens, das an dem oberen Theile des Zaumes befestigt war, festgehalten wurde. Die vier Träger unterschieden sich demnach nur nach dem Grade ihrer Einfachheit, ihrer relativen Leichtigkeit und nach der Art ihrer Verbindung mit der Deichsel.

Diese Anspannungsart mittelst Halskoppeln ist in einigen Gegenden Frankreichs üblich, besonders in der Normandie, wo man sie bei den zweirädrigen Fahrzeugen, welche Seefische verfahren, anwendet. Die in den Artillerieschulen angestellten Versuche bewiesen aber, daß wenn diese Anspannungsart auch auf guten Straßen bei mittelmäßigen Geschwindigkeiten keinen Nachtheil herbeiführt, dies bei schnellen Bewegungen des Fahrzeuges auf durchschnittenem Terrain oder bei schlechten Wegen nicht statt findet. Es wurden viele Pferde durch die Stöße und durch die Reibung des Rissens beschädigt. Man gab daher die Halskoppeln auf, ohne indessen auf die Deichselträger Verzicht zu leisten.

Eine andere Art wurde eingerichtet. Sie ist von Eisen und hat gebogene Arme, die sich in horizontaler Richtung bewegen

können. Beide Arme sitzen an einer Muffe (manchon), welche die Deichselspitze umfaßt und sich um dieselbe drehen kann. Die Laufringe haken sich in den untern Theil des Kummtes ein. Hierdurch werden die Stöße größtentheils vom Halse auf die Schultern und die Brust übertragen.

319. In Folge der letzten Versuche hatten sich indessen einige Schulen gegen jedes Mittel ausgesprochen, durch welches den Pferden das Tragen der Stangendeichsel zugemuthet würde, und ausgezeichnete Offiziere hatten den Wunsch geäußert, daß man einen Vorderwagen mit Gabeldeichsel einführen möge. Deshalb wurde noch ein Vergleichsversuch angestellt mit dem eisernen Deichselträger und den Gabelstangen (limonière-limon), wie man zwei an dem Vorderwagen angebrachte Hebel nannte. Von diesen dient der eine als wirkliche Stangendeichsel den Pferden zum Lenken und Aufhalten; der andere dagegen ist ein Gabelbaum, der unter dem rechten Ende der Hinterbrücke befestigt ist und mit dem ersteren eine vollständige Gabeldeichsel bildet, mittelst welcher das Handpferd den vorderen Theil des Fahrzeuges, wie beim englischer Anspannung, trägt. Diese Anspannungsart ist aber weit schlechter als die neue Einrichtung, weil bei jener dem Gabelpferde allein eine oft sehr schwere Arbeit aufgebürdet wird, an welcher bei dieser auch das Sattelpferd Theil nimmt.

Das Comité ernannte eine Special-Commission zur Beobachtung der Versuchs-Batterie während ihres Marsches. Diese Batterie ging im Monat November 1826 über Metz nach Straßburg und von da nach Paris zurück.

320. Da dieser Versuch entscheidend sein sollte, so mußte die Kommission ihre Aufmerksamkeit auch auf die Anwendung der Dreischnur bei der Bespannung in einer Reihe richten (36), so wie auf verschiedene vorgeschlagene Mittel, um den Proghaken zu verhindern, aus dem Prohringe herauszuspringen. Diese Mittel wurden versucht, weil die ersten Versuche der Schulen gezeigt hatten, daß bei der Ueberschreitung gewisser Hindernisse oder beim Umwerfen des Fahrzeuges sich der Schlüsselbolzen (chevillette) verbiegt, welcher die Verbindung des Vorder- und Hintergestells sichert, und dies war wirklich ein bedeutender Fehler, da in solchem Fall

das Abproben unmöglich und demnach das Geschütz ganz unthätig bleiben wird.

Auf den Bericht der Special-Kommission verwarf das Comité die Gabelstangen und führte den eisernen Deichselträger ein; dann wurde im Jahre 1827 die definitive Abschaffung des Gribeauval'schen Systems für die Batterie-Fahrzeuge von ihm vorgeschlagen und vom Kriegsminister bestätigt. Man führte statt jenes die allgemeine Einrichtung ein, welche nach den langen von den Offizieren der Artillerie-Regimenter selbst geleiteten Versuchen als die vortheilhafteste bezeichnet worden war.

Es war ein glücklicher und richtiger Gedanke, die Vergleichsversuche den Batterie-Offizieren anzuvertrauen. Die Reform war in dieser Art auf das Urtheil von Männern gestützt, welche das alte Material auf den Schlachtfeldern in Thätigkeit gesehen hatten und die berufen sein konnten, demaleinst ebendasselbst mit der neuen Artillerie aufzutreten.

Wir wollen hier nicht die Vortheile des Systems vom Jahre 1827 aufzählen: sie gehen vollständig aus den in unserem Werke enthaltenen Theorien und Erörterungen hervor, und sind übrigens im allgemeinen schon angedeutet worden (314 und 315). Indessen halten wir es für angemessen, schließlich eine flüchtige Beschreibung des neuen Materials zu geben; es wird sich hierdurch die Gelegenheit darbieten, die Veränderungen anzudeuten, welche in den nicht zur Feld-Artillerie gehörigen Abtheilungen vorgenommen worden sind.

### Das neue Material.

Es ist zweckmäßig, mit denjenigen Fahrzeugen zu beginnen, welche der Gegenstand aller vorbereitenden Arbeiten gewesen sind. Man wird hierdurch mehr in Stand gesetzt, die Gründe für mehrere Einrichtungen zu begreifen, und einzusehen, daß nur allein die Basis des jetzt bestehenden Materials von den Engländern entlehnt worden ist, daß aber alles übrige französischen Ursprungs und, wir müssen es sagen, den Einrichtungen unserer Nachbarn weit überlegen ist.

Wir behalten übrigens die Eintheilung bei, welche das Central-Comite für die verschiedenen Theile des Materials aufgestellt hat.

### Die Feld-Artillerie.

321. Die jetzigen Batterien führen noch vier Arten von Fahrzeugen: die Laffeten, den Munitionswagen, den Batteriewagen und die Feldschmiede. Für alle giebt es nur eine einzige Art Räder; denn die der Hinterwagen sind sowohl unter sich, als auch denen der Vorderwagen gleich. Dagegen sind zwei Arten von Achsen nöthig: die eine für die eigentlichen Laffeten, die andere für sämtliche Vorderwagen und für das Hintergestell der übrigen Fahrzeuge. Jedoch sind die Schenkel aller Achsen ganz gleich und nur die Mittelachsen verschieden, indem sie weder gleiche Abmessungen, noch ähnliche Formen haben, da auch die Kräfte, welchen sie ausgesetzt sind, weder mit gleicher Intensität, noch in denselben Richtungen wirken (184).

322. Durch die Abschaffung der Vorderbracke und der Ortscheite, im Verein mit der Einführung des eisernen Deichselträgers statt des Lenkscheites, ist der zu allen vier Fahrzeugen gehörige Vorderwagen außerordentlich einfach geworden. Seine einzige Bracke ist unter den Deichsel-Armen befestigt, damit die Höhe der Räder den Zugwinkel um so weniger verkleinert, und dieser erhielt hierdurch eine Größe von 6 bis 7° (113).

Die Verbindung von Vorder- und Hinterwagen liegt der Mittellinie der Vorderachse sehr nahe, und da die Richtung der bewegenden Kraft, so wie die Richtung des vom Hinterwagen ausgehenden Widerstandes beinahe durch dieselbe Mittellinie gehen, so erleiden die Drucke, welche sich auf die Räder und die Kummte der Pferde äußern, während der Bewegung so wenig Veränderungen als nur möglich (86 und 99).

323. Ein und dieselbe Laffete ist für die beiden Geschützröhre, das Kanon und die Haubize, einer Batterie bestimmt. Die Feld-Artillerie führt demnach nur zwei verschiedene Laffeten, die eine für das zwölfpfündige Kanon und die sechszöllige Haubize, die andere für das achtpfündige Kanon und die vier und zwanzigpfündige Haubize. Ueberdies hat man diejenigen Beschläge, welche

nicht von den Abmessungen der Geschützröhre oder von der Stärke der Holztheile abhängig sind, bei beiden Laffeten gleich gemacht.

Durch das Marschlager ging eine kostbare Zeit verloren und die Wände wurden geschwächt; es wurde sowohl beim zwölf- als achtpfündigen Kanon abgeschafft. Indessen ist die Last nichts desto weniger auf beide Achsen vortheilhaft vertheilt, indem dies durch die Menge der in dem Prozkasten enthaltenen Munition bewirkt wird.

Endlich ist der Schußwinkel, bei welchem die Räder anfangen, sich in die Höhe zu heben, beinahe derselbe, wie bei der Laffete Gribeauvals (148), ungeachtet ihrer ganz verschiedenen Einrichtung; da aber die neue Laffete leichter ist, so erleidet sie etwas schwächere Percussionen (152).

324. Es giebt nur eine Art von Munitionswagen für alle vier Kaliber und zur Fortschaffung der Infanterie-Patronen. Der Kasten des Hinterwagens ist in jeder Hinsicht dem des Vorderwagens gleich, und da drei Kanoniere auf dem Deckel sitzen können, so werden im Nothfalle sämtliche Bedienungsmannschaften durch die Fahrzeuge schnell fortgeschafft (232).

Am neuen Munitionswagen befindet sich hinten ebenfalls ein Vorrathsräd; um aber die Möglichkeit des Zerbrechens zu verringern (106), hat man an dem äußern Ende des Trageschenkels eine Kette befestigt, welche sich in ein T endigt; hierdurch ist dem Rade gestattet, auf den Schenkel hinaufzugleiten, und es wird manchen Zufällen vorgebeugt, welche die Anwendung eines Vorsteckers herbeiführen würde. Die Gränze des Spielraums ist indessen so weit beschränkt, daß das Rad seine frühere Lage wiederum annehmen kann, wenn das Hinderniß überschritten ist.

325. Der Batteriewagen und die Feldschmiede sind nach demselben System wie der Munitionswagen gebaut. Diese beiden Fahrzeuge sind demnach, wenn man den Einfluß der Belastung nicht berücksichtigt, eben so beweglich und besitzen außerdem alle diejenigen einzelnen Theile des Munitionswagens, welche für ihre besondere Bestimmung passen.

Man führte zuerst einen Batteriewagen mit einem Wagenkasten ein, der mit einem runden, aus gefirnishter Leinwand bestehenden Deckel versehen war; sein innerer Raum wurde aber

balb für nicht groß genug und der Deckel als nicht haltbar befunden, weshalb man im Jahre 1833 einen neuen Batteriewagen von doppelt so großem innern Raum erbaute.

Sein Boden und die Seitenwände bestehen aus nicht an einander stehenden Brettern. Eine Decke hat er dagegen nicht, weil ein dauerhafter Deckel ihn zu schwer und oft unbequem machen würde. Das Handwerkszeug und die kleineren Ausrüstungsgegenstände werden in ihm in Kisten verpackt, und sollen Geschirrstücke oder andere gegen den Regen zu sichernde Gegenstände transportirt werden, so erhält er einstweilen eine gefirniste Leinwanddecke, welche in der Art geschnitten und angebracht ist, daß sie ein dreieckiges Dach bildet. Dieses Dach unterstützt eine Firrstange (*perche faitière*) mit zwei eisernen Stützen, die um ein Paar in der Vorder- und Hinterwand des Fahrzeuges angebrachte Drehböden beliebig aufgestellt und niedergelassen werden können. Soll aber das Fahrzeug nicht bedacht werden, so legt man die Firrstange längs den rechten Oberbaum, wo sie nicht hinderlich ist. Man begreift wohl, um wie vieles besser diese Einrichtungen sind, als die der Grisebaualschen Vorrathswagen (285).

326. Die neue Feldschmiede hat alle die Einrichtungen, welche bei der im Jahre 1821 erbauten die Arbeit erleichtern (306) und sie sind selbst noch vervollkommnet. Indessen ist der Kohlenkasten wieder auf seinen frühern Platz unter das Blasebalgrohr gestellt worden; da er aber aus Eisenblech gefertigt ist, so kann er weder Fäulniß noch Beschädigungen veranlassen. Das Handwerkszeug, die Vorrathsbeschläge und die Ausrüstungsgegenstände werden in den Kasten auf dem Vorderwagen und in einen hinter der Hinterachse gestellten kleineren Kasten vertheilt (287). Der letztere kann fortgenommen werden; unter ihm liegt ein Brett, welches dem Schlosser als Werkisch dient, eine Neuerung, deren Vortheil ersichtlich ist.

327. Fassen wir Alles zusammen, so sind die neuen Batterie-Fahrzeuge einfach und dauerhaft und ihre Form verleiht ihnen, im Verein mit ihrer allgemeinen Einrichtung, die möglichste Beweglichkeit. Indessen leisten die Laffeten beim Schießen nicht so großen Widerstand als die früheren, was aus der Verbindung ihrer Wände mit dem Blocke, aus dem Loche, in welchem die Richt-

schraube sitzt, und aus den Löchern herrührt, in welchen die Bolzen der Schraubenmutter liegen. Eben so muß man eingestehen, daß die jetzige Anspannungsart (37) schlechter ist als die Gribeauval'sche (33).

Man hat schon viele Mittel als Ersatz für den Deichselträger vorgeschlagen; bei den Versuchen bewährten sie sich indessen alle nicht, und sie mußten vernünftigerweise verworfen werden. Es ist ersichtlich, daß man, um die frühere Anspannungsart wieder einführen zu können, mehr als ein Berührungsstück zwischen Vorder- und Hinterwagen anbringen muß und daß dann sogleich ihre Unabhängigkeit von einander aufhört. Indessen darf man hoffen, daß dereinst eine gemischte Einrichtung aufgefunden wird, welche es gestattet, willkürlich entweder den beiden Fahrzeugtheilen oder den Pferden diese Unabhängigkeit zu verleihen.

328. Der Parkwagen, welcher sowohl zum Feld- als zum Belagerungs-Park gehört, hat keinen Block wie die Batterie-Fahrzeuge. Durch die große Länge einiger auf ihm fortzuschaffenden Gegenstände war man genöthigt, ihm eine ganz andere Einrichtung zu geben; denn die Länge dieser Gegenstände bestimmt die Länge der Unterbäume. Wenn man nun den Block beibehalten hätte, so hätten die Unterbäume nicht bis zum Befestigungspunkt **B** des Streichblattes, an welches eines der Vorderräder bei der halben Wendung anstößt, reichen dürfen (Fig. 29). Die Entfernung der Achsen von einander hätte demnach um die Größe  $AC+BC$ , d. h. um den Abstand der Vorderachse vom Streichblatte, vergrößert werden müssen (123).

So haben dienstliche Rücksichten und die Wichtigkeit einer leichteren Fahrbarkeit (108) die Einrichtung des Parkwagens nach dem alten System geboten, jedoch ist die Einrichtung des neuen Vorderwagens dem von Gribeauval eingeführten durchaus nicht gleich: sie gewährt mehr Leichtigkeit. Die runde Reibeschiene (195) unterstützt den Hinterwagen bei den Direktionsveränderungen weit besser als früher der Achsschemel; der Spannmagel steht hinter der Vorderachse, so daß der größtmögliche Lenkungswinkel erlangt wird (126); dessen ungeachtet hat man zur Erreichung eines angemessenen Lenkungswinkels ein weniger hohes Rad einführen müssen als bei den Batterien. Im Uebrigen hat man so viele Theile dieser

Fahrzeuge benutzt, als irgend möglich war; ihre Bracke und Vorderachse gehören auch dem Parkwagen an, nur liegt die Bracke auf den Deichselarmen, weil der Zugwinkel bei ihrer Anbringung unter den Armen zu groß geworden wäre, da die Räder niedrig sind (113). Die Abmessungen der Räder, die nicht von ihrer Höhe abhängen, sind den correspondirenden Abmessungen der anderen Räder gleich, mit Ausnahme der beiden größten Durchmesser der Nabe; da die Differenz aber nur 0,01 Meter beträgt, so würde man sie ganz beseitigen können, wenn sie nicht festgesetzt worden wäre, um den Ausschuß von Hölzern zu vermindern.

Was die Deichsel anbetrifft, so muß sie größeren Widerstand leisten, als bei den übrigen Fahrzeugen, da sie durch die Abhängigkeit der Wagengestelle von einander größeren Kräften ausgesetzt ist, sowohl bei den Wendungen als im durchschnittenen Terrain.

Es wäre möglich gewesen, beim Parkwagen das Angespann Gribauals einzuführen, weil der Vorderwagen eine Gegenstütze hat; auch das Geschirr hätte so bleiben können wie es war; aber man hielt es für einen geringern Vortheil, den Pferden ihre ganze Freiheit zu belassen, als bei dem neuen Fahrzeuge ebenfalls die Vorderbracke abzuschaffen.

Der Hinterwagen ist von mehreren Fehlern befreit, welche die Modifikationen des Jahres 1821 nicht hatten beseitigen können (305). Die Sprossen der Seitenwände, welche sehr bald beschädigt wurden und manche fortzuschaffende Sachen verdarben, sind durch Bretter ersetzt, und statt des im Spannriegel angebrachten Proglöches hat man eine eiserne Dese eingeführt, die zwischen zwei starken Riegeln befestigt ist, auf welche sich die Wirkung des Zuges vertheilt. Hierdurch ergiebt sich, außer einer größeren Haltbarkeit, auch mehr Freiheit für die Bewegungen der Deichsel. Uebrigens sind die Achse und die Räder dieselben wie bei den Batterie-Fahrzeugen.

### Die Belagerungs-Artillerie.

329. Das speziell zu den Belagerungen bestimmte Material besteht aus den Laffeten, dem Sattelwagen und der Karre. Es giebt zwei Arten von Laffeten, die eine für das vier und zwanzig-

zigpfündige Kanon und die neue achtzöllige Haubize, die andere für das sechszehnpfündige Kanon. Da die Ladung dieser Fahrzeuge, mit Ausnahme der Karren, sehr schwer ist, so war es zweckmäßig, sie wie die Batterie-Fahrzeuge mit einem Block zu versehen, damit alle vier Räder gleiche Durchmesser erhalten könnten und die Fahrbarkeit, ohne Beschränkung des Lenkungswinkels, begünstigt würde. Durch die Abmessungen der Röhre wurde man hierin nicht gehindert, und ebenso war die für die Ladung des Sattelwagens nöthige Länge klein genug, daß weder die Unterbäume über das Streichblatt vorzugreifen brauchten, wie dies bei den Bäumen des Parkwagens hätte geschehen müssen (328), noch auch die beiden Achsen zu weit auseinander gehalten werden mußten.

Wenn nun auch hierdurch die Einführung des Blockes motivirt wurde, so ging wiederum die Unabhängigkeit des Vorder- und Hinterwagens von einander verloren. Glücklicherweise wurde durch die Verzichtleistung auf diese Unabhängigkeit kein Nachtheil herbeigeführt, weil diese Fahrzeuge niemals durchschnittenes Terrain zu passiren haben. Der Block ruht deshalb auf einem Achsschemel, der über der Vorderachse liegt, und eine Gegenstütze hält die Deichsel in ihrer Lage. Diese Einrichtung gestattete die Anwendung einer Vorderbracke und die Anspannungsart Gribeauvals; um aber die Nachtheile der Drtscheite zu vermeiden (36), hat man diese selbst bei der Hinterbracke fortgelassen.

330. Die beiden Laffeten und der Sattelwagen haben einen gleichen Vorderwagen. Er hat dieselbe Einrichtung wie der Vorderwagen des Parkwagens, welches Fahrzeug ebenfalls zum Belagerungspark gehört (328). Der Spannnagel geht durch die Gegenstütze; hieraus ergiebt sich Einfachheit, ein größtmöglicher Lenkungswinkel und Erleichterung der Manöver de force, bei welchen ein Lenkscheit hinderlich gewesen wäre. Indessen wird die Deichsel durch den Gegendruck des Hinterwagens nicht hinlänglich gehalten: sie würde sich senken, wenn das Fahrzeug nicht beladen wäre, und noch mehr, wenn das Geschütz in seinem Schiefslager läge, wenn man, bei der Unmöglichkeit die Stabilität stets durch die Konstruktionslinien zu sichern (96 und 97), der Neigung des Spannnagels nicht ein Hinderniß entgegengesetzt hätte. Der Spannnagel

der Kaffeten wird durch das Proßloch selbst in vertikaler Stellung erhalten, indem dies nach vorne nicht erweitert ist; der Spannnagel des Sattelwagens dagegen wird durch einen eisernen Bügel, Deichselhalter genannt, aufgehalten. Hieraus folgt aber, daß mehrere Theile des Vorderwagens und namentlich der Spannnagel selbst, manchmal sehr großen Kräften ausgesetzt sind.

331. Die Einführung kurzer, mit einem Block verbundener Wände ist auch hinsichtlich der Beschaffungskosten vortheilhaft gewesen; denn es war schwierig, die zu den früheren Wänden erforderlichen Bohlen aufzufinden.

Die Schildzapfenlager haben keine ganzen Unterspannen, indem die Erfahrung bewiesen hat, daß die von Gribeauval provisorisch eingeführten halben Unterspannen (277) den Percussionen beim Schießen hinlänglich widerstanden.

Das Richten geht leicht und sicher von statten, weil eine ähnliche Schraube, wie beim Feldgeschütz, statt der früheren Keile eingeführt ist; indessen werden diese Keile bei der Haubige, welche nicht so lang ist als das 24pfündige Kanon, auch ferner noch gebraucht.

Durch die Form der oberen Fläche der Wand läßt sich das Manöver, das Kanon aus den Schießlagern in diejenige Lage gleiten zu lassen, bei welcher die Last angemessen auf beide Achsen vertheilt ist, einfach ausführen. In dieser Marschlage ruht das Rohr mit dem Bodenstücke auf einem Kissen, welches durch zwei Bolzen mit dem Blocke verbunden ist, und mit dem Langenfelde auf dem vordern Ende des Blockes, welches über der Achse liegt. Zwei Gränzbolzen (*chéville arrêtoir*) verhindern das weitere Vorgleiten des Rohrs, die Neigung der Wände das Gleiten nach hinten, und außerdem machen diese Wände jede drehende Bewegung des Rohrs um die Seelenaxe unmöglich, obgleich sie nicht das geringste Gewicht tragen.

Endlich ist die hölzerne Achse durch eine eiserne ersetzt worden, und diese hat ein hölzernes Achsfutter bekommen, damit das Rohr in angemessener Höhe zu liegen kommt (204); die Durchmesser der Nabe konnten vermindert werden; die Räder sind leichter geworden, und da das Fahrzeug nun alle Bedingungen des leichten Fortrollens

erfüllte, so brauchte man kein besonderes Fahrzeug zum Transport der Belagerungs-Geschütze einzurichten.

Die Konstruktions-Verhältnisse der Laffeten selbst sind denen der Gribeauval'schen Laffete gleich geblieben, welche auch in Hinsicht auf die Widerstandsfähigkeit beim Schießen nichts zu wünschen übrig ließ. Was den Rücklauf anbetrifft, der wegen der geringeren Widerstände beim Fortrollen sich vergrößern mußte, so hat man durch Versuche ermittelt, welche Lage das Schildzapfenlager gegen den Laffetenschwanz erhalten müsse, wenn die rückgängige Bewegung nicht über die Länge der früheren Bettung hinausgehen sollte.

Uebrigens gehört zu beiden Laffeten, so wie zum gemeinschaftlichen Vorderwagen, dasselbe Rad und dieselbe Achse, und alle Beschläge, welche weder von den Abmessungen des Rohrs, noch von denen der Holztheile abhängen, sind bei beiden Fahrzeugen gleich.

332. Kein Artillerie-System kann eines besonderen Transportmittels für die in ihren Laffeten liegenden Mortiere entbehren, und dennoch war dasselbe im Gribeauval'schen System eigentlich nicht vorhanden. Der im Jahre 1825 eingerichtete Sattelwagen erfüllt vollkommen die Erfordernisse seines besonderen Dienstes, und seine allgemeine Einrichtung ist der der Laffeten analog. Deshalb hat man ihm den Vorderwagen, die Achse und die Hinterräder dieser Fahrzeuge geben können, wodurch seine Fahrbarkeit vergrößert wird. Auch besitzt er eine sehr große Haltbarkeit, welche man den vier Unterbäumen verdankt, die durch zweckmäßige Anbringung von eisernen Schienen vereinigt werden. Endlich erleichtert eine hinten angebrachte Winde das Auf- und Abladen in dem Maße, daß nur wenige Mannschaften zu diesem Manöver erforderlich sind.

Wir dürfen nicht unterlassen anzuführen, daß man den neuen Sattelwagen sehr leicht zum Transport schwerer Geschosse einrichten kann und wenn es Noth thut, auch zum Transport von Kanonen und Haubitzen.

So zeigt denn jetzt der wesentliche Theil des Belagerungs-Materials viel Gleichförmigkeit, Einfachheit und eine Beweglichkeit, welche manche große Schwierigkeit beim Angriff der Festungen

beseitigen wird. Die Hinterwagen lassen sich sogar vermöge des Blockes sehr leicht mit den Armen fortschaffen, wie es die Bewaffnung der Batterien sehr oft verlangt (207).

333. Die Karre ist zum Trancheedienste durchaus nothwendig; sie ist kurz, damit sie sich in den Zickzack leicht wenden läßt; sie ist leicht und faßt nur so viel Ladung, daß zwei Pferde das Total-Gewicht leicht ziehen können. Diese Pferde werden neben einander gespannt, damit ihre Beschirung und Führung denen der andern Fahrzeuge gleich ist (31).

Die neue allgemeine Einrichtung weicht von der ältern wenig ab; aber die Formen der einzelnen Theile sind im allgemeinen einfacher, besonders die der Räder, als den Haupttheilen der Karre. Die Seitenwände bestehen noch aus Leiterbäumen und Sprossen, jedoch sind diese Sprossen jetzt cylindrisch, statt daß sie früher vierseitige Prismen bildeten, die wegen ihrer Kanten aufsprangen. Es wäre hinsichtlich der Dauer besser gewesen, wenn man, wie bei den Parkwagen, Bretter angewendet hätte, allein man fürchtete wahrscheinlich, die Karre zu schwer zu machen.

Das Rad und die Achse endlich sind denen der übrigen Fahrzeuge gleich.

### Die Festungs- und Küsten-Artillerie.

334. Das Material der Festungs- und das der Küsten-Artillerie, welche früher verschieden waren, bildet jetzt bloß ein einziges. Dies ist eine große Vereinfachung, indessen ergab sie sich von selbst, weil die Bedingungen, denen die Laffeten beider Dienstzweige beim Schießen genügen müssen, durchaus identisch sind (220).

Es war ganz natürlich, die allgemeine Einrichtung der neuen Laffete so zu bestimmen, daß man alle Einrichtungen, welche man bei den beiden ältern Laffetenarten für gut anerkannt hatte, in der neuen vereinige. So erhielt sie denn die Räder der frühern Festungs-Laffete, um beweglich zu sein; so liegt sie auf einem Rahmen mit Blockrädern, wie die frühere Küsten-Laffete, um ein weites Schussfeld und ein schnelles Richyten zu gewähren, und da die Räder mit den Naben auf den Schwellen des Rahmens aufliegen, so vertreten sie die Stelle der frühern Walzen (281), und

bewirken, daß der Rücklauf so beschränkt ist, wie ehemals bei den Küsten-Batterien.

Es war aber nothwendig, die Zielfläche zu vermindern, welche dem feindlichen Feuer durch die vollen Seitenwände der Gribeauval'schen Laffete dargeboten wurde. Deswegen besteht jede der neuen Laffetenwände aus einem wenig geneigten Ständer (montant) und einer Strebe (arc-houtant), die zwischen sich einen leeren Raum lassen und ein umgekehrtes V bilden. Zuerst wurden sie einfach durch Riegel und ein hölzernes Achsfutter verbunden; die Erfahrung bewies aber bald das Ungenügende dieser Verbindung der verschiedenen Theile, und man war zum Anbringen einer starren hölzernen Steife (tirant) genöthigt, die mit ihrem vordern Ende im Achsfutter und mit dem hintern in dem Riegel zwischen den Streben befestigt wurde. Wenn die Laffete hierdurch ihre anfängliche Einfachheit verlor, wenn sie selbst zusammengesetzter wurde als die abgeschaffte Festungs-Laffete und sich schwieriger anfertigen läßt, so gewann man in allen andern Beziehungen so sehr, daß man ihr eine große Superiorität einräumen muß. Denn sie erfüllt beinahe alle die zahlreichen Bedingungen von Nr. 215 vollständig; ihr Schussfeld ist größer als bei der älteren Laffete, ihre Festigkeit hat sehr gewonnen, der Risikoschuss ist ihr nicht so schädlich, der Rahmen nimmt, sowohl in der Länge als in der Breite, einen geringeren Raum ein, und die mit dem Rohr versehene Laffete läßt sich viel leichter auf oder von demselben schaffen.

So viele Vortheile entspringen aus der Bauart, aus der durch die Form hervorgegangenen Leichtigkeit, aus der Einführung der eisernen Achse statt der großen hölzernen und aus der vereinfachten Bettung.

335. Der Festungs- und Küstendienst verlangen drei Laffeten, weil man die 24pfündigen, 16pfündigen und 12pfündigen Geschütze gebraucht. Diese drei Laffeten aber unterscheiden sich nur in ihren Abmessungen; sie haben denselben Rahmen, dieselbe Achse, gleiche Räder und gleichen Vorderwagen, welcher mit dem Vorderwagen der Fahrzeuge übereinstimmt. Dieser Theil des Materials bietet demnach alle nur mögliche Einfachheit und Gleichförmigkeit dar.

336. Eben so besteht im Festungs- und Küstenmaterial nur ein einziger Triquebal. Sein Mechanismus besteht aus einer Winde; ihre Handhabung ist weder gefährlich, wie der Hebelsarm des gewöhnlichen Gribeauval'schen Triquebals, noch leidet sie während des Transports, wie die Schraube (280); die Widerstände sind bei ihr geringer als bei der letzten Maschine, und ihre Hebebäume gestatten überdies, die Kraft nach Bedarf zu vergrößern.

Der Wellbaum besteht aus Eisen, damit der hauptsächlichste Widerstand einen sehr kurzen Hebelsarm erhält; die Zapfen werden durch Pfannendeckel auf gußeisernen Welllagern festgehalten, welche durch Bolzen mit dem hintern Achsfutter verbunden sind. Um den Wellbaum können sich zwei Hebelmuffen (*hoites à levier*) bewegen, die außerhalb der Zapfen liegen; man stellt sie nach einander durch Dorne fest, welche durch zwei gußeiserne Scheiben gehen, die auf dem Wellbaume sitzen. Eine Einfallklinke verhindert die Last, zurückzufallen, und zwei Ketten, die an dem Sperrrade befestigt sind, ersetzen die Stelle der früheren Taue sowohl beim Aufwinden als bei der Befestigung der Last.

337. Man konnte die beim Fortrollen des Fahrzeuges entstehenden Widerstände dadurch vermindern, daß man dem Hinterwagen des Triquebals die eiserne Achse der Belagerungs-Laffete gab; allein die Nothwendigkeit, die Last unter dem Fahrzeug anzubringen, damit bei der Handhabung wenig Menschen und wenig Zeit erfordert werden, bedingte die Einführung eines neuen Rades, dessen Radius so groß sein mußte, als die größte Höhe, auf welche die obere Fläche der Last zu heben ist. Uebrigens besteht das Hintergestell aus einem einfachen Blocke, der durch zwei Arme mit dem Achsfutter verbunden ist, auf welche die Hebebäume gelegt werden können.

338. Man bedurfte eines besondern Vorderwagens, damit der Block während des Transports in horizontaler Lage verbliebe und das Fahrzeug, ungeachtet der großen Entfernung beider Achsen von einander, sich nach den Biegungen der Straßen wenden ließe. Der Prognagel steht hinter der Vorderachse auf einem kleinen Schemel und ein eiserner Kranz (*rond*) bildet das Lenkseit; diese Theile ruhen auf zwei schrägen Armen, welche den Deichselkeil

zwischen sich schließen. Um aber den Kranz auf eine angemessene Höhe zu bringen, war man gezwungen, ein Achsfutter mit dar- über liegendem Achsschemel anzuwenden. Es weicht also die allge- meine Einrichtung dieses Vorderwagens durchaus vom neuen Sy- steme ab; sie nähert sich selbst der von Gribeauval bei seinem Vorderwagen eingeführten; um indessen so wenig als möglich den Grundsatz der Gleichförmigkeit zu überschreiten, wandte man die Achse, das Rad, die Deichsel und die Bracke vom Vordergestell des Parkwagens an.

339. Wir halten es für angemessen, auch vom Hebezeuge zu reden, um keinen wichtigen Theil des Materials zu übergehen. In der Gribeauvalschen Artillerie bestanden zwei Maschinen die- ses Namens, das eine Feld-Hebezeug, das andere Festungs-Hebe- zeug genannt. Das erstere ließ sich weit leichter auseinander nehmen als das andere und konnte deshalb ohne weitere Schwie- rigkeiten auf den Vorrathswagen fortgeschafft werden. Hierin bestand ihr ganzer Unterschied; da er aber durch Beschläge herbeigeführt wurde, so war das Gewicht des Feld-Hebezeuges be- trächtlicher.

In der neuen Artillerie besteht nur ein einziges Hebezeug; es läßt sich leicht auseinander nehmen und dennoch machen seine Ver- bindungen es eher dem Festungs- als dem Feld-Hebezeuge ähnlich. Es hat vor beiden den Vortheil, daß die Handhabung sicherer und leichter von statten geht. Früher konnte sich die Ruthe bei einer schweren Last plötzlich von den Schenkeln trennen, jetzt ist dies unmöglich; denn ein starker eiserner Splintbolzen verbindet die Ruthe mit dem oberen Theile, wenn die Maschine gebraucht wird. Die Zapfen des Wellbaumes der früheren Hebezeuge bestanden aus Holz und hatten deshalb einen großen Durchmesser; die Zapfen des neuen sind von Eisen und drehen sich in eisernen Pfannen, die mit kupfernen Ringen gefüttert sind.

Man versucht gegenwärtig in den Schulen ein Hebezeug, das nach den bei der Triquebal-Maschine angewandten Grundsätzen eingerichtet ist (336). Die Handhabung mit demselben ist sehr leicht, allein vielleicht hindert sein Gewicht seine Einführung; über- dies würden die Ketten bei dem Armiren der Festungen nicht unter allen Umständen passend sein.

Folgendes sind übrigens die Bedingungen, die das Hebezeug der Artillerie nach unserer Meinung erfüllen muß. Der Mechanismus darf weder beim Transport noch durch die während der Handhabung statt findenden Stöße leiden; deshalb kann man kein Räderwerk einführen. Man muß mehr die Ersparung an Zeit, als an bewegender Kraft berücksichtigen; denn Leute fehlen niemals, aber oft muß die Arbeit schnell vor sich gehen. Man sollte also nicht dahin streben, den Hebelsarm des hauptsächlichsten Widerstandes recht klein zu machen, vielmehr sollte man gerade das entgegengesetzte Ziel zu erreichen suchen, damit die Last schneller auf- und nieder steigt. Endlich muß man die beiläufigen Widerstände fortzuschaffen und die unvermeidlichen zu vermindern suchen, damit die Handhabung erleichtert wird und dann rasch vor sich geht.

### Die Gebirgs-Artillerie.

- 340. Die Verschiedenheit der Art des Transports bewirkt einen so großen Unterschied zwischen dem Material der Gebirgs- und dem der Feld-Artillerie, daß beide keine gemeinschaftlichen Theile haben können (237), und da sich Gribeauval mit jener gar nicht beschäftigt hatte, so mußte man erst Versuche anstellen, um die zweckmäßigste Einrichtung und die besten Formen zu ermitteln. Sie fanden im Jahre 1817 in Toulouse mit der Gebirgs-Artillerie verschiedener Mächte statt.

Die gesammelten Beobachtungen bewirkten später die Annahme eines einzigen Geschüzes, nämlich einer 12pfündigen Haubize, deren Gewicht die Ladung eines Maulthieres nicht überschreiten darf und daher 100 Kg. betrug. Ebenso durfte die Laffete dies Gewicht nicht überschreiten. Man gab ihr eine den Feld-Laffeten analoge Gestalt und ihre Gesamtsform wurde in der Art festgesetzt, daß das System, ungeachtet seiner Leichtigkeit, beim Schießen unter kleinem Winkel keiner solchen Hebung ausgesetzt ist, die sein Uberschlagen zur Folge haben könnte. Die Munition mußte in Kisten von solchen Abmessungen verpackt werden können, daß zwei derselben höchstens 100 Kg. wogen.

Der Haupttheil der Gebirgslaffete besteht in einem einzigen oder in zwei zusammengefügtten Hölzern (244). Ihr vorderer Theil ist angemessen ausgehöhlt, um die Haubize aufzunehmen; er trägt

die Schilbzapfen und gestattet unter allen nöthigen Winkeln sowohl über als unter den Horizont zu richten. Diese einzige Laffetenwand ist auf einer hölzernen Achse befestigt (182); die Räder sind nur 0,94 Meter hoch; das Geleise ist wegen der schmalen und eingeschnittenen Wege der Gebirgsländer höchstens halb so breit als bei den anderen Fahrzeugen (114), und endlich gestattet ein Hemmseil (163), den Rücklauf noch mehr zu beschränken, als dies bereits durch die Reibung der hölzernen Achse geschieht.

Die Länge, welche die Gebirgslaffete in Berücksichtigung ihrer Schußverhältnisse erhalten mußte, wird beim Transporte auf dem Rücken sehr hinderlich, indem der über den Sattel ohne weitere Unterstüzung nach hinten vortretende Block Schwingungen erleidet, welche die Beschädigung des Maulthiers herbeiführen können. Deshalb dachte man daran, den Laffetenschwanz so einzurichten, daß er sich auf die Wand zurücklegen ließe; doch wurde diese Neuerung nicht angenommen.

341. Es wurde anfänglich festgesetzt, daß während der Märsche die Haubize und ihre Laffete stets getrennt auf dem Rücken der Maulthiere fortgeschafft, dagegen bei den Bewegungen im Gefechte stets zusammengesetzt von der Bedienungs-Mannschaft fortgezogen werden sollten. Später erkannte man aber die Nothwendigkeit, ein Mittel zu besitzen, vermöge dessen das Maulthier auch zum Ziehen benutzt werden könnte, und man richtete deshalb eine Gabelbeichsel ein, die sich einfach und fest mit dem Laffetenschwanz verbinden läßt.

Der Transport der Gebirgslaffete als zweirädriges Fahrzeug ist indessen nur auf nicht sehr steilen Abhängen und bei wenig hervortretenden Unebenheiten zulässig: bei stark geneigten Böschungen dagegen würde der größte Theil des Total-Gewichts in einer der bewegenden Kraft entgegengesetzten Richtung wirken (67) und dies Gewicht ist doppelt so groß, als die Ladung eines Maulthieres, und ein nur 6 Zoll hohes Hinderniß würde eine größere Zugkraft als jenes Gewicht erfordern (49). Aus diesem Grunde hat wahrscheinlich das Central-Comite der Artillerie, als es im Jahre 1826 vom Kriegsminister über die Einführung einer Munitions-Karre befragt wurde, in seinem Rapport folgende Stelle aufgenommen:

„Mit Ausnahme der mit dem Rohr beladenen Laffete, welche in gewissen Verhältnissen vortheilhafter gezogen als getragen werden kann, müssen alle Gegenstände der Gebirgs-Artillerie von den Maulthieren auf dem Rücken fortgeschafft werden.“

342. Die Saumsättel, wie sie in den Ländern, wo Krieg geführt wird, gebräuchlich sind, können zu den Kisten gebraucht werden; denn diese Ladung weicht nicht wesentlich von derjenigen ab, welche gewöhnlich den Maulthieren aufgelegt wird; für die Haubize und ihre Laffete dagegen bedarf man eines besondern Sattels, dessen Form und Abmessungen sich nach diesen Gegenständen richten. Um die vortheilhafteste Form auszumitteln, wurden Versuche angestellt und demnach zwei Arten von Sattelbäumen eingeführt, der eine für die Alpen, der andere für die Pyrenäen.

Die äußere Form ist für beide dieselbe, da sich die Ladung nicht ändert; ihre Verschiedenheit liegt daher in den Theilen, die sich dem Maulthiere anschließen und wirklich sind die Thiere in beiden Gegenden sehr verschieden.

343. Die Gebirgs-Schmiede ist auch bei den Kavalerie-Regimentern eingeführt. Ihre einzelnen Theile und das Handwerkszeug sind in zwei besonderen Kisten enthalten, die nur in ihrer innern Eintheilung verschieden sind. Beide Kisten werden auf ein Maulthier geladen, und zwischen ihnen, in der Mitte des Sattels, der lederne Beutel mit dem Kohlenvorrath.

#### Die Brücken-Equipage.

344. Der Brückenkahn vom Jahre 1821 (312) wurde beibehalten; man theilte ihm aber sieben Balken zu, um die Beladung eines Pakets zu bilden. Hieraus ergibt sich ein Total-Gewicht von 2180 Kg., welches nur sehr wenig mehr ist als 2138 Kg. oder das Gewicht eines zwölfpfündigen Rohrs mit seiner Laffete und der Proge. Es steht also die Brücken-Equipage hinsichtlich ihrer Beweglichkeit mit einer zwölfpfündigen Batterie gleich, während man im Jahre 1821 annahm, sie müsse eben so beweglich sein, wie eine achtpfündige Batterie.

Die Belagbretter werden jetzt zu sechs und dreißig Stück auf den Batteriewagen geladen, wodurch dies Fahrzeug ein Total-Gewicht von nur 1871 Kg. erhält. Demnach ist die Zahl der Ge-

spanne um ein Drittel und die der Hakets um die Hälfte vermindert (313). Es war in der That zweckmäßig, die Anwendung dieses Fahrzeugs zu beschränken; denn man muß mit ihm sehr vorsichtig fahren, weil der Schwerpunkt der Ladung sehr hoch über dem Erdboden liegt (95) und Vorder- und Hintergestell sehr weit auseinander stehen (107). Wenn man aber vielleicht glaubt, die Vereinfachung der Brücken-Equipage sei auf Kosten der nothwendigen Beweglichkeit ausgeführt, so müssen wir bemerken, daß ein solcher Fehler, so zu sagen, unmöglich wäre in einer Zeit, wo man sich vor Allem bestrebt, der Artillerie die Mittel zu verleihen, um alle Operationen einer Armee unterstützen zu können.

345. Da man aber die Ladung des Hakets vom Jahre 1821 vergrößert hatte, so mußte man diesem Fahrzeuge hierzu auch hinlängliche Festigkeit verschaffen und die nöthigen Mittel, um die Ladung zweckmäßig anbringen zu können.

Die Schwungbäume sind unterhalb durch drei Querhölzer mit einander verbunden und vor oder hinter der Hinterachse, sowie vor der Vorderachse durch eiserne Streben befestigt; sie ruhen auf vier Stützen, welche je zwei und zwei durch ein Paar Riegel verbunden sind. Die vorderen Stützen stehen lothrecht auf dem Lenkschemel, die anderen auf dem Achsfutter. In dieser ganzen Vorrichtung ist keine überflüssige Festigkeit, weil ein Fahrzeug, dessen Achsen sehr weit auseinander stehen, Erschütterungen erleidet, die bald die Verbindungen zerstören und selbst das Zerbrechen des Fahrzeugs herbeiführen.

Die Balken liegen auf den Querhölzern und bilden ein Lager, auf welchem der Boden des Rahms ruht und welches beinahe um die Höhe der Hinterräder über dem Erdboden liegt. Hieraus folgt, daß die Räder die eisernen Gränzblätter nicht beschädigen können und daß die Vorderräder bei den Wendungen nicht aufgehalten werden, bevor sie nicht die Schwungbäume erreicht haben, wie es doch beim Haket von 1821 geschah, wenn die an ein und derselben Achse befindlichen Räder nicht mehr in gleichem Niveau standen.

346. Das neue Haket konnte weder das Vordergestell des Batteriewagens erhalten, noch auch das der Schmiede, welche ebenfalls zur Brücken-Equipage gehört; denn man mußte diejenigen Bedingungen erfüllen, welche die Einrichtung des Vorderwagens

beim Triquebal bestimmen (239 und 338). Aber auch dieser letztere eignete sich nicht für das Haket; denn bei ihm ist die Entfernung der Bracke von der Vorderachse nicht größer als der Halbmesser der Vorderräder (194), weil die große Länge des Fahrzeuges nicht unnöthigerweise vermehrt werden soll; dagegen muß beim Haket durch diese Entfernung der Fahrer so weit nach vorne gebracht werden, daß er vom Kahn nicht belästigt wird, welcher um ein beträchtliches über den Lenkschemel vorsteht. Man bedurfte deshalb eines besondern Vorderwagens, obgleich durch seine Einführung die Einfachheit und Gleichförmigkeit des neuen Materials beeinträchtigt wurde.

Der Spannnagel steht über der Achse; denn da die Räder unter die Schwungbäume laufen, so wäre es unnöthig gewesen, ihn weiter zurückzustellen. Auf dem hintern Theil der Deichselarme liegt ein eisernes kreisförmiges Lenkscheit und auf dem Achsfutter ein Achsschemel, welcher dem Lenkschemel zur Unterstüzung dient.

Die allgemeine Einrichtung ist also dieselbe wie bei dem Gribeauval'schen Vorderwagen; die hohe Lage der Schwungbäume mußte diese Ähnlichkeit mit sich bringen, wie dies auch schon bei dem Langbaum des Triquebals geschehen war. Indessen besitzt der Vorderwagen des letztern Fahrzeuges bei weitem nicht die Einfachheit des Vorderwagens des Hakets (338).

Es war zweckmäßig, das Lenkscheit während der Bewegung auf gerader Linie nur wenig rechts und links vorspringen zu lassen und zugleich mußte die Deichsel bei den Richtungsveränderungen gut unterstüzt werden. Man erfüllte diese beiden Bedingungen, indem man dem Hinterwagen einen halben eisernen Kranz gab, der an sein Ende mit dem Lenkschemel verbunden ist und von zwei stehenden Holzern gehalten wird. Diese sind mit einem vierten Quertholze verbunden, welches, wie die drei andern, unter den Schwungbäumen liegt und die feste Verbindung dieser Haupttheile ganz sicher stellt. Durch diese Einrichtungen erhielt das neue Haket vor dem Haket vom Jahre 1821, dessen Kranz durch eine zusammengefechtete Vorrichtung gehalten wurde, beträchtliche Vorzüge.

347. Vorder- und Hintergestell des Hakets haben dieselbe Achse wie die Feld-Fahrzeuge und dieselben Räder wie der Parkwagen.

Auch seine Deichsel und Bracke sind beim Haket eingeführt, denn die Anspannungsart ist bei beiden Fahrzeugen dieselbe (328).

Endlich sind die Verbindungen sehr haltbar und die Flächen aller Theile eben. Die geschweiften Holzflächen, welche man bei den Luxuswagen findet und die man auch beim Haket vom Jahre 1821 in beträchtlicher Menge eingeführt hatte, die aber keinesweges ein Zeichen der Haltbarkeit sind, haben den großen Nachtheil, daß sie die Anfertigung künstlicher und mithin die Kosten größer machen; überdies trat hierdurch eine Ungleichheit in den Formen der Brücken- Equipage und der übrigen Artillerie ein.

Im Ganzen genommen sind die Einrichtungen des neuen Hakets, wie die aller übrigen Fahrzeuge vom Jahre 1827, einfach und gut erdacht und obgleich sie keine Vorrichtung zum Auf- und Abladen mitgebracht haben, so ist doch das Aufladen des Brückenkahns auf den Haketwagen, so wie das Abladen von demselben, wenn beide Theile des Hakets getrennt sind, keine schwere Operation mehr. Auch das Auf- und Abprogen läßt sich ungeachtet des großen Gewichts der Ladung leicht ausführen, denn man braucht nur unter das vordere Querholz einen Balken zu legen und sechszehn Mann an denselben anzustellen.

---

Aus der vergleichenden Prüfung der verschiedenen Systeme hat man entnehmen können, daß jene großen Veränderungen, welche in der Geschichte der Artillerie Epoche machen, durch die Fortschritte in der Kriegskunst erheischt wurden. Das Ziel, das man sich beim Material setzte, war immer das, was bereits von den anderen Truppen erreicht worden war: ein Fortschritt in der Schnelligkeit der Bewegungen. Bei den Fahrzeugen hing dieser Fortschritt sowohl von der Verminderung des Total-Gewichts als von der Vervollkommnung ihrer Einrichtungen ab. Die Erleichterung war von Hause aus von Gribeauval, so zu sagen, auf den höchsten Punkt getrieben worden; für die Einrichtungen dagegen hatte er noch viel zu thun übrig gelassen, obgleich sein System bei weitem besser war, als alle früher vorhandenen, und man darf behaupten, daß die Beweglichkeit der Artillerie erst seit dem Jahre 1827 vollkommen zu nennen ist.

Im Jahre 1776 war nur das Feld-Material vervollkommen worden; beim neuen Systeme dagegen hat man alle Artillerie-Dienst-

zweige beinahe auf gleiche Stufe der Vollkommenheit gebracht. In diesem System entspricht nicht nur die allgemeine Einrichtung allen Erfordernissen, sondern es herrscht in ihm auch eine Gleichförmigkeit und Gefälligkeit der Formen, eine außerordentliche Einfachheit, welche durch die Verminderung der verschiedenen Fahrzeugarten und ihrer Theile so weit getrieben ist, als dies nur irgend zulässig erscheint, und eine große Haltbarkeit, als die unentbehrlichste aller Eigenschaften, welche ein vorzügliches Material besitzen muß. Es reicht wirklich nicht hin, daß die Fahrzeuge sich leicht fahren lassen, und daß nur wenige und leicht unterzubringende Vorrathsfachen vorhanden sind, sondern es ist noch sehr wichtig, daß eine Artillerie-Kolonne nur in sehr seltenen Fällen durch nothwendige Reparaturen aufgehalten oder ein Geschütz in Unthätigkeit versetzt werde.

Indessen muß man es noch einmal wiederholen: die Anspannungsart der Batterien, welche auch auf die der übrigen Fahrzeuge der Feldartillerie einwirkt, erfüllt durchaus noch nicht alle Bedingungen. Nicht daß wir es für möglich hielten, eine bessere zu erfinden, welche den beiden Gestellen eine vollkommene und fortwährende Unabhängigkeit von einander gestattet; wir glauben nur, daß diese Unabhängigkeit, welche für die in die Schlachtlinie rückenden Fahrzeuge durchaus nothwendig ist, es nicht in gleichem Grade für die Reserve- und Park-Fahrzeuge sei, d. h. für zwei Drittel der Armeefahrzeuge, daß es sonach vortheilhaft sein dürfte, eine gemischte Anspannungsart einzuführen, welche gestattete, entweder den beiden Gestellen oder den Pferden] diese Unabhängigkeit willkürlich zu nehmen oder zu verleihen (327). Es würde hierdurch das Material ohne Zweifel etwas zusammengesetzter werden; jedoch scheint es, als ob die Schonung und Erhaltung der Motoren die geringe Beschwerlichkeit vollständig ausgleichen würde, welche durch die Theile verursacht würde, die man in die bestehenden Einrichtungen aufnehmen müßte.

---

## Vergleichs-Tabelle

(nach Lehmann's Maß- und Gewichtstafeln).

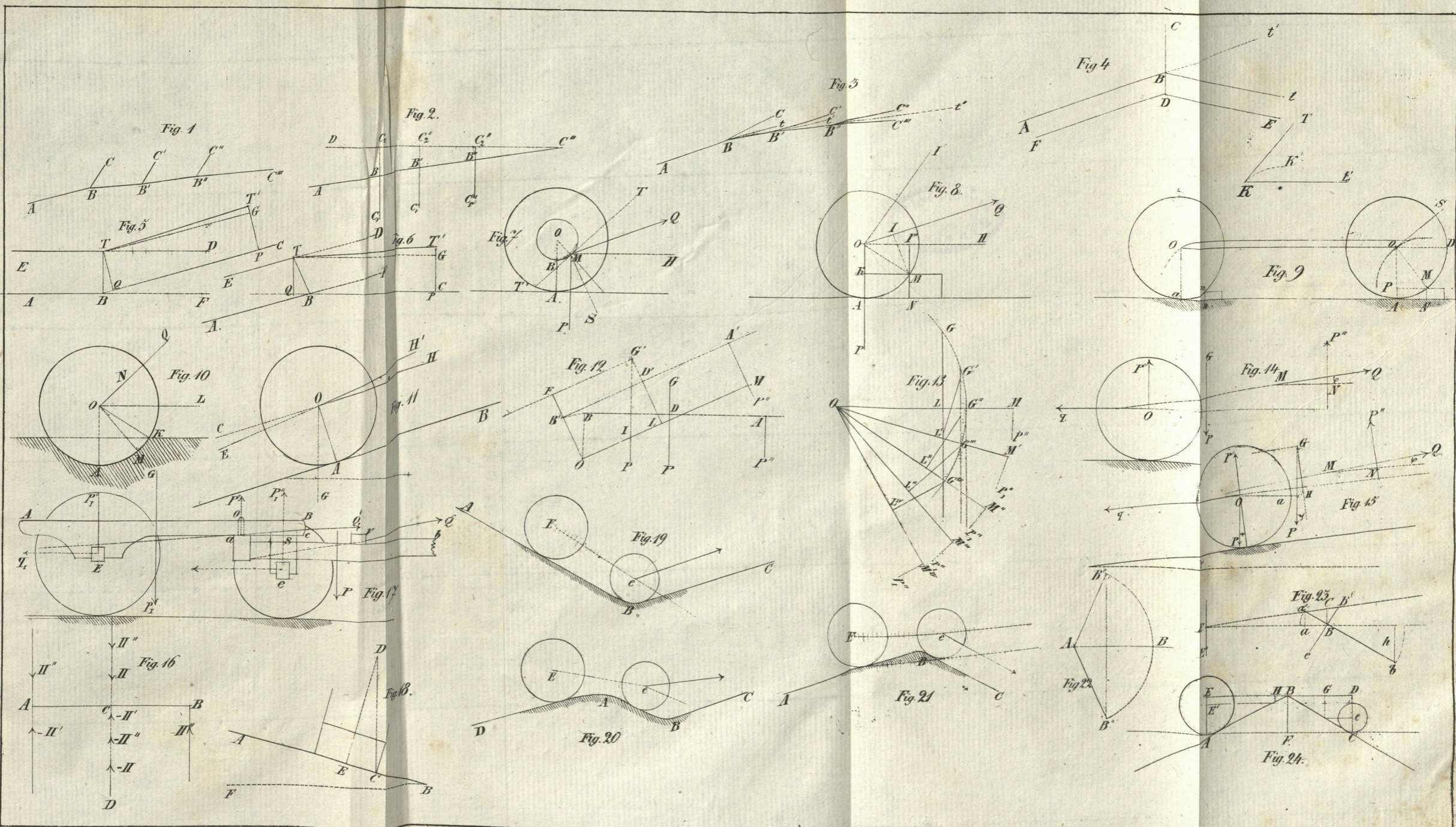
Ein Meter gleich	Ein Kilogramm gleich
3,409968 Berner Fuß	1,785709 Bayerische Pfund (neues)
3,504315 Braunschweiger Fuß	2,000000 Badener " "
3,457846 Bremer =	2,139275 Braunschweiger Pfund
3,412594 Calenberger =	2,006014 Bremer Pfund
3,333333 Carlstrüher Werkfuß	2,002694 Dänische Pfund
3,509865 Casseler Werkfuß	2,141631 Dresdner =
3,476831 Eöllner Fuß (alter)	2,205096 Englische " (avoir du poids)
3,333333 Darmstädter Fuß (neuer)	2,042873 Französische Pfund (poids de marc)
3,530325 Dresdner Fuß	2,064577 Hamburger Pfund
3,436402 Durlacher Werkfuß	2,042473 Hannöversche =
3,280514 Englischer Fuß (foot)	2,065151 Hessen-Casseler = (Han- dels-Gewicht)
3,078444 Franzöf. pied du roi	2,000000 Hessen = Darmstädter Pfund (neues)
3,476831 Gothaer Fuß	2,062920 Lübecker Pfund
3,490519 Hamburger =	2,064762 Mecklenburg = Schwe- riner Pfund
3,424721 Hannöversche Fuß	1,960937 Nürnberg. Artill. Pfund
3,436402 Lübecker =	2,064577 Oldenburger Pfund
3,436402 Mecklenburger =	2,138089 Preussische =
3,426309 Münchener =	1,785678 Wiener =
3,415223 Nürnberger Artill.-Fuß	2,142116 Weimarsche =
3,373637 Oldenburger Fuß	2,138154 Würtemberger Pfund (neues)
3,186199 Rheinländische Fuß	2,128751 Züricher Pfund zu 32 Loth
3,490519 Stuttgarter Fuß	
3,546367 Weimarsche =	
3,163530 Wiener =	
3,318083 Züricher =	

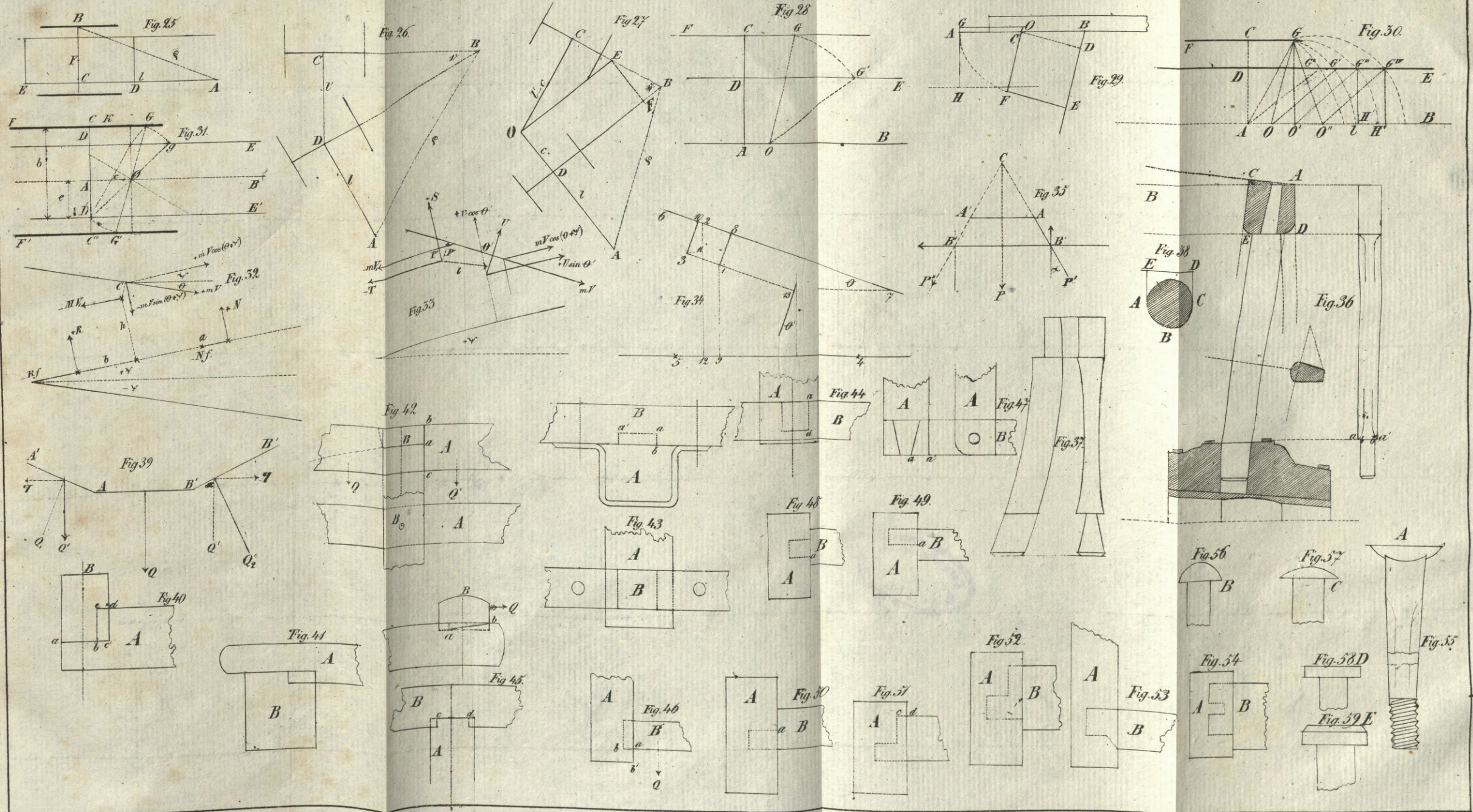
## Berichtigungen:

- Seite 10 Zeile 14 von oben statt „über den Gegenstand“ lies „über diesen Gegenstand.“
- = 42 = 6 = unten =  $C'''B$  lies  $C'''B''$ .
- = 43 = 4 = oben = nimmt lies bestimmt.
- = 46 = 3 = unten =  $\angle l'T'D$  lies Winkel  $T'D$ .
- = 58 = 1 = unten = weier lies zweyer.
- = 78 = 13 = oben = 
$$P a \cos \psi - (d + b) \sin \downarrow$$
 lies  

$$P \frac{a \cos \downarrow - (d + b) \sin \downarrow}{l}$$
- = 79 = 2 = unten =  $\sin \downarrow = \frac{2a(d+b)}{a^2 + (d+b)^2}$  lies  $-\frac{2a(d+b)}{a^2 + (d+b)^2}$
- = 93 = 14 = oben =  $rf' \alpha \left( P \frac{l'+a}{l'} + P \frac{a'}{l'} \right)$  lies  

$$rf' \alpha \left( P \frac{l'+a}{l'} + P_1 \frac{a'}{l'} \right)$$
- = 98 = 3 = oben fehlt hinter der Gleichung (VI).
- = 100 = 9 = oben statt 59 lies 5q.
- = 103 = 12 = oben =  $P_1$  lies  $P_1'$ .
- = 104 = 1 = oben =  $-Q_1 \frac{d''-d}{l'}$  lies  $-Q_1 \frac{d''-d''}{l'}$
- = 104 = 9 = unten =  $d'$  lies  $d''$ .
- = 106 = 17 = oben =  $P'$  lies  $P_1'$ .
- = 110 = 9 = oben =  $\frac{PP'}{l}$  lies  $\frac{PP'}{l}$
- = 113 = 8 = unten =  $\frac{l' s_2}{P_1}$  lies  $\frac{l' s_2}{P_1}$
- = 117 = 1 = oben = achse lies axe.
- = 117 = 12 = oben =  $-\frac{c}{l}$  lies  $-\frac{c}{l'}$
- = 119 = 9 = unten = Rotationsachse lies Rotationsaxe.
- = 121 = 8 = unten = desgleichen.
- = 126 = 13 = oben =  $AR$  lies  $AB$ .
- = 139 = 1 = unten =  $(l - \cos y)$  lies  $(1 - \cos y)$ .
- = 147 = 7 = unten =  $\sqrt{(b-e^2) + (k-c)^2 - e'^2 - e(k-c)}$   
lies  $\sqrt{(b-e)^2 + (k-c)^2 - e^2 - e(k-c)}$
- = 156 = 15 = oben statt Seelenachse lies Seelenaxe.
- = 157 = 6 = oben = Achse lies Axc.
- = 158 = 17.25. = oben = Achse lies Axc.
- = 158 = 2 = unten = Seelenachse lies Seelenaxe.
- = 160 = 15. 9. 3. 2. 1. von unten statt Achse lies Axc.
- = 168 = 2 von oben statt  $fr'$  lies  $fp'$ .
- = 169 = 2 = unten = (2) ~~(6)~~ lies (2) — (6).
- = 192 = 3 = unten = Speichen lies Reifen.







29004/2

