

deutet:  $Ka = Rb$ , da hier das Glied  $\varphi Rc$  für beide Hebel entgegengesetzte Vorzeichen annimmt. Soll durch diese Vorrichtung an dem Halbmesser  $CG = r_1$  ein constanter Druck  $P$  ausgeübt werden, so hat man aus der Gleichung  $Pr_1 = 2\varphi Rr_2$  die Größe von  $R$  und  $K$  zu bestimmen, woraus die an dem Handrade  $F$  anzubringende Kraft sich nach den im fünften Capitel über die Schrauben enthaltenen Regeln bestimmt.

§. 177. **Wagenbremsen.** Zu den Badenbremsen gehören auch die sogenannten Schleifzeuge der Fuhrwerke und die Bremsvorrichtungen der Eisenbahnwagen. Bei den Straßenfuhrwerken dient die Bremse hauptsächlich dazu, beim Bergabfahren die aus der Gewichtskomponente des Fuhrwerkes resultierende überschüssige Zugkraft zu neutralisiren, während die Bremsen der Eisenbahnwagen vorzugsweise dazu verwendet werden müssen, die in einem Zuge vorhandene Geschwindigkeit in kurzer Frist ganz oder theilweise zu vernichten. Ist im ersteren Falle der Neigungswinkel der Straße gegen den Horizont durch  $\alpha$ , das Gewicht des Wagens durch  $G$  bezeichnet, und bedeutet etwa  $P_1$  die zur gleichförmigen Bewegung des Fuhrwerkes erforderliche Zugkraft, welche bei der immer nur geringen Neigung der Straße wenig verschieden sein wird von der auf horizontaler Bahn erforderlichen Zugkraft, so ist der gedachte Ueberschuß

$$P = G \sin \alpha - P_1,$$

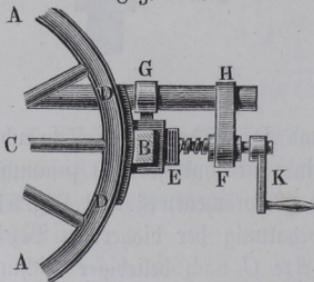
welcher durch das Schleifzeug aufzuheben ist. Da die an den Rädern erzeugte Reibung  $F$  auf einem Wege überwunden wird, welcher gleich der Fortbewegung des Wagens ist, so hat man

$$\varphi R = G \sin \alpha - P_1$$

zu machen.

Ein gewöhnliches Schleifzeug für Straßenfuhrwerke zeigt Fig. 711. Hier ist  $B$  ein quer hinter den beiden Hinterrädern  $AA$  weggehender Balken, welcher mit Hilfe der Schraube  $EF$  und der Kurbel  $K$  mit den eisernen oder hölzernen Bremsbacken  $DD$  gegen die Radreifen  $A$  gepreßt wird. Hiervon sind die Bremsvorrichtungen der Luxuswagen wesentlich nur dadurch verschieden, daß die Schraube an dem Kutscherbocke angebracht ist, um dem Führer bequem zur Hand zu sein, und daß die Bewegung der Schraubenmutter durch geeignetes Hebelwerk auf die Bremsbacken über-

Fig. 711.



tragen wird. Anstatt das Anpressen der Bremsbacken durch Menschenhand zu bewirken, hat man dazu auch den Zug der Pferde \*) an den Aufhaltern A,

Fig. 712.

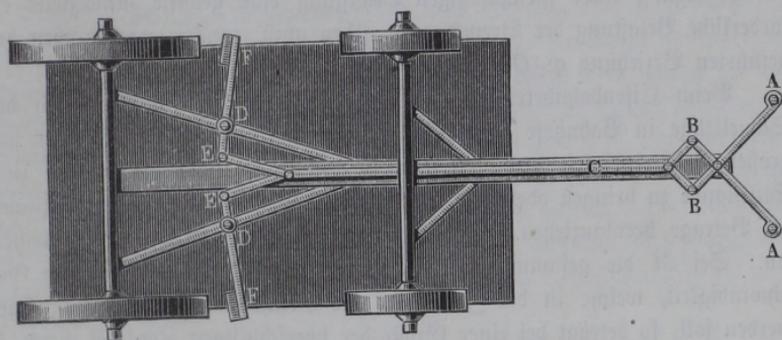


Fig. 712, beim Bergabfahren benutzt, indem durch die Hebel  $AB$  und die Zugstange  $C$  die beiden Hebel  $EF$  um  $D$  gedreht und die Bremsbacken  $F$  gegen die Räder gedrückt werden.

Beim Anpressen der Bremsbacken gegen die Hinterräder (die Vorderäder werden wegen der Drehbarkeit des Vordergestells nicht gebremst), wird eine mit dem Bremsdruck  $R$  zunehmende Reibung erzeugt, wobei zunächst die Räder ihre rotirende Bewegung noch beibehalten. Letzteres wird aber nur so lange dauern, bis die zwischen den Bremsbacken und Radreifen stattfindende Reibung zusammen mit der an den Axzapfen auftretenden Zapfenreibung einen Betrag erreicht, welcher gleich derjenigen gleitenden Reibung ist, die bei dem Schleifen der am Drehen verhinderten Hinterräder auf der Straße dortselbst eintritt. Jede weitere Vergrößerung von  $R$  durch ferneres Anziehen der Bremse wird nämlich diesen letztgedachten Zustand herbeiführen. Während daher bei der im vorigen Paragraphen gedachten Bremse der zu erzeugende Widerstand beliebig groß gemacht werden konnte, ist bei dem Bremsen der Fuhrwerke die äußerste Grenze des Bremswiderstandes von vornherein festgestellt. Bezeichnet  $G_1$  die Belastung der gebremsten Ase und  $\varphi_1$  den Coefficienten der gleitenden Reibung zwischen dem Radfranze und der Bahn, so ist durch

$$\varphi_1 G_1 = F$$

das Maximum des durch die Bremse erreichbaren Widerstandes gegeben. Es würde somit durch Bremsen selbst aller Räder eines Fuhrwerkes oder Wagenzuges eine Beschleunigung desselben nicht vermieden werden können, wenn die Neigung der Bahn den zugehörigen Reibungswinkel überschreiten würde. Hier-

\*) S. Knight's American Mechanical Dictionary.

aus erkennt man schon, daß die Wirkung des Bremsens bei einem Eisenbahnzuge wesentlich von der Anzahl der gebremsten Axen und der auf denselben ruhenden Belastung abhängen wird, und daß es für eine bestimmte Bahnneigung zur Erzeugung einer gleichmäßigen Bewegung eine gewisse mindestens erforderliche Belastung der Bremswagen geben muß, welche aus der oben angeführten Beziehung  $\varphi_1 G_1 = F$  zu ermitteln ist.

Beim Eisenbahnbetriebe ist es vielfältig, z. B. beim Einfahren der Schnellzüge in Bahnhöfe oder bei Unfällen, eine Nothwendigkeit, einen mit großer Geschwindigkeit bewegten Zug in thunlichst kurzer Zeit ganz zum Stillstande zu bringen oder doch seine Geschwindigkeit bis zu einem bestimmten Betrage herabzuziehen. Dieser Fall läßt sich in folgender Art beurtheilen. Sei  $M$  die gesammte bewegte Masse des Zuges und  $v$  dessen Geschwindigkeit, welche in der Zeit  $t$  auf die Geschwindigkeit  $c$  zurückgeführt werden soll, so beträgt bei einer Größe der überschüssigen Zugkraft gleich  $P$  und der Reibung gleich  $F$  während des Bremsens die Verzögerung des Zuges per Secunde

$$p = \frac{F - P}{M}.$$

Es muß daher, um in  $t$  Secunden die Geschwindigkeit um den Betrag  $v - c$  zu ermäßigen,

$$v - c = pt = \frac{F - P}{M} t$$

sein. Hierin ist unter  $P$  die überschüssige Zugkraft, d. h. die Größe verstanden, um welche die Zugkraft die durchschnittlichen Widerstände der Zapfenreibung zc. übersteigt. Wird der Dampfzufluß von der Maschine abgeschnitten, so hat man unter  $P$  einen negativen Werth  $P_0$  zu verstehen, nämlich jenen Widerstand der gewöhnlichen Bewegung. Für diesen Fall hätte man also

$$v - c = pt = \frac{F + P_0}{M} t.$$

Der Weg, welchen der Wagen während des Bremsens zurückgelegt hat, bestimmt sich nach den Regeln der gleichförmig verzögerten Bewegung (siehe Theil I, §. 14) durch

$$s = \frac{v + c}{2} t$$

und daher die auf diesem Wege verrichtete Arbeit der Bremse zu

$$Fs = \varphi R \frac{v + c}{2} t.$$

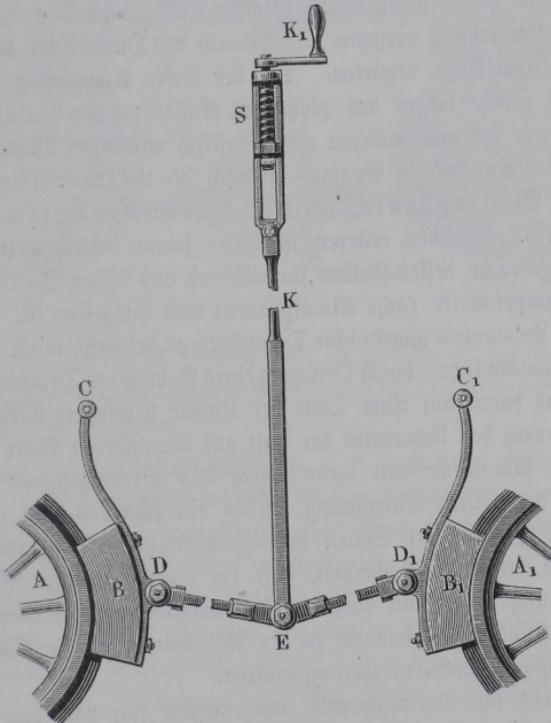
Der Wagen oder Eisenbahnzug hat während des Bremsens das Arbeitsvermögen

$$M \frac{v^2 - c^2}{2} = (F + P_0) \frac{v + c}{2} t$$

verloren.

Auch bei den Eisenbahnwagen pflegt man, um die Axen nicht durch einseitigen Bremsdruck zu beanspruchen, die Räder in der Regel durch je zwei diametral gegenüber liegende Backen zu drücken. Man trifft hierbei die Anordnung so, daß bei der Einrichtung für Handbremsung sämtliche Bremsbacken eines Wagens durch Hebel und Zugstangen derart in Verbindung gebracht werden, daß durch Bewegung der dem Bremsler zugänglichen Schraube alle Backen desselben Wagens gleichzeitig angezogen werden. Die hierbei zur Verwendung kommenden Anordnungen der Hebel sind sehr verschieden, eine häufig vorkommende Einrichtung ist durch Fig. 713 dargestellt. Hierbei wirkt

Fig. 713.



die durch die Schraubenspindel S auf deren Mutter und die Zugstange K ausgeübte Zugkraft vermittelst des Kniehebels  $DED_1$  auf die bei C und  $C_1$  aufgehängten Bremsbacken B und  $B_1$ , so daß der durch die Zugstange auf E ausgeübte Zug K einen Druck R in jedem Schenkel des Kniehebels ED und  $ED_1$  erzeugt, welcher durch

$$R = \frac{K}{2 \cos \beta}$$

ausgedrückt ist, vorausgesetzt, daß man von den Zapfenreibungen des Kniehebels absieht, und unter  $2\beta$  den Winkel  $DED_1$  versteht.

Bei den vergrößerten Fahrgeschwindigkeiten der neueren Zeit hat man beim Eisenbahnbetriebe vielfach seine Aufmerksamkeit solchen Bremsconstruktionen zugewendet, welche das gleichzeitige Anziehen aller Bremsklötze eines Eisenbahnzuges durch Elementarkraft ermöglichen. Zur Erreichung dieses Zweckes hat man verschiedene Einrichtungen vorgeschlagen und in Anwendung gebracht. So hat man die lebendige Kraft des Zuges selbst dazu benutzt, das Anziehen der Bremsen zu bewirken, indem z. B. bei der in Deutschland zuweilen angewandten Bremse von Heberlein eine Axe des Bremswagens mit zwei hölzernen Frictionsscheiben versehen ist, welche zwei im entsprechenden Zeitpunkte gegen sie gedrückte andere Frictionsscheiben durch Reibung ebenfalls in Umdrehung versetzen und dadurch mit Hilfe einer Kette das Anziehen der Bremsklötze bewirken. Da bei dieser Anordnung indessen gar häufig starke Stöße wegen des plötzlichen Anstellens der Bremsen sich fühlbar machten, so hat man anderen mehr elastisch wirkenden Mitteln den Vorzug gegeben. So sind in England vielfach die Luftdruckbremsen von Steel und Westinghouse, sowie die Vacuumbremsen von Smith in Gebrauch\*). Bei den ersteren ist unter jedem betreffenden Wagen ein Cylinder angebracht, dessen Kolben fortwährend auf beiden Seiten dem Drucke von stark comprimierter (acht Atmosphären) Luft ausgesetzt ist, welche durch eine auf der Locomotive angebrachte Dampfmaschine beschafft wird. Wenn nun durch den Locomotivführer durch Oeffnung eines Hahnes der Druck in der Hauptzuleitung und damit auf einer Seite der Kolben verringert wird, so werden die Kolben durch den Ueberdruck der Luft auf der anderen Seite bewegt und ziehen dabei sämmtliche mit ihnen durch das Bremsgestänge verbundene Bremsklötze an. Diese Einrichtung, welche ein schnelles und zuverlässiges Bremsen des Zuges von Seiten des Locomotivführers gestattet, gewährt außerdem die besondere Sicherheit, daß bei einem etwaigen Reissen einer Wagenkuppelung und damit auch der Hauptrohrleitung das Bremsen sofort von selbst stattfindet, da hierdurch in der Rohrleitung die zur Thätigkeit der Bremsen nöthige Druckverminderung eintritt.

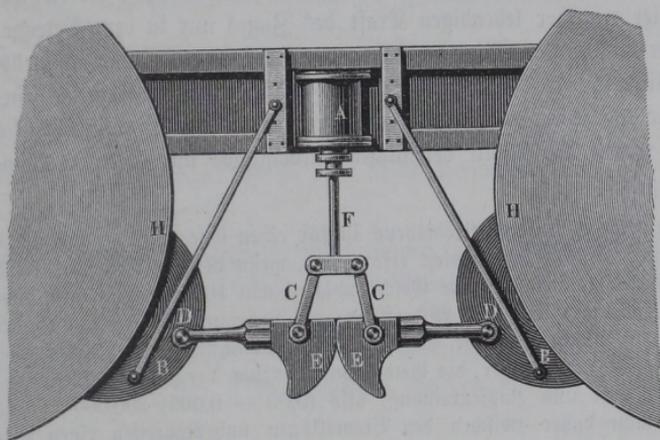
Die Smith'sche Vacuumbremse unterscheidet sich von den erwähnten Bremsen mit comprimierter Luft im Wesentlichen dadurch, daß anstatt des Bremszylinders mit Kolben unter jedem Wagen ein cylindrischer versteifter Gummibehälter angebracht ist, dessen oberer Boden am Wagengestell befestigt

\*) Siehe hierüber u. a. den Aufsatz von Schneider, „Ueber continuirliche Bremsen.“ Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrgang 1878, S. 353.

und dessen unterer Deckel mit dem Bremsgestänge verbunden ist. Wird nun durch einen auf der Locomotive angebrachten Ejector oder Luftsaugapparat durch einen Dampfstrahl die Luft aus der Hauptrohrleitung und den Gummibehältern fortgesaugt, so wird unter Einfluß des atmosphärischen Ueberdruckes ein Zusammenpressen der Gummibehälter und Anziehen der Bremsflöze bewirkt.

Eine Anordnung der Westinghouse'schen Bremse zeigt Fig. 714. Hier ist *A* der mit comprimierter Luft erfüllte Cylinder, dessen Kolben beim Auf-

Fig. 714.



steigen durch die Stange *F* mittelst der Zugstangen *C* die Schenkel *DE* eines Kniegelenkes anzieht, durch dessen Spreizung die Bremsbacken *B* gegen die Räder *H* gepreßt werden.

Das Bremsen der Eisenbahnzüge hat man auch durch theilweisen Verschluss bzw. durch Verengung des Austrittsquerschnittes für den abgehenden Dampf der Maschine zu erreichen gesucht. Auch ist es wohl ein häufiger angewandtes Mittel, insbesondere in Momenten der Gefahr, in denen ein schleuniges Bremsen geboten ist, letzteres durch sogenannten Gegendampf, d. h. dadurch zu befördern, daß man der noch im Vorlaufen begriffenen Maschine den Dampf in solcher Weise zuführt, daß er für sich allein einen Rücklauf bewirken würde. Was man durch diese Mittel erreichen kann, läßt sich durch folgende Betrachtung erkennen. Dadurch, daß man dem Dampfe den Austritt verwehrt, kann man im äußersten Falle die Triebräder an der Drehung verhindern, etwa in derselben Weise, wie dies durch hinreichend starkes Anziehen der Bremsbacken an jedem Bremsrade geschehen kann. In Folge davon werden die so festgehaltenen Räder mit derselben Geschwindigkeit *v* auf den Schienen schleifen, mit welcher der ganze Zug in Bewegung be-

griffen ist. Bezeichnet man daher mit  $G$  das auf die Triebäder entfallende Gewicht der Locomotive, so wird dem bewegten Zuge durch jenes Mittel in jeder Secunde eine mit dem Arbeitsbetrage der Reibung  $\varphi G v$  gleichwerthige lebendige Kraft entzogen. Ueber diesen Betrag hinaus läßt sich auch durch Einführung von Gegendampf die Bremswirkung nicht steigern. Durch denselben können zwar die Triebäder trotz der Vorwärtsbewegung des Zuges mit der Geschwindigkeit  $v$  nach rückwärts etwa mit der Geschwindigkeit  $v_1$  gedreht werden, und die Reibung der Triebäder wird demgemäß auf einem Wege  $v + v_1$  überwunden werden müssen, wozu die Reibungsarbeit  $\varphi G (v + v_1)$  in jeder Secunde aufzuwenden ist. Diese Arbeit wird aber auch hier von der lebendigen Kraft des Zuges nur in dem Betrage  $\varphi G v$  verrichtet, indem der Werth  $\varphi G v_1$  von dem Gegendampfe ausgeübt wird. Die Wirkung des Gegendampfes kann man daher lediglich als ein Feststellen der Triebäder in Rechnung bringen. Man pflegt übrigens Gegendampf wegen der damit verknüpften Uebelstände nur selten in Anwendung zu bringen.

Beispiel. Welcher Bremsdruck ist für einen Eisenbahnzug von im Ganzen 300 Tonnen à 1000 kg Gewicht erforderlich, wenn derselbe auf einer mit 2 Proc. abfallenden Bahnneigung eine Geschwindigkeit von 10 m per Secunde nicht überschreiten soll, und wenn die Widerstände der Luft und Zapfenreibung bei dieser Geschwindigkeit mit  $\frac{1}{2}$  Proc. des Gewichtes in Rechnung gestellt werden?

Die Zugkraft ist hier die Gewichtskomponente vermindert um den Widerstand der Luft und Zapfenreibung, also  $(0,02 - 0,005) 300\,000 = 4500$  kg. Nimmt man daher zwischen den Bremsklößen und Radreifen einen Reibungscoefficienten  $\varphi = 0,25$  an, so folgt der erforderliche Bremsdruck zu

$$\frac{4500}{0,25} = 18\,000 \text{ kg.}$$

Wenn die Bruttobelastung einer Axe 7500 kg und der eventuelle Reibungscoefficient zwischen den Schienen und Rädern 0,2 beträgt, so kann an einer Axe höchstens ein Bremswiderstand von

$$7500 \cdot 0,2 = 1500 \text{ kg}$$

erzeugt werden, es müßten demnach mindestens

$$\frac{4500}{1500} = 3 \text{ Axen,}$$

also zwei Wagen mit Bremsen versehen sein. Der Sicherheit wegen pflegt man bei derartigen Bahngefällen eine größere Anzahl Wagen zum Bremsen einzurichten.

2) Wenn der vorstehende Zug aus einer ihm innewohnenden Geschwindigkeit von 16 m per Secunde während eines Weges von nur 250 m zum Stillstande gebracht werden soll, wie groß wird dann der Bremsdruck sämmtlicher Bremsbacken sein müssen, wenn als durchschnittlicher Widerstand der Luft und der Zapfenreibungen derselbe Werth von  $\frac{1}{2}$  Proc. des Gewichtes angenommen wird und der Dampfzufluß zur Maschine beim Beginn des Bremsens abge schnitten wird?

Setzt man die in dem Zuge enthaltene lebendige Kraft gleich der auf dem Wege gleich 250 m verrichteten Arbeit der Widerstände und der Bremsen, so folgt der Bremsdruck  $R$  aus

$$\frac{300\,000 \cdot 16^2}{2 \cdot 9,81} = 250 (0,005 \cdot 300\,000 + 0,25 R) \text{ zu } R = 56\,632 \text{ kg.}$$

Da jede Aye von 7500 kg Belastung höchstens einen Bremswiderstand von  $0,2 \cdot 7500 = 1500$  kg äußern kann, daher der Bremsdruck nur wirksam sein kann, so lange er den Betrag von

$$\frac{1500}{0,25} = 6000 \text{ kg}$$

nicht übersteigt, so folgt hieraus, daß im vorliegenden Falle mindestens

$$\frac{56\,632}{6000} = 10 \text{ Ayen,}$$

d. h. mindestens fünf Wagen mit Bremsen zu versehen sind. Die Zeit des Bremsens bestimmt sich aus

$$\frac{16}{2} t = 250 \text{ zu } t = 31,25 \text{ Secunden.}$$

**Bandbremsen.** Dieselben finden wegen ihrer Einfachheit und großen §. 178. Wirksamkeit bei verhältnißmäßig kleinem Bremsdrucke häufige Verwendung bei Windwerken und Fördermaschinen. Der Bremswiderstand am Umfange der Brems Scheibe wird hierbei durch die Reibung eines biegsamen Stahl- oder Eisenbandes  $E$ , Fig. 715, dargestellt, welches, um die Brems Scheibe  $A$

Fig. 715.

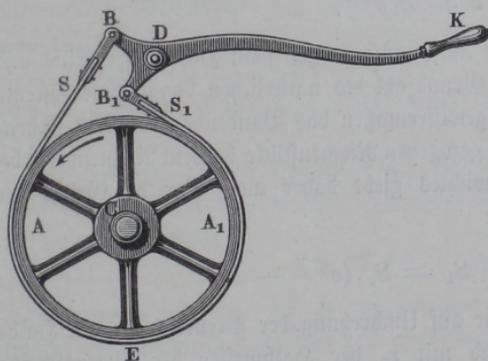
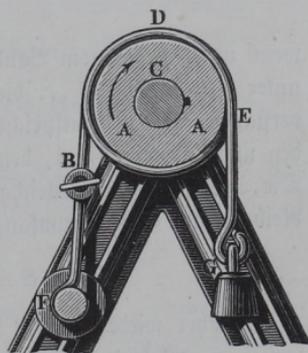


Fig. 716.



gelegt, an den Enden  $B$  und  $B_1$  durch Zugkräfte angespannt werden kann. Das Anspannen geschieht meistens durch einen Hebel, welcher um  $D$  drehbar, an seinem Ende von der Bremskraft  $K$  ergriffen wird. Die Brems Scheibe  $A$  ist in der Regel auf ihrem Umfange mit einer der Breite des Bandes entsprechenden Ruth oder Rinne versehen, deren vorstehende Ränder