

man zu den Werthen  $b = 204$  mm,  $h = 76$  mm. Die Querrillen des dargestellten Lineals dienen zur Aufhaltung des Schmieröls.

Fig. 548 (a. v. S.) zeigt eine gusseiserne Leitschiene für ein eingleisiges Querhaupt, etwa das in Fig. 541, einer horizontalen Schiffmaschine entnommen. Hier ist die Rücksicht auf die Oelung vollständig durchgeführt. Die Randleisten bilden hier einen ordentlichen Trog für das reichlich vorhanden zu denkende Schmieröl, in welchem die Pfannengrundfläche bei den Positionen 1 — 1' und 2 — 2' zur ganzen Hälfte badet, und somit für jeden einzelnen Schub vollständig eingefettet wird.

*Beispiel.* Auf dem schon erwähnten Dampfer Arizona und Schiffen ähnlicher neuerer Bauart sind einseitige gusseiserne Gleise in senkrechter Aufstellung benutzt; die Oelung geschieht dabei automatisch. Druck auf eine Gleitpfanne 29 000 kg, Fläche der letzteren 47" auf 27" oder 819 000 qmm, gibt Flächendruck  $\sim \frac{1}{28}$  kg.

## Sechzehntes Kapitel.

# REIBUNGSRÄDER.

### §. 191.

## Eintheilung der Räder.

Als Vermittler mannigfacher Bewegungen in den Maschinen dienen die Räder. Sie lassen sich in zwei Hauptklassen theilen:

- 1) Reibungsräder, 2) Zahnräder,

jenachdem die Bewegungsvermittlung durch glatte Radumflächen oder durch Zähne und Zahnücken geschieht, die an den Radkörpern angebracht sind.

Jede der beiden Hauptklassen zerfällt wieder in zwei Unterabtheilungen:

- a) direktwirkende, b) indirektwirkende Räder,

jenachdem nämlich die Kraftüberleitung von einem Rade entweder unmittelbar auf das andere, oder unter Vermittlung eines Zug-

kraftorganes (Seil, Band, Kette etc.) geschehen soll. Demnach kann man folgende vier Gattungen von Rädern unterscheiden:

- I. Direktwirkende Reibungsräder, auch Reibungsräder schlechthin genannt.
- II. Direktwirkende Zahnräder, kurzweg Zahnräder oder Kammräder genannt.
- III. Indirektwirkende Reibungsräder, Riemscheiben, Rollen, Seilräder.
- IV. Indirektwirkende Zahnräder, Kettenräder.

Am mannigfachsten sind die drei ersten Gattungen angewandt, weshalb diese auch hier mit Vorzug behandelt werden.

Von wesentlichem Einfluss auf die Radformen ist die gegenseitige Lage der Achsen eines Räderpaares. Dieselbe kann eine von den vier folgenden sein:

- 1) die Achsen fallen geometrisch zusammen,
- 2) sie sind parallel,
- 3) sie schneiden sich oder sind winklig zu einander,
- 4) sie gehen aneinander vorbei, sind geschränkt.

Hierdurch werden bei jeder Rädergattung wieder vier besondere Formenreihen unterscheidbar.

## §. 192.

### Zwei Anwendungsweisen der Reibungsräder.

Bei den direktwirkenden Reibungsrädern treten zwei wesentliche Eigenschaften der dargebotenen Bewegungsvermittlung gemeinsam auf, von welchen gewöhnlich die eine oder die andere besonders ausgenutzt wird und die Ausbildung des Rades vorwiegend beeinflusst.

Die eine Eigenschaft ist die, dass wenn die Radumflächen entsprechend gegeneinander gepresst werden, die sogenannte gleitende Reibung zwischen denselben genügend gross wird, um ein Gleiten der Umfänge gegeneinander zu verhindern, welchem Umstande zufolge Kraft und Bewegung von dem einen Rade auf das andere übertragen werden können.

Die andere Eigenschaft besteht darin, dass die sogenannte wälzende Reibung der Räder aufeinander sehr gering ist, so dass die Räder, wenn zwischen relativ bewegliche Körper eingeschaltet,

deren Relativbewegung von einem beträchtlichen Theil der sonst eintretenden Reibungserscheinungen zu befreien geeignet sind.

Die direktwirkenden Reibräder lassen sich hiernach in

- a) kraftübertragende,
- b) druckvermittelnde

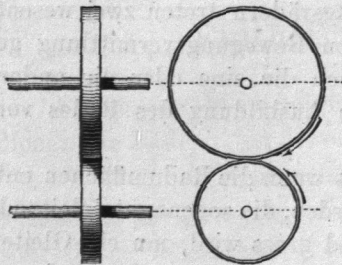
trennen. Die erstere Art umfasst diejenigen Räder, welche zum Betrieb von Maschinentheilen dienen und als Reibräder bezeichnet werden können; die andere die sogenannten Reibungsrollen, Laufrollen, Laufräder, Fahrräder, auch Räder schlechthin genannt\*). Wir betrachten dieselben getrennt.

### §. 193.

## Reibräder für parallele Achsen.

Die zur gegenseitigen Berührung bestimmten Flächen der Reibräder führt man fast immer als Umdrehungsflächen aus; wird bei einem damit versehenen Paar von Reibrädern gleitungsfreies Aufeinanderrollen zweier den Umflächen angehöriger Kreise vorausgesetzt, so verhalten sich die gleichzeitigen Umlaufzahlen der Räder verkehrt wie die Halbmesser der genannten Kreise. Dieses Verhältniss heisst die Uebersetzung, Uebersetzungszahl oder das Umsetzungsverhältniss der Räder. Sind die gleichzeitigen Umlaufzahlen, die man gewöhnlich auf die Minute bezieht,  $n$  beim treibenden,  $n_1$  beim getriebenen Rade und die Halbmesser der erwähnten Rollkreise  $R$  und  $R_1$ , so hat man für das Uebersetzungsverhältniss:

Fig. 549.



hat man für das Uebersetzungsverhältniss:

$$\frac{n_1}{n} = \frac{R}{R_1} \quad (178)$$

Reibräder für parallele Achsen erhalten cylindrische Umflächen. Fig. 549. Damit kein Gleiten eintritt, müssen behufs Ueberwindung eines Umfangswiderstandes  $P$  die

Räder mit einem Druck  $Q$  zusammengepresst werden, welcher beim Reibungskoeffizienten  $f$  am Radumfang ist:

\*) Da die Eigenschaften, die in (a) und (b) verwerthet werden, einander gegenüberstehen, nennt man die Räder unter (a) auch Friktionsräder, die unter (b) Antifriktionsräder.

$$Q = \frac{P}{f} \dots \dots \dots (179)$$

Der Koeffizient  $f$  hat dabei folgende Werthe:

für Eisen auf Eisen . . . . .	0,10 bis 0,30
„ Holz „ Eisen . . . . .	0,10 „ 0,60
„ Holz „ Holz . . . . .	0,40 „ 0,60.

Offenbar bietet der Reibräderbetrieb sich als sehr einfach und demnach praktisch gut verwerthbar dar. Dennoch war er für Triebwerke fast ganz vernachlässigt worden, abgesehen von gewissen roh ausgeführten Aufzügen für Sägemühlen und ähnliche Anlagen. Die Nordamerikaner erst haben den Mechanismus wieder in die allgemeinen Triebwerke mit vorzüglichem Erfolg eingeführt\*). Als am zweckmässigsten hat sich herausgestellt, Holz auf Eisen laufen zu lassen, und zwar den Holzbesatz am treibenden Rade anzuwenden, damit beim Gleiten während des Antreibens nicht Querrillen in den Holzbesatz eingerieben werden. Der Besatz wird aus Felgen zusammengesetzt, aber nicht auf Hirn, sondern mit der Faser dem Umfange nach gestellt. Am besten bewährt sich Ahornholz, brauchbar sind aber auch Linden-, Pappel- und Tannenholz. Die Räder sind aufs sorgfältigste abzdrehen und zwar indem man sie auf die Achsen aufgekeilt auf die Drehbank bringt und daselbst während des Abdrehens in Zapfenlagern laufen lässt. Unter diesen Voraussetzungen kann ein Stirnräderpaar auf den Millimeter Radbreite  $\frac{1}{2}$  kg Umfangskraft im dauernden Betriebe übertragen, wenn als Besatzmaterial Ahornholz, und  $\frac{3}{8}$  bis  $\frac{1}{4}$  kg, wenn die anderen genannten Hölzer verwandt werden. Dies gibt für Besatz mit Ahornholz:

$$b \approx 2P = \frac{150 N}{v} \dots \dots \dots (180)$$

und  $1\frac{1}{2}$  bis 2mal so viel bei den anderen Holzarten, wenn  $N$  die Anzahl der zu übertragenden  $PS$  und  $v$  die Umfangsgeschwindigkeit der Räder in Metern bezeichnet. Für  $v$  kann man setzen:  $2\pi Rn : 60.1000$ ; daraus folgt:

$$b = \frac{1432395}{R} \frac{N}{n} \dots \dots \dots (181)$$

Ausführungen liegen vor, bei denen  $R$  bis 6' und  $b$  bis 30" engl. gemacht ist und ein Räderpaar 60  $PS$  und mehr über-

\*) Vergl. Wicklin, Frictional Gearing, Scientific American, Vol. 26, S. 227 ff., auch Appleton's Cyclopaedia, Newyork 1880, Vol. 2, S. 36, sowie Cooper's Use of belting, Philadelphia 1878, S. 288.

trägt. Der Reibungskoeffizient  $f$  beträgt nach besonderen Versuchen von Wicklin 0,30 bis 0,32, wonach die Kraft  $Q$  zum Anpressen  $\sim 3\frac{1}{3} P$  zu nehmen ist. Die Leichtigkeit des Ausrückens empfiehlt die Reibräder in zahlreichen wichtigen Fällen.

1. *Beispiel.* Zu übertragen mittelst cylindrischer Reibräder  $N = 10$  PS von einer Welle mit 80 auf eine solche mit 100 minutlichen Umläufen, Ahornholz als Radbesatz angewandt. Wählen wir  $v = 6$  m, so kommt  $b = (150 \cdot 10) : 6 = 250$  mm, und aus (181)  $R = 1432395 \cdot 10 : 250 \cdot 80 = 716$  mm,  $R_1 = 0,8 \cdot 716 \sim 573$  mm.

2. *Beispiel.* 1 PS auf eine Vorlegewelle zu übertragen bei  $n = 90$ ,  $n_1 = 75$ ,  $R = 300$ ,  $R_1$  also  $= (90 : 75) 300 = 360$  mm. Nach Formel (181) kommt  $b = 1432395 : 300 \cdot 90 \sim 53$  mm. Gut kann man daher hier Tannenholz mit  $\frac{1}{4}$  kg Breitendruck benutzen und erhält dann  $b = 106$  mm.

Für den Bau der cylindrischen Reibräder gilt Folgendes. Grössere Räder, von  $1\frac{1}{3}$  bis  $3\frac{1}{2}$  m Durchmesser, erhalten hölzerne Felgen von 150 bis 180 mm radialer Tiefe, zusammengesetzt aus Planken von 35 bis 50 mm Dicke, je  $\frac{1}{6}$ ,  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{10}$  des Umfangs umfassend und so geschnitten, dass die Faserrichtung sich möglichst derjenigen des Umfangs anschliesst. Sie sind genau zusammenzupassen, gut aufeinanderzuleimen und mit Nägeln oder Bolzen zu verbinden. Die Breite der so hergestellten Felge wird etwa 50 mm geringer gemacht als  $b$ , und die so weit fertige Felge dann auf einen starken Armstern gesetzt, dessen Arme in Patten auslaufen, siehe Fig. 550; 6 oder 8 Arme je nach der Grösse sind anzuwenden. Für die Patten werden Kerben in die Felgenläubung geschnitten, weit genug, um Keile über dem Scheitel und zu beiden Seiten der Patten eintreiben zu können. Mittelst dieser wird die Felge auf den Armstern zunächst fest aufgesetzt, sodann wird mittelst Kopfschrauben mit Holzschraubengewinde die Felge an den Patten befestigt. Sehr breite Räder erhalten zwei Armsterne.

Ist die Felge wie angegeben befestigt, so werden die Stirnenden derselben je mit einer weiteren Felgenlage belegt, welche innen etwas enger ist als das Mitteltheil, um die Keile vollständig zu decken; diese Felgenlagen bringen den Radkranz auf die Breite  $b$  und verdecken auch die Köpfe der Querbolzen. Nun wird das Rad aufgekeilt und fertig bearbeitet, wobei, wie schon angedeutet, das Abdrehen der Umfläche mit äusserster Sorgfalt zu bewirken ist.

Für kleinere Räder ist es am besten, statt des Armsterns eine riemscheibenähnliche Trommel mit starkem Kranz und geraden Armen anzuwenden. Auf den Kranz derselben wird die vorbereitete Felge „fleissig gehend“ aufgepasst und von innen mit

Schrauben befestigt; darauf werden die beiden seitlichen Felgenlagen, siehe Fig. 551 aufgelegt; sie greifen nach innen wieder so weit vor, um den Kranz zu verdecken. Dem Kranze gibt man gern etwa vier vorspringende, der Achse parallele Federn, welche in den Felgenkranz eingelassen werden. Letzterer wird etwa 100 mm in radialer Richtung stark gewählt. Auf alle Fälle muss das Holz vollständig trocken sein.

Fig. 550.

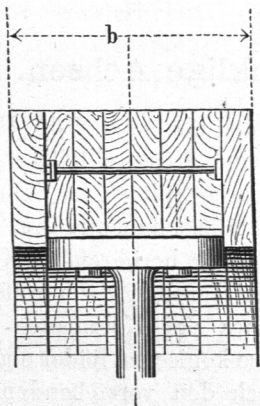
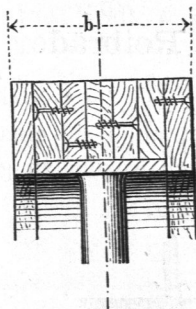
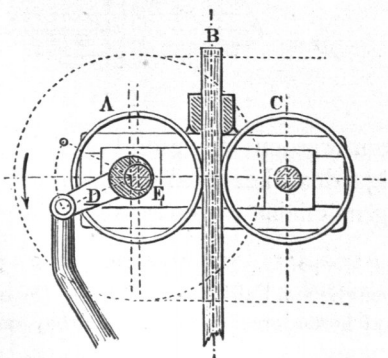


Fig. 551.



Die getriebenen eisernen Räder werden ähnlich Riemscheiben gebaut, aber mit starkem Kranz, mit mehr und steiferen Armen versehen. Ist die Scheibe über 400 mm breit, so sind doppelte Armsterne anzuwenden. Beide Räder, die mit Holzkranz wie die mit Eisenkranz, sind sorgfältig auszubalanciren, damit beim Gang kein Stampfen derselben eintreten kann.

Fig. 552.



Eine wichtige und häufig gewordene Anwendung finden die geraden Reibräder bei den Fallhämmern, wo sie zum Erheben des Hammerbärs dienen. Bei Merril's Fallhammer fassen zwei cylindrische gusseiserne Reibräder *A* und *C* den aus Eichenholz hergestellten flachen Hammerschaft *B* zwischen sich, Fig. 552. Nur die eine der Rollen, *A*, wird mittelst Riementriebs angetrieben. Sie

wird angepresst mittelst des Hebels *D*, der das Exzentrik *E*, in welchem die Welle von *A* an jeder Seite der Scheibe gelagert ist, verstellt. In der gesenkten Stellung des Hebels *D* findet Anpressung und Hebung des Hammers statt. Wird der Hebel *D* gehoben, so rückt die Rolle *A* ab und der Hammer fällt. Bei anderen Bauarten wirken beide Rollen treibend, so bei derjenigen von Hotchkiss & Stiles\*), auch bei dem „Präzisionshammer“ von M. Hasse & Cie., Berlin\*\*).

## §. 194.

## Reibräder für winklige Achsen.

Schliessen die Achsen einen Winkel ein, so sind die Umflächen der Räder, wenn sie einander auf eine grössere Breite berühren sollen, nach Kegeln zu gestalten, deren Spitzen im Schnittpunkt der Achsen zusammentreffen, Fig. 553.

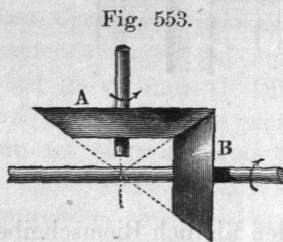
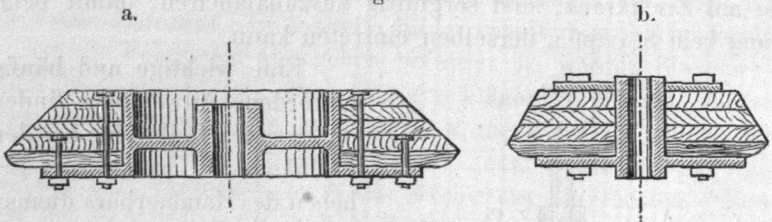


Fig. 553.

Alle einander berührenden Kreise der Kegelmäntel rollen dann aufeinander, wenn eines der Kreispaaire es thut. Auch diese konischen Räder eignen sich, wenn nach den vorstehenden Grundsätzen gebaut und ausgeführt, erwiesenermaassen sehr gut zur Verwendung

in Triebwerken. Die folgenden Figuren zeigen die Durchschnitte eines grösseren und eines kleineren konischen Reibrades mit Holz-

Fig. 554.



a.

b.

felge. Die äussersten Felgenlagen werden mit radial gestellter Faserrichtung angebracht, die folgenden aber wieder so, dass der Faserverlauf der Umfangsrichtung möglichst angepasst ist. Sorg-

\*) S. Appleton's Cyclopaedia of appl. Mechanics, New York 1880. II, S. 85.

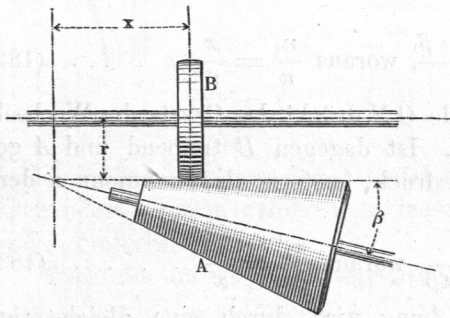
\*\*\*) D. R. P. 2685. Bei diesem vorzüglichen Fallhammer ist die Hebeschiene nach unten verjüngt, auch auf besondere Weise sehr haltbar zusammengesetzt.

fältige Einpassung, Festleimung und Verbolzung der Schichten ist wiederum unerlässlich. Genau achte man auch darauf, dass die Kegelkanten direkt nach dem Treffpunkt der Kegelspitzen gerichtet sind. Das Andrücken geschieht vom Ende der einen der beiden Wellen her, am besten so, dass ein flacher Stützapfen angewandt wird, auf dessen Hülse der Stellhebel wirkt.

Die grossartigste Anwendung der Reibräder, theils von rein cylindrischer, theils von konischer Form, findet bei den Lokomotiven statt; der Schienenstrang vertritt dabei eines der Räder im Paare. Der erforderlichen hohen Pressungen wegen erhalten beide Räder eiserne oder stählerne Kränze. Die Kraft  $Q$  geht hier meist bis zu 6 Tonnen und häufig höher\*).

In manchen Fällen, vor allem wenn die zu übertragenden Umfangskräfte nicht besonders gross sind, wendet man statt konischer Reibräder Räderpaare an, in welchen ein Rad mit balliger Umfläche mit einem Kegelrade zusammen arbeitet, Fig. 555; beide Räder sind meist mit eisernen Kränzen versehen. Das Andrücken des Rades  $B$ , welches man wegen seiner Aehnlichkeit mit der Wurfscheibe, dem Diskus, wohl ein Diskusrad nennen kann, bewirkt sich leicht. Dieser Mechanismus gewährt den Vortheil, dass man durch Verschieben des Diskusrades auf seiner Achse das Ueber-

Fig. 555.



rad an, in welchen ein Rad mit balliger Umfläche mit einem Kegelrade zusammen arbeitet, Fig. 555; beide Räder sind meist mit eisernen Kränzen versehen. Das Andrücken des Rades  $B$ , welches man wegen seiner Aehnlichkeit mit der Wurfscheibe, dem Diskus, wohl ein Diskusrad nennen kann, bewirkt

\*) Die Radumflächen platten sich an der Druckstelle ab. Nach Krauss' Versuchen hatte ein mit 5500 kg belastetes Eisenbahnwagenrad mit Gussstahlreifen 264 qmm Auflagefläche auf der (eisernen) Schiene, ein mit 3750 kg belastetes 156 qmm. (Schweiz. polyt. Zeitschrift 1866, S. 65.) Bei der neuen Lokomotivkonstruktion des Amerikaners Fontaine wird die Treibradachse nicht direkt durch die Dampfmaschine wie üblich, sondern indirekt, mittelst Reibräderübertragung getrieben. Die Kurbelachse liegt senkrecht über der Treibachse und trägt zwei 6' hohe cylindrische Reibräder, welche auf 56zöllige, die an den Treibrädern konaxial mit denselben befestigt sind, wirken. Die Treibräder haben 6' Höhe oder sehr nahezu soviel. Belastung der Treibachse und zugleich des erwähnten Reibräderpaares 32000 Pfund engl., d. i. nahe 8 Tonnen auf jedes Rad. S. Engineering 1881, März, S. 274.



setzungsverhältniss verändern oder wechseln kann, das Räderwerk also als sogenanntes Wechselgetriebe benutzen kann. Freilich liegt andererseits der Nachtheil vor, dass die Fläche, in welcher sich die beiden Räder berühren, sehr klein ausfällt, demnach der übertragbaren Kraft enge Grenzen setzt. Indessen kann man den Nachtheil dadurch ausgleichen, dass man (ähnlich wie bei den Reibungskupplungen) die Radhalbmesser und die Umfangsgeschwindigkeiten recht gross wählt, um nämlich den numerischen Werth der zu übertragenden Umfangskraft herabzuziehen. Seit dies beobachtet worden ist, hat die Anwendung des vorliegenden Räderwerkes erheblich zugenommen. Die bequemste Form desselben wird erhalten, wenn man an dem Kegel den Spitzenwinkel  $\beta = 180^\circ$  macht, wodurch dessen Umfläche in einen Plankegel übergeht, Fig. 556.

Für die Uebersetzungszahl hat man, wenn der Plankegel *A* treibend, *B* also getrieben ist, und um  $x$  von der Achse von *A* absteht:

$$\frac{n_1}{n} = \frac{x \sin \beta}{r}, \text{ woraus } \frac{n_1}{n} = \frac{x}{r} \dots \dots (182)$$

wenn  $\beta = 180^\circ$ . Die Gerade *ON* drückt das Gesetz des Wechsels der Uebersetzungszahl aus. Ist dagegen *B* treibend und *A* getrieben, so lautet der Ausdruck, wofern also nunmehr  $n$  dem Rade *B* zukommt:

$$\frac{n_1'}{n} = \frac{r}{x \sin \beta}, \text{ woraus } \frac{n_1'}{n} = \frac{r}{x} \dots \dots (183)$$

wenn  $\beta = 180^\circ$ . Die Gleichung wird durch eine gleichseitige Hyperbel ausgedrückt, siehe Fig. 556. Für die Werthe von  $x =$  nahe Null wird der Betrieb von *A* durch *B* illusorisch\*).

Ein Räderwerk und Wechselgetriebe, bei welchem zwei konaxiale Planräder auf ein Diskusrad wirken, stellt Fig. 557 dar. Die Planräder *A*<sub>1</sub> und *A*<sub>2</sub>, welche gleichschnell, aber in entgegengesetztem Sinne umlaufen, wirken treibend; das Diskusrad *B* ist das getriebene Rad. Das Uebersetzungsverhältniss kann von 0 bis *R*:*r* proportional  $x$  gewechselt werden\*\*). Das Anpressen erfolgt

\*) Bei dem Wechselgetriebe von Lecoer, *D. R. P.* 17078 sind bei den Achsenpunkten der Planräder lose runde Stifte angebracht, welche, wenn *B* in die Nähe der Mitte rückt, das getriebene Rad zum vollen Stillstand kommen lassen.

\*\*\*) Ueber die Anwendung von Diskusgetrieben in Appreturmaschinen siehe Berliner Verhandlungen 1866, S. 39. Die betreffenden Getriebe dienen hier dazu, vermöge der feinen Verstellbarkeit der Uebersetzung den zu

leicht von den Enden der Wellen aus. Dieses Getriebe kam früher häufig bei Zentrifugen oder Schleudertrommeln zur Anwendung; in jüngerer Zeit hat es u. a. eine glückliche Verwendung zum Betrieb der Töpferscheiben, welche durch Elementarkraft bewegt

Fig. 556.

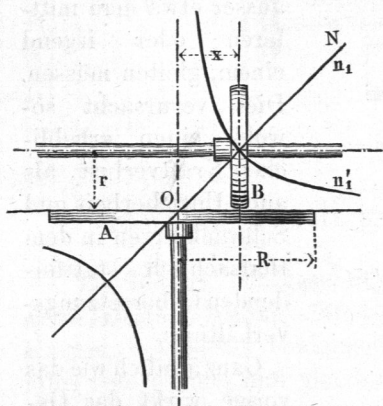
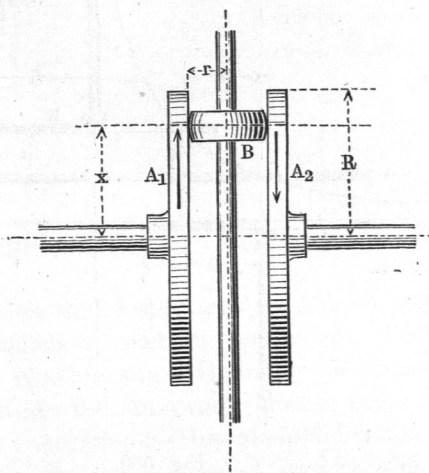


Fig. 557.



werden sollen, erhalten; der Arbeiter verstellt, um die Drehungen rasch oder langsam erfolgen zu lassen, das Diskusrad mittelst zweier Tretschemel.

Ebenfalls um ein Wechselgetriebe zu erhalten, wandte u. A. Rupp zwei gleiche Planräder und dazwischen liegendes Diskusrad in der in Fig. 558 (a. f. S.) gegebenen Anordnung an. *A* treibend, *B* getrieben, *C* Zwischenrad, auf der Achse verschieblich. Das Uebersetzungsverhältniss ist zwischen den Grenzen  $(a - R) : R$  bis  $R : (a - R)$  wechselbar nach dem Gesetz:

$$\frac{n_1}{n} = \frac{x}{a - x} \dots \dots \dots (184)$$

welches durch eine gleichseitige Hyperbel ausgedrückt wird, Fig. 558, die bei  $x = 0$  die Ordinatenachse schneidet. Besonderen Nachdruck legte Herr Rupp darauf, dass das Diskusrad aus schmalen, einzelnen Scheiben, fünf oder mehr an der Zahl, zusammengesetzt werden sollte, alle drehbar auf die Zwischenachse gesetzt. Die

---

appretirenden Baumwollstoff so zu bewegen, dass er stets scharf genug ist und doch nicht übermässig angespannt wird. Disken von 2' und Plankegel von 5' Durchmesser kommen daselbst vor.

Annahme, dass hierbei die Uebertragung grösserer Kräfte gesichert werde, trifft nicht zu, da sich nach (184) für jeden der

Fig. 558.

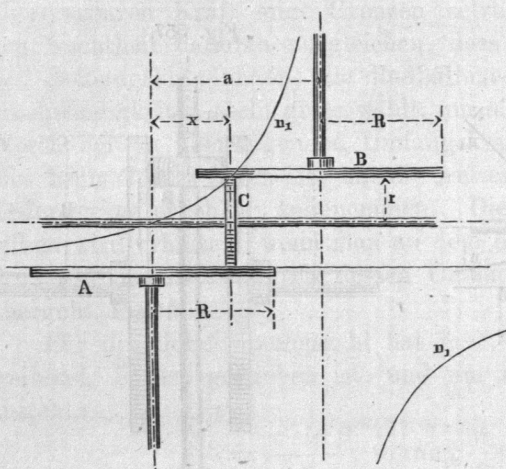
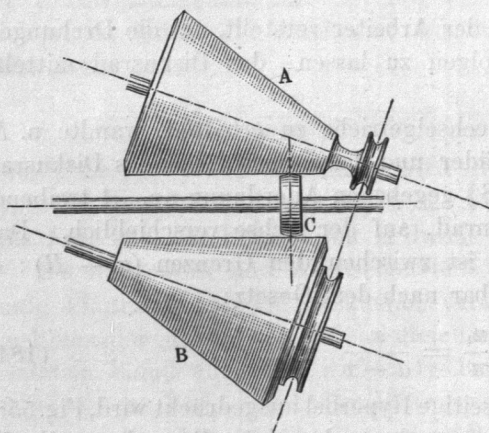


Fig. 559.



schmalen Disken ein anderer Werth für die Uebersetzung ergibt, somit alle Scheibchen ausser etwa dem mittleren oder irgend einem, gleiten müssen. Dies verursacht sowohl einen erheblichen Kraftverlust, als auch Unsicherheit und Schwankungen in dem tatsächlich stattfindenden Uebersetzungsverhältniss.

Ganz ähnlich wie das vorige wirkt das Getriebe von Barnhurst, Fig. 559, wo die Plankegel wieder in gewöhnliche Kegel zurückgeführt erscheinen\*).

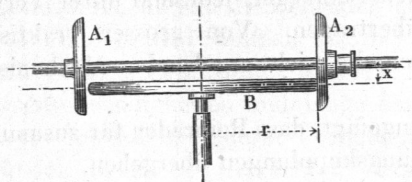
Durch feste Vereinigung der beiden obigen Plankegel auf einer längsverschieblichen Achse und bei Belassung eines Spielraumes neben dem Diskusrad entsteht ein Wendegetriebe, d. h. ein solches, bei welchem

das getriebene Rad vorwärts getrieben, rückwärts getrieben oder auch zum Stillstand gebracht werden kann, Fig. 560. Hier ist

\*) Siehe Engineer 1880, Juni, S. 404; das Getriebe ist für Nähmaschinen bestimmt. Vergl. auch H. König's Antriebeinrichtung für Nähmaschinen D. R. P. 9365.

$A_1 A_2$  treibend,  $B$  getrieben gedacht. Eine sehr schöne Anwendung ist bei der Cheret'schen Presse gemacht, wo die Achse von  $B$  als

Fig. 560.



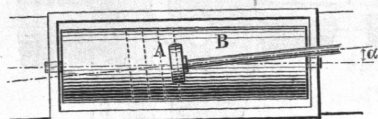
Schraubenspindel ausgebildet ist, und die Vorrichtung nicht nur Wende-, sondern auch Wechselgetriebe wird und dem entsprechend ausgeführt ist.

§. 195.

### Reibräder mit geschränkten Achsen.

Bei Rädern mit geschränkten und festgelagerten Achsen ist gegenseitige Gleitung der Umflächen nicht zu vermeiden. Die Körper, welche bei beiderseits gleichförmiger Drehung ein Maximum von Rollung und gleichzeitiges Minimum von Gleitung gegeneinander haben würden, sind Umdrehungs-Hyperboloide, vergl. §. 218. Lagert man indessen die eine der Achsen so, dass sie sich ihrer Längsrichtung nach verschieben kann, sei es in, sei es mit ihren Lagern, so sind gleitungsfreie Reibräder möglich. Robertson

Fig. 561.



hat solch ein Räderpaar vorgeschlagen\*). Er lässt ein Diskusrad, Fig. 561, auf ein cylindrisches Reibrad  $B$  wirken, dessen Achse gegen die von  $A$  ein wenig schiefwinklig geschränkt ist, sich

aber in ihren Lagern nicht bloss drehen, sondern mit denselben in ihrer Längsrichtung auch verschieben kann. Wird das genügend angepresste Diskusrad  $A$  nun gedreht, so rollt es unter Beschreibung einer Schraubenlinie auf dem Cylinder  $B$ , indem es denselben umtreibt und verschiebt. Der leicht verstellbare Schränkungswinkel  $\alpha$  ist der Steigungswinkel der Schraube. Robertson hat die Vorrichtung als Wendegetriebe zum Verschieben des Tisches einer Holzhobelmaschine benutzt. Man kann das Getriebe auch\*\*) um-

\*) Siehe Engineer Bd. 24 (1867), S. 410, wo noch eine Reihe anderer interessanter Vorschläge von Robertson zu finden.

\*\*) Kinematisch.

gekehrt verwenden, indem man  $A$  treibend und festgelagert sein lässt,  $B$  dagegen mit seinen Lagern verschieblich einrichtet.

Dasselbe Prinzip lässt sich auch auf den spitzen oder stumpfen Kegel, auch auf den Plankegel, jedesmal unter Verwendung eines Diskusrades, übertragen. Von grosser praktischer Bedeutung scheinen indessen die sich ergebenden Mechanismen nicht zu sein.

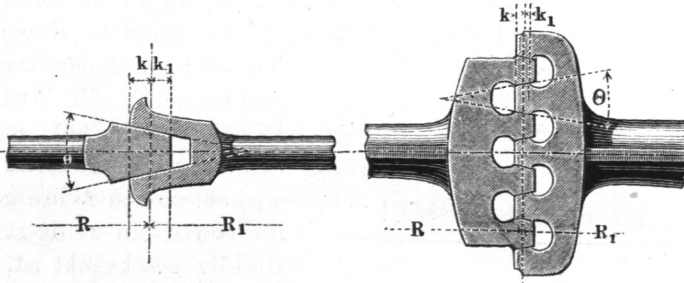
Endlich sei hier noch angefügt, dass Reibräder für zusammenfallende Achsen in die Reibungskupplungen übergehen.

§. 196.

### Keilräder.

Die Keilräder sind Reibräder, deren Kranzprofile keilförmig ineinandergreifen. Sie wurden in Italien durch Minotto, in England durch Robertson besonders ausgebildet, woher sie häufig nach diesen Namen benannt werden; vorzugsweise werden sie als Stirnräder (für parallele Achsen) gebraucht. Die Kranzquerschnitte für Keilräderpaare zeigt Fig. 562. Der Radialdruck  $Q$  fällt hier

Fig. 562.



weit kleiner aus, als bei den cylindrischen Reibrädern, nämlich bei einem Keilwinkel  $\theta$ :

$$Q = P \left( \frac{\sin \frac{\theta}{2} + f \cos \frac{\theta}{2}}{f} \right) \dots \dots (185)$$

Ein Nachtheil, und zwar Ursache starker Reibungen ist der Umstand, dass nur in einem einzigen cylindrischen Schmitte durch jeden Kranz die berührenden Kreise auf einander wälzen\*); der

\*) Genaueres gibt Hansen in Dingler's Journal, Bd. 137 (1855) S. 1. Er zeigt, dass die rollenden Kreise stets auf derjenigen Hälfte der greifenden

Fehler wird aber um so kleiner, je kleiner die Kopflängen  $k$  und  $k_1$  der Keile im Verhältniss zu den Radien  $R$  und  $R_1$  sind. Um unter gleichem Flächendrucke  $k:R$  und  $k_1:R_1$  möglichst klein ausführen zu können, macht man die Keilräder mehrspurig, wie die Figur zeigt. Der Winkel  $\theta$  wird vielfach  $30^\circ$ , bei Robertson noch kleiner gewählt. Starke Erwärmung und Abnutzung sind bei grossen Umfangsgeschwindigkeiten und lange dauerndem Lauf unvermeidlich. Minotto hat mit besonderer Vorliebe auch die konischen Keilräder praktisch zu machen getrachtet; er gibt ihnen nur eine Spur und richtet diese zum Nachstellen ein, so dass das eingreifende Keilprofil genau an derselben Stelle zum Eingriff gebraucht werden kann. Robertson macht die Rinnen wie bei den Stirnrädern fest, d. h. unverstellbar. Auch auf die Lokomotive hat man den Keilräderbetrieb anzuwenden versucht, und damit im Modell steile Rampen überwunden; die Abnutzung tritt aber hier zu störend in den Weg. In Amerika benutzt man die Keilräder mit Erfolg seit Jahren bei Aufzugmaschinen mancherlei Art; vorzugsweise sind dieselben wohl für Uebersetzungen ins Langsame zu empfehlen. Auch bei Schiffswinden hat man neuerdings mit dem besten Erfolge die Keilräder zur Anwendung gebracht; sie eignen sich hier besonders gut, wegen der Leichtigkeit, mit der sie in und ausser Eingriff gesetzt werden können, und wegen ihres fast geräuschlosen Ganges\*). Neuerdings hat übrigens Gwynne, wie es scheint mit dauerndem Erfolg, und ebenso Webers in Berlin die Keilräder zu Uebersetzungen ins Schnelle benutzt, und zwar zum Betrieb von Kreiselpumpen von 700 minutlichen Umdrehungen des Kreisels; sie wenden einspurige Räder mit gewölbtem Keilprofil an, bei denen sie die schon von Minotto empfohlene Nachstellbarkeit

---

Keilflächen liegen, welche dem treibenden Rad zugekehrt ist. Dieselben verändern also Lage und Grösse, wenn etwa das treibende Rad zum getriebenen gemacht wird. S. auch Ad. Ernst in der Zeitschr. d. V. deutscher Ingenieure, XXVI, S. 243.

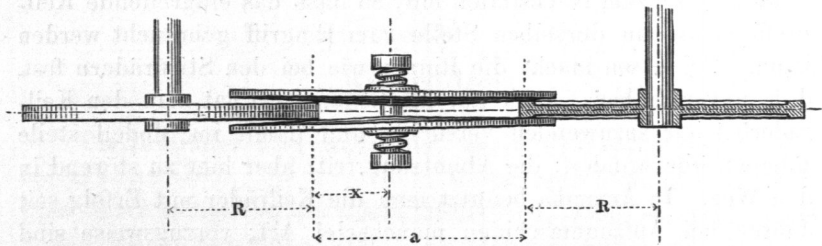
\*) H. D. Andrew's Dampfwinde hat bei der starken Uebersetzung zwölfspurige, bei der schwachen vierspurige Keilräder. Die Durchmesser der Keilräder sind bei den Maschinen von

	in der starken Uebersetzung	in der schwachen Uebersetzung	Trommel- durchmesser	Länge
5 PS	4:30''	8:26''	6''	27''
8 "	4:30''	8:26''	8''	27''
10 "	6:36''	12:30''	8''	30''
15 "	6:36''	12:30''	8''	30''

wieder einführen\*). In Amerika hat man auch für Mühlenbetrieb die Keilräder, und zwar einspurige, wie es heisst, mit Erfolg versucht.

Sellers hat die Keilräder in eigenthümlicher Weise zu einem Wechselgetriebe gestaltet. Er lässt auf zwei einfache Keilräder *A* und *B* mit parallelen Achsen, Fig. 563, ein drittes Keilrad *C* wirken, das aus zwei Tellern von stumpfkegelförmiger Aussenfläche besteht, die durch Federn gegeneinander gepresst werden. Die

Fig. 563.



Achse von *C* ist zwischen denen von *A* und *B* verstellbar. Die Bewegungsübertragung geschieht wie beim Rupp'schen Wechselgetriebe, vergl. Formel (184). Sellers benutzt den Mechanismus zum Betrieb der Leitspindel an Drehbänken für die sogenannte Speisung oder Vorschiebung des Drehmeissels.

### §. 197.

## Besondere Anwendungsarten der Reibräder.

Der vorhin erwähnte Umstand, dass die Keilräder nur in gewissen Umfangslinien aufeinanderwälzen, in allen übrigen in

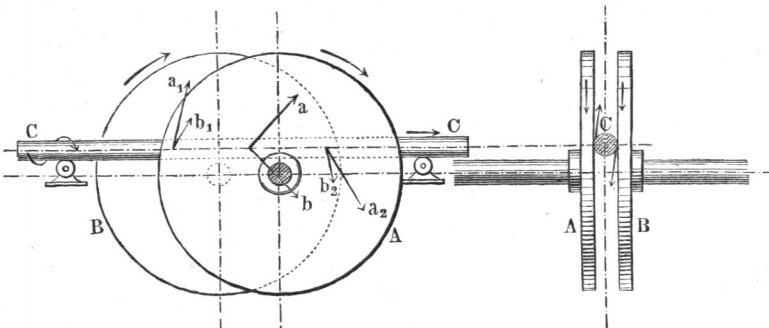
\*) S. Engineering 1868 (V), S. 502 und S. 593, sowie ebenda 1869, Mai, S. 353. Ingenieur Brauer, Assistent für Maschinenbaukunde etc. an der Königl. techn. Hochschule, hat versucht, das bei der Lamellen-Kupplung zur Anwendung kommende Prinzip (vergl. §. 157) auf die Reibräder zu übertragen. Es entstehen Räder, deren Ringe aus Lamellen zusammengesetzt sind, die einestheils gegeneinandergepresst, andernteils durch Gummiringe auseinandergehalten werden. Eine geringe axiale Pressung genügt, um eine grosse Reibung der Lamellen zu erzeugen. Ich empfahl, die Räder Lamellenräder zu nennen. Eine Beschreibung siehe Berl. Verhandlungen 1877, S. 295. Die Anwendung der Lamellenräder ist jedenfalls beschränkt, da die Instandhaltung immerhin Aufmerksamkeit erfordert, auch der Herstellungspreis einer weiteren Verbreitung entgegentritt.

Berührung stehenden Flächentheilen aber aufeinandergleiten, und zwar theils vor-, theils rückwärts, wird in verallgemeinerter Weise im Maschinenwesen auch nützlich verwerthet und weist u. a. auf eine wichtige und äusserst mannigfaltig ausgebildete Arbeitsmaschine hin, das Walzwerk.

Hier kommen Fortbewegung, Pressung, Umgestaltung eines dritten Stückes zwischen zwei reibradartigen Körpern zur Wirkung. Die Walzen mit dazwischen gebrachtem Werkstück bilden in der That mit diesem ein sogenanntes zusammengesetztes Reibräderwerk. Im Plattenwalzwerk wie auch in dem gewöhnlichen Satinirwalzwerk u. s. w. kann das Werkstück als ein zweiseipuriges Reibrad mit zwei unendlich grossen Halbmessern angesehen werden; ähnliches gilt von dem Stabwalzwerk der Eisenhütte. In dem Walzwerk für Radreifen sind die eben erwähnten Halbmesser endlich und verschieden gross, der eine einem Vollrade, der andere einem Hohlrade angehörig. Dasselbe gilt von dem dreiwälzigen Blechbiegwerk u. s. w.

Ein besonders interessantes Beispiel ist das bereits in §. 148 angeführte Kirkstaller Glättewalzwerk, in Fig. 564 skizzirt. Die

Fig. 564.



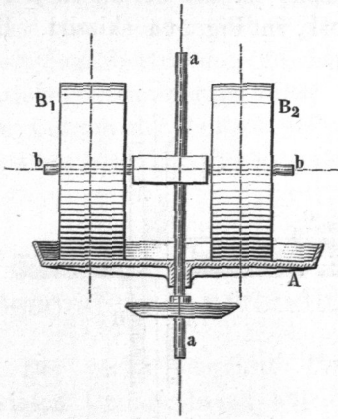
ebenen Scheiben *A* und *B* sind plankegelförmige Reibräder. Der zwischen sie gebrachte Rundstab *C* wird etwas ausserhalb der Achsenebene parallel zu dieser eingeführt, und wird, indem er theilweise gleitet, theilweise wälzt, sowohl um seine Achse gedreht als fortgeschoben. In dem innern Gebiet, d. i. zwischen den durch die Achsen der Räder *AB* gelegten Normalebene, wirken die Scheiben auf Drehung des Stabes in demselben Sinne, in den beiden äusseren Gebieten aber in entgegengesetztem Sinne; eine der beiden Drehbestrebungen überwiegt indessen stets, und zwar in demjenigen der Drehbestrebung des inneren Gebietes. Gleich-



zeitig haben die gleitenden Reibungen in den Berührungslinien in allen drei Gebieten eine Komponente für den Fortschub in demjenigen Sinne, in welchem die Scheitel der Scheiben laufen. Der Rundstab wird alledem zufolge schraubenförmig fortbewegt, dabei gerade gerichtet und geglättet. Aeltere Glättewalzwerke benutzen gewöhnliche Rundstabwalzen mit halbkreisförmigen, sehr sauber gedrehten Kalibern, zwischen welchen die Stäbe halbkalt nachgewalzt werden, wobei aber das Geraderichten und Runden nicht so vollkommen geschieht wie hier. Noch zahlreiche andere, der Untersuchung in dem hier besprochenen Sinne werthe Beispiele liessen sich aus der Walzwerktechnik anführen.

Auch zum Mahlen, d. i. Zermahlen von Körpern zu Pulver bis Staubform, werden die Reibräder benutzt, so in den Walzmühlen, auf welche nachher noch zurückzukommen ist, dann in den früher viel gebrauchten sogenannten Bogardusmühlen mit parallelen ebenen Mahlscheiben, ferner auch in dem sogenannten

Fig. 565.



Kollergang, Fig. 565. Das Bodenstück *A* ist ein planes Reibrad, auf welchem die beiden Kollerwalzen oder Kollersteine mit einem nahe ihrer Mittelebene belegenen Kreise rollen, mit allen übrigen Umflächenpunkten aber gleiten, und zwar im äusseren Gebiete rückwärts, im inneren vorwärts. Hierdurch wird ein Zerreiben der zwischen das Bodenrad und die Kollerwalzen gebrachten Massen in bekannter wirkungsvoller Weise erzielt. Der Kollergang kommt in zwei Anwendungs-

weisen vor, entweder mit feststehender Bodenscheibe *A* und sich um *aa* drehender Achse *bb*, oder mit rotirender Bodenscheibe *A* und einer Vorrichtung, welche die Achse *bb* verhindert, sich um *aa* zu drehen. Bei dem Kollergang von Hanctin in Paris sind die Kollerscheiben *B1 B2* als vierspürige Keilräder ausgeführt, die radial um eine halbe Spurweite versetzt sind und demzufolge weiches Mahlgut unaufhörlich zerschneiden und deshalb vorzüglich mischen\*).

\*) S. Appleton Cyclopaedia of applied mechanics, New York 1880, II, S. 416.

Walzen mit geschränkten Achsen hat Delnest als Zerreiber angewandt \*). Er formte die Walzen hyperboloidisch; Schränkungswinkel 34°, Kehldurchmesser 310 mm. Walzwerke ähnlicher Art sind auch zum Geraderichten von Rundstäben benutzt worden.

§. 198.

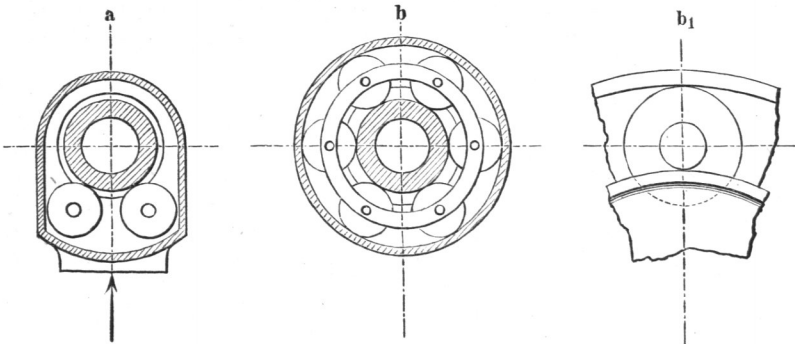
**Reibungsrollen, Laufrollen, Laufräder.**

Die Reibungsrollen, Laufrollen oder -Räder, auch Antifriktionsrollen genannt, kommen in zwei unterscheidbaren Verwendungsweisen zur Benutzung, nämlich:

- a) in der Weise, dass die Reibungsrollen selbst mittelst gewöhnlicher Drehzapfen (Kapitel V) oder vollständig in Achsen gelagert sind und den zu vermittelnden Druck auf diese übertragen;
- b) in der Weise, dass die Rollen zwischen den sich gegenseitig verschiebenden Flächen angebracht sind und auf beiden eine wälzende Relativbewegung vollziehen.

Die Laufrollen können zwischen zwei Flächen mancherlei Art eingeschaltet werden. Man findet sie sowohl zwischen ebenen Flächen oder prismatischen Körpern angewandt, als zwischen

Fig. 566.

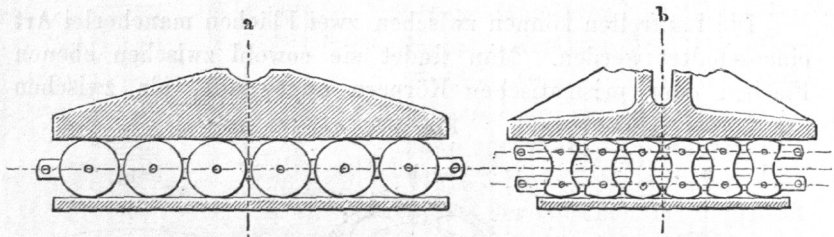


Drehkörperflächen, Schraubenflächen u. s. w. Laufrollen auf prismatischer Bahn sind die des Drucktisches an Schnellpressen, aber auch die Wagenräder der Eisenbahnen, wo in der Bahnkurve auch

\*) Armengaud, Progrès de l'Industrie. Bd. I, Tafel 53 bis 54.

Drehkörper vertreten sind. Dasselbe gilt von den Drehscheiben, Drehbrücken u. s. w. Drehkörperflächen dienen auch bei den sogenannten Rollenlagern als Unterlage und zwar in den Anordnungen *a* und *b*, beziehungsweise *b*<sub>1</sub>, Fig. 566 (a. v. S.). Die Anordnungen (*a*) und (*b*) sind u. a. bei Kranpfosten im Gebrauch; (*b*<sub>1</sub>) ist die allgemeinere Form von (*b*). Auch die Zapfen der Wagenachsen versieht man gelegentlich mit Rollenlagern, dergleichen finden dieselben in den hölzernen Kloben der Flaschenzüge für Takelwerk eine verbreitete Anwendung; auch die Flaschenzugrollen selbst sind Laufrollen. Stark belastete Rollenlager sind diejenigen der Brückenträger\*).

\*) Bei denselben werden sowohl ganz runde Walzen wie unter *a*, als auch seitlich abgeplattete, wie unter *b*, angewandt. Die letzteren führen den sehr ungeeigneten Namen Pendel. Die Frage nach der statthaften Einheitspressung auf den Rollenumfang ist von Interesse. Sie erweist sich als ungemein verwickelt, kann aber für die einfachen Fälle, wo die Rollen massiv sind, wie folgt annähernd beantwortet werden. Werden viele gleiche, parallele Walzen vom Halbmesser *r* an der Länge *l* mit dem Druck *P* zusammengedrückt, so platten sie sich gegenseitig ab auf eine



Fläche von der Breite *b*, entsprechend einem Zentriwinkel  $\beta = 2\varphi$  und es entsteht die Kräftebeziehung  $P = 2flrd\varphi \cos \varphi \mathcal{E}'$ , worin  $\mathcal{E}'$  beim Elastizitätsmodell *E* zu setzen ist  $= 2(E : 2r)r(1 - \cos \varphi)$ . Damit kommt  $P = 2Elr(\sin \varphi - \frac{1}{2}\varphi - \frac{1}{4}\sin 2\varphi)$ , worin  $\varphi$  immer sehr klein, so dass Näherungswerte eingeführt werden können. Mit diesen erhält man  $P = 2Elr \frac{1}{6}\varphi^3$  und die Maximalspannung  $\mathcal{E} = \frac{1}{8}E\beta^2$ . Wird nunmehr die statthafte Annahme gemacht, dass bei Ersetzung eines der Cylinder durch eine gerade Platte aus demselben Material die Spannung im Flächenelement  $lrd\varphi$  halb so gross werde wie vorhin, so erhält man statt der soeben gefundenen Werthe:

$$P = Elr \frac{\beta^3}{48} \quad \text{und} \quad \mathcal{E} = \frac{E}{16} \beta^2,$$

daraus:

$$\mathcal{E} = 0,83 \sqrt[3]{E} \sqrt[3]{\left(\frac{P}{lr}\right)^2} \quad \text{oder} \quad \frac{P}{lr} = \frac{4}{3} \sqrt[3]{\frac{\mathcal{E}^3}{E}}$$

Statt der cylindrischen hat man schon häufig kugelförmige Rollen in Rollenlagern angewandt. Stehen dieselben den cylindrischen auch in dem Punkte nach, dass letztere wegen ihrer grösseren Auflagefläche den Flächendruck weit mehr herabzuziehen gestatten, so bietet die Einfachheit der Herstellung der Kugeln eine grosse Erleichterung für deren praktische Benutzung. Für landwirthschaftliche Maschinen sind die Kugellager durch Cambon\*) empfohlen und mit Erfolg eingeführt worden. Eine Cambon'sche Lagerausrüstung zeigt Fig. 567 (a. f. S.). Auf die Achse ist ein ausgekehrter stählerner Ring befestigt, in welchem die aus Stahl gefertigten Kugeln laufen, 9 bis 13 an der Zahl; sie sind von einer ebenfalls ausgekehrten\*\*) stählernen Schale, die zweitheilig her

Man sieht, dass bei gegebenem Material das Verhältniss  $P:lr$  maassgebend und so einzuschränken ist, dass es innerhalb zulässiger Grenzen bleibt. Wenn man wählt

bei	Gss : Gss	Schm : Schm	Gsst : Gsst (gehärtet)
wo $E =$	10 000	20 000	30 000
$\frac{P}{lr} =$	0,30 bis 0,36	0,24 bis 0,29	0,77 bis 0,99
so kommt $\mathcal{S} \sim$	8 bis 9	8 bis 9,5	18 bis 23

1. *Beispiel.* Elbbrücke bei Holmstorf, 100,5 m Lichtweite der Träger. Gusseisernes Lager und desgleichen Flachwalzen wie unter (b). Druck 360 000 kg auf 6 Walzen, bei denen  $l = 1350$ ,  $r = 105$  mm. Man erhält  $P:rl = 60\,000 : 105 \cdot 1350 = 0,42$ , woraus  $\beta = \sqrt[3]{48 : 10\,000 \sqrt[3]{0,42}} \sim 0,125$ . Dies gibt die Breite  $b$  der Abplattung durch die Last  $= 105 \cdot 0,125 = 13,1$  mm und  $\mathcal{S} = (10\,000 : 16) \cdot 0,125^2 \sim 10$  kg.

2. *Beispiel.* Rheinbrücke bei Wesel, 38,33 m Lichtweite der Träger, Gehärtete Gussstahlwalzen und Lager. Last 350 000 kg auf 6 runde volle Walzen wie unter (a),  $l = 705$ ,  $r = 98$  mm. Man erhält  $P:rl = 0,84$ ,  $\beta = 0,108$ , womit  $b = 10,6$  mm,  $\mathcal{S} = 22$  kg.

3. *Beispiel.* Cliftonbrücke (Drahtsteg) am Niagarafall, 386,84 m zwischen den Pfeilern. Last 78 000 kg auf 11 stählernen Walzen mit desgleichen Lager.  $l = 160$ ,  $r = 15$ . Es kommt  $P:lr$  recht hoch, nämlich 2,95;  $\beta = 0,19$ , woraus  $b = 3$  mm,  $\mathcal{S} = 35$  kg. Diese Spannung ist ungewöhnlich hoch, kann indessen hartem Gussstahl immerhin noch zugemuthet werden.

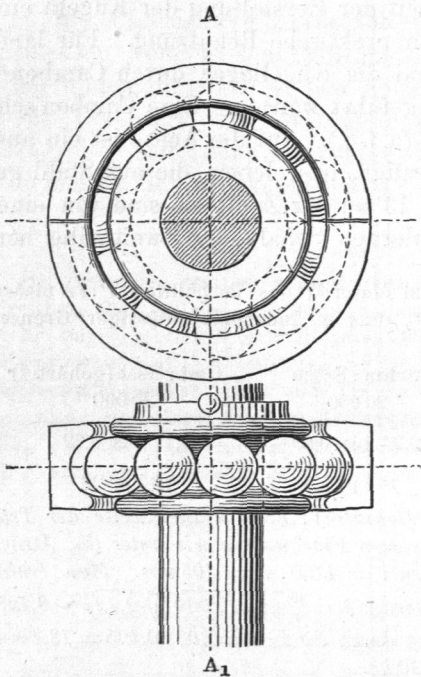
Beim Herrichten der Rollflächen an den Lagern ist besonderes Augenmerk auf die gleichmässige Vertheilung der Pressungen zu richten.

\*) Cambon & fils in Rosières-sur-Mouzon (par Vrécourt, Vogses); die Firma führt 11 Nummern von Kugelrollenlagern.

\*\*) Der auf der Achse befestigte Ring ist ein Abschnitt der Hohlform eines Globoidrings (siehe §. 224) desgleichen der die Lagerschale bildende Ring, der im Gegensatz zum ersteren Ringe von der Aussenseite des Globoidrings genommen ist. Zwischen den beiden Hohlgloboiden liegen, bezw. rollen die Kugeln.

gestellt ist, umschlossen. Die Ränder der Ringe vertreten die Anläufe der Zapfen. Cambon liefert stählerne Kugeln in vorzüglicher Ausführung von 15 bis 25 mm Dicke; dieselben werden auf einer Kugelmühle, die dem hier dargestellten Lager in der Konstruktion ganz ähnlich ist, unter einem Druck von 1000 kg gerundet.

Fig. 567.



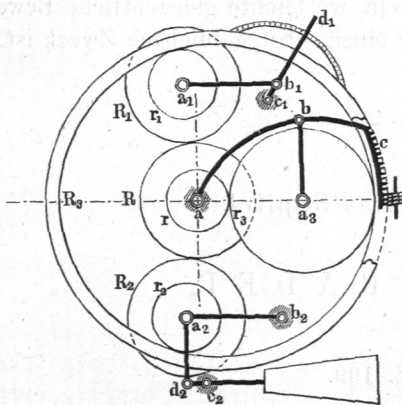
Bei der Verwendung der Laufrollenlager für Wagenachsen findet, da die Wagenräder an sich schon Laufrollen sind, eine Laufrollenführung höherer Ordnung statt; dasselbe gilt von den Klobenzügen, wenn deren Scheiben mit Laufrollenlagern ausgerüstet sind.

Solche ist auch vorhanden bei dem sogenannten Ringwalzenstuhl (Walzenmahlgang), auch Planetenmahlstuhl oder kurz Planetenstuhl von Mechwart. Bei

dieser vortrefflich durchgeführten, geistreichen Konstruktion, die unter des Erfinders Hand noch fortwährend kleine Verbesserungen erfährt, sind die Laufrollen so benutzt, dass ihre interessanten Eigenschaften in höchstem Maasse zur Geltung kommen. Fig. 568 skizzirt schematisch eine der Mechwart'schen Ausführungen.  $R, R_1, R_2$  Walzen zum Mahlen des Getreides. Die Achse  $a$  der Walze  $R$  ist fest gelagert; die Achsen  $b$  und  $c$  dagegen hängen an Lenkern  $b_1 a_1$  und  $b_2 a_2$ , sodass sie gegen  $a$  hin bewegbar sind, also dahin gepresst werden können. Die Lenker sind durch Stellschrauben verlängerbar und verkürzbar. Das Anpressen geschieht durch die Ringrolle  $R_3$  unter Vermittlung der sogenannten Planetenrolle  $r_3$  und der auf die Walzenachsen lose gesetzten Laufrollen  $r_1$  und  $r_2$ . Die Planetenrolle stützt sich auf die mit der Walze  $R$  fest verbundene Rolle  $r$ . Soll die Zusammenpressung der Walzen gesteigert werden, so wird  $R_1$  mittelst des Hebelwerkes  $a_1 b_1 c_1 d_1$  in

den engeren Theil des zwischen  $R$  und  $R_3$  bleibenden Raumes gedrängt;  $d_1 c_1$  wird an dem angedeuteten Sperrzahnbogen festgestellt. Bei zunehmender Abnützung der Walzen hat erneute Nachstellung stattzufinden. Die Ringrolle  $R_3$  beseitigt fast gänzlich die Abnützung der Lager der Walzen, indem sie — wie in Fall (b) und (b<sub>1</sub>) Fig. 566 — Zapfenreibung in Rollenreibung verwandelt. Um die Wirkung des Gewichts der Oberwalze auszugleichen, ist ein Gegengewicht angebracht, welches mittelst des Hebelwerkes  $c_2 d_2 a_2$  die Walze  $R_2$  mit einem Drucke in die Höhe presst, der den Gewichten von  $R_1$  und  $R_2$  gleich ist.

Fig. 568.



Um zu verhüten, dass durch etwaige feine Ungleichheiten in den Durchmessern an den verschiedenen Enden der Walzen die Pressung verschieden ausfalle, ist noch eine besondere Druckeinstellung vorgesehen. Sie geschieht dadurch, dass die an dem Lenker  $ba_3$  hängende Planetenrolle mittelst des Hebelwerkes  $abc$  in den engeren Theil des Raumes zwischen  $r$  und  $R_3$ , hier nach unten, gedrängt wird. Die Einstellung geschieht durch eine bei  $c$  eingreifende Schraube ohne Ende. Der Ring  $R_3$  besteht aus Stahl, aus dem Ganzen geschmiedet, alle übrigen Rollen aus Hartguss. Erwähnt sei noch, dass die Walzen  $R$ ,  $R_1$  und  $R_2$  durch Zahnräder einander von  $R$  aus umtreiben und dass diese Zahnräder die pfeilförmige Zahnform, siehe §. 222, haben.

Die Anwendung von Reibungsrollen in Zahnräderwerken ist keineswegs selten. Für Stirnräder bietet sie sich ungezwungen dar, wie u. a. bei Fig. 589 weiter unten besprochen. Whitworth setzte Laufrollen an die Stelle der Schraubenmutter in seinen Hobel- und Stossmaschinen. Auf die Schraube ohne Ende wandte u. a. Bourdon die Laufrollen an; beim Jensen'schen Göpel sind solche als Druckvermittler zwischen einem Zahnrad und einer höheren Schraube, der Globoidschraube (s. unten §. 224), benutzt; ebenfalls bei der Globoidschraube sind die Laufrollen durch Hawkins ange-

wandt worden (§. 224). So finden denn dieselben Anwendung auf allen Gebieten des Maschinenwesens, auch wenn man den Begriff desselben ausdehnen will auf die subtilen Erzeugnisse des Präzisionsmechanikers (wie z. B. die Atwood'sche Fallmaschine und Amsler's Planimeter zeigen), ja auch über die Grenzen des Maschinenwesens hinaus bei den feinsten wie gewöhnlichsten Fuhrwerken, bis herab zu den Möbeln, wo leichte gelegentliche Beweglichkeit auf der Unterlage der einzig übriggebliebene Zweck ist.

---

### Siebzehntes Kapitel.

## Z A H N R Ä D E R.

### §. 199.

#### Anordnung der Zahnräder.

Die gegenseitige Lage der geometrischen Achsen der Zahnräder wirkt auf deren allgemeine Form mehr oder weniger bestimmend ein, nicht so entscheidend indessen als bei den Reibungsrädern. Denn die geometrischen Gebilde, welche bei den Reibungsrädern als aufeinander rollend erkannt wurden, kommen hier nur theoretisch, nicht in wirklicher körperlicher Ausführung in Betracht; sie heissen die Grundkörper der Zahnräder.

Die Zahnräder für parallele Achsen heissen gerade Räder, Stirnräder; ihre Grundkörper sind Cylinder. Die Räder für winklige Achsen heissen Winkelräder; ihre Grundkörper sind Kegel, wonach die Räder auch Kegelräder heissen. Für geschränkte Achsen werden die Grundkörper der Räder Hyperboloide, wonach auch die Räder selbst häufig benannt werden. Die Zahnkanten werden in vielen Fällen schraubenförmig statt gerade gestaltet; hiernach werden die betreffenden Räder dann Schraubenräder genannt. Andere Zahngestaltungen sind nicht ausgeschlossen, aber nicht gebräuchlich.

Soll die Uebertragung der Bewegung ohne Aenderung des Bewegungsgesetzes oder „gleichförmig“ stattfinden, so werden die erwähnten Grundkörper (Cylinder, Kegel, Hyperboloide) Dreh-