

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

§. 198.

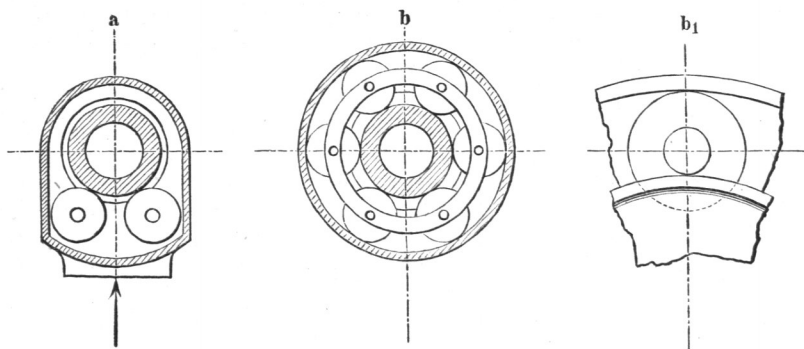
Reibungsrollen, Laufrollen, Laufräder.

Die Reibungsrollen, Laufrollen oder -Räder, auch Antifriktions-
rollen genannt, kommen in zwei unterscheidbaren Verwendungs-
weisen zur Benutzung, nämlich:

- a) in der Weise, dass die Reibungsrollen selbst mittelst ge-
wöhnlicher 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 gegen-
seitig 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.

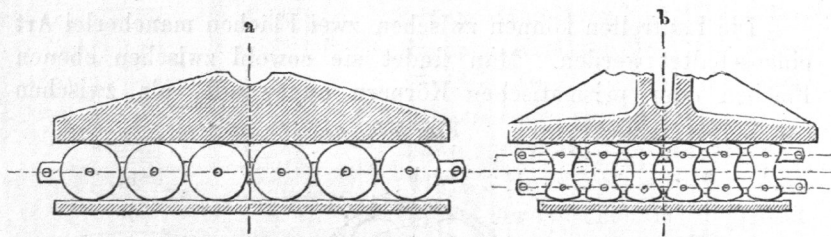


Drehkörperflächen, Schraubenflächen u. s. w. Laufrollen auf pris-
matischer Bahn sind die des Drucktisches an Schnellpressen, aber
auch die Wagenräder der Eisenbahnen, wo in der Bahnkurve auch

*) 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*₁, Fig. 566 (a. v. S.). Die Anordnungen (*a*) und (*b*) sind u. a. bei Kranpfosten im Gebrauch; (*b*₁) 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 statthafter 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* zusammengepresst, so platten sie sich gegenseitig ab auf eine



Fläche von der Breite *b*, entsprechend einem Zentriwinkel $\beta = 2\varphi$ und es entsteht die Kräftebeziehung $P = 2flrd\varphi \cos \varphi \mathfrak{E}'$, worin $\mathfrak{E}'$ 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 φ immer sehr klein, so dass Näherungswerthe eingeführt werden können. Mit diesen erhält man $P = 2Elr \frac{1}{6}\varphi^3$ und die Maximalspannung $\mathfrak{E} = \frac{1}{8}E\beta^2$. 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:

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

daraus:

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

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 ausgekehlter stählerner Ring befestigt, in welchem die aus Stahl gefertigten Kugeln laufen, 9 bis 13 an der Zahl; sie sind von einer ebenfalls ausgekehlten**) 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 $\mathfrak{S} \sim$	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 $\mathfrak{S} = (10\,000 : 16) \cdot 0,125^2 \sim 10$ 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, $\mathfrak{S} = 22$ 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, $\mathfrak{S} = 35$ kg. Diese Spannung ist ungewöhnlich hoch, kann indessen hartem Gussstahl immerhin noch zugemuthet werden.

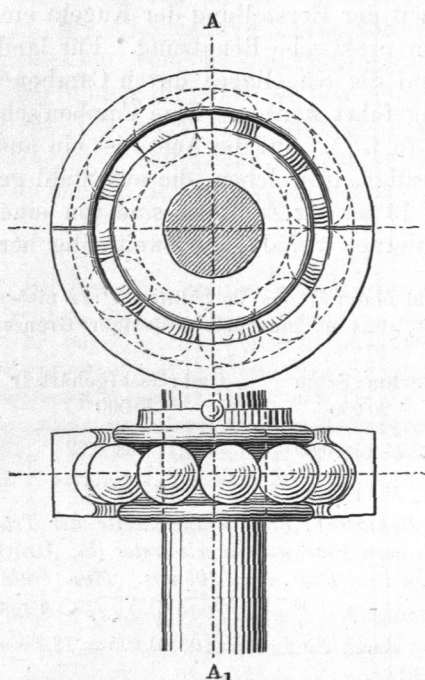
Beim Herrichten der Rollflächen an den Lagern ist besonderes Augenmerk auf die gleichmässige Vertheilung der Pressungen zu richten.

*) 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

Fig. 567.



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.

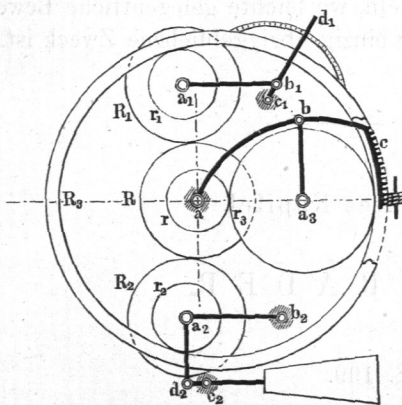
Bei der Verwendung der Laufrollenlager für Wagenachsen findet, da die Wagenräder an sich schon Laufrollen sind, eine Laufrollenführung höherer Ordnung statt; dasselbe gilt von den Klobenzügen, wenn deren Scheiben mit Laufrollenlagern ausgerüstet sind.

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)

Fig. 568.



und (b₁) 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.

Der beschriebene Rollenapparat ist an beiden Enden der Walzen ange-

bracht. 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 Zahnradwerken 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 Kegelsräder 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-