

schmale Wulste übertragen. Dabei sind die Wulste so gegeneinander versetzt, daß der äußere Ring der größeren Kugelzahl entsprechend stärker belastet wird. Die beiden unteren Laufringe ruhen auf einem kugelig abgedrehten Grundring. Das gesamte Kugellager läuft in einem großen Ölbad. Dem unmittelbar darunter angebrachten Halslager wird Öl durch das Rohr *R* zugeführt, das abfließende wird durch den Ring *S* abgeschleudert, in dem Ölfänger *F* aufgefangen und abgeführt.

Eine Leerlaufriemenscheibe gibt Abb. 1641 wieder. Sie stützt sich auf zwei Querlager, die auf der glatten durchlaufenden Welle durch kegelige Spannhülsen gehalten, in der Scheibennabe laufen. Die letztere ist nach außen durch zwei Deckel mit Nuten für Filzringe abgeschlossen und nimmt das Schmiermittel, Fett bei mäßiger, Öl bei größerer Laufgeschwindigkeit, auf. Dadurch ist neben geringen Bewegungswiderständen eine große Sicherheit in bezug auf die Schmierung, die bei den üblichen einfachen Leerlaufscheiben oft Schwierigkeiten macht, gegeben.

Nach Angabe von Hermanns im Motorwagen 1914 sind schon Kugellager bis zu 400 t Belastung, Kugellager bis zu 4 m Durchmesser ausgeführt und Drehzahlen bis zu 40000 in der Minute erreicht worden.

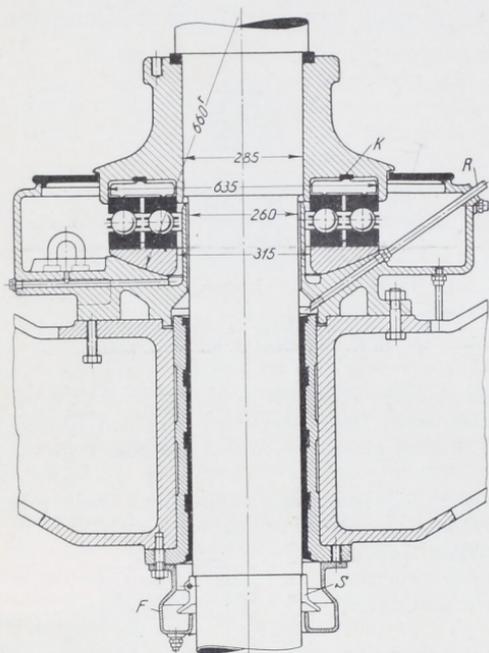


Abb. 1640. Längslager für 45 t Belastung. Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken, Berlin. M. 1: 15.

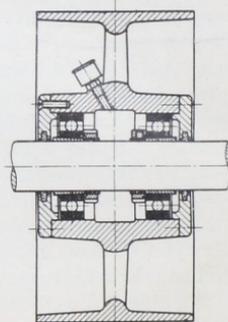


Abb. 1641. Leerlaufriemenscheibe mit Kugellagern.

B. Rollenlager.

1. Grundlagen.

Rollenlager benutzen Rollen oder Walzen als reibungsminderndes Mittel und bieten gegenüber den Kugellagern den Vorteil, daß die Rollkörper in Linien statt in Punkten anliegen und deshalb Stößen gegenüber weniger empfindlich sind. Reines Rollen tritt, ganz allgemein betrachtet, ein, wenn sich die Berührungslinien nach Abb. 1642 in der Drehachse schneiden. Stützlager verlangen also kegelige Rollen, deren Zusammenhalt und richtige Führung freilich große Schwierigkeiten bereitet. Im Falle eines Traglagers für eine zylindrische Welle, Abb. 1643, müssen auch die Rollen zylindrische Form bekommen und bieten dadurch scheinbar die Möglichkeit, einfache Lager von hoher Tragfähigkeit auszubilden. Praktisch steht dem aber das Schränken der Walzen entgegen. Schon geringe Ungenauigkeiten der Welle oder der Walzen, ungleichmäßige Belastungen, Formänderungen usw. lassen die Walzen an einem Ende voreilen und

bringen sie in eine schräge Lage. Dadurch treten nicht allein hohe Beanspruchungen in den Rollen auf, die zwischen der Welle und der Lauffläche verbogen werden, sondern oft recht beträchtliche Axialdrucke und eine starke Neigung zum Wandern der Rollen gegenüber der Welle. Z. B. betrug der Schub an dem Lager der Abb. 1644 bei 970 kg Querbelastung und 350 Umdrehungen in der Minute bis zu 68 kg. Beim Öffnen des Lagers nach dem Stillsetzen zeigten die Rollen etwa 2% Neigung gegenüber der Wellenachse. Das Schränken läßt sich nicht völlig vermeiden und tritt um so stärker und störender auf, je länger die Rollen sind. Zudem ist es schwierig, lange Walzen und Laufbüchsen genau zylindrisch herzustellen und schließlich nutzen sich die Rollen beim Laufen infolge des Schiefstellens an den Enden stärker ab und bleiben nicht dauernd zylindrisch. Starkes Schränken führt zu Verbiegungen und Brüchen der Walzen, Beschädigungen und Rissen der Walzen, Beschädigungen, die sich selbst durch Unterteilen oder durch elastische Formen, wie spiralige,

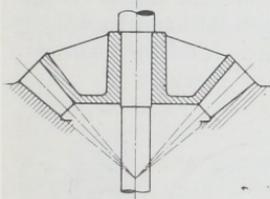


Abb. 1642. Rollenlager.

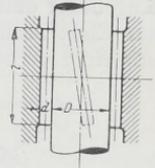


Abb. 1643. Querrollenlager.

federnde Rollen, nicht vermeiden lassen. Als erstes Anzeichen beginnender Zerstörung treten meist Vertiefungen in der Rollenoberfläche durch Abbröckeln kleiner Teilchen auf. Zur Beschränkung des Schiefstellens ist die Verwendung widerstandsfähiger Käfige zur Führung der Walzen gegeneinander nötig, die aber den Rollen gestatten sollten, auf der unbelasteten Seite wieder die richtige Lage einzunehmen. Die älteren

Rollenlager, an denen man durch lange Walzen glaubte, die Tragfähigkeit steigern zu können, ergaben aus all den Gründen bei Versuchen und bei ihrer sonstigen Anwendung niedrige Belastungszahlen, die den Walzenlagern kaum Aussicht boten, mit den Kugellagern in Wettbewerb zu treten. Dagegen sind in den neueren

Ausführungen, bei denen kurze Rollen von einer Länge etwa gleich dem Durchmesser benutzt werden, Lager gefunden, die den Kugellagern gleichwertig, in mancher Beziehung sogar überlegen sind.

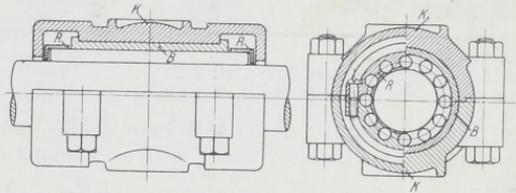


Abb. 1644. Rollenlager älterer Bauart. M. 1 : 5.

2. Berechnung der Rollenlager.

Die Tragfähigkeit P_0 einer einzelnen Walze setzt man in sinngemäßer Umformung der Formel (471) für Kugeln:

$$P_0 = k \cdot d \cdot l. \quad (476)$$

k ist eine vom Werkstoff und Härtezustand sowie den Betriebsverhältnissen des Lagers abhängige Zahl, d der Durchmesser, l die Länge der Walzen. Die Tragfähigkeit P eines ganzen Querlagers mit z Rollen darf dementsprechend zu:

$$P = \frac{z}{5} \cdot k \cdot d \cdot l \quad (477)$$

angenommen werden.

Für langsame oder nur kippende Bewegungen, wie sie an den Rollenlagern der Brücken und Eisenbauwerke, Abb. 1645, vorkommen, kann für Gußeisen auf gußeisernen Ebenen Platten $k = 25$, für Stahl auf Stahlguß oder Stahl (ungehärtet) $k = 60$ gesetzt werden. Dabei ist sorgfältige Bearbeitung der Rollen und der Laufflächen vorausgesetzt, so daß sich die Kraft auf der ganzen Walzenlänge möglichst gleichmäßig verteilt. Bei mehreren Rollen und sehr großer Länge ist eine Verminderung der Werte zu empfehlen. An sehr langsam laufenden Lagern, an Kransäulen u. dgl. darf für gehärteten Stahl

auf gehärtetem Stahl $k = 150$ genommen werden. Für raschlaufende Lager mit langen Walzen gibt die Moffet Railway Bearing Co in Chicago $k = 20$ an. Stribeck ermittelte bei Versuchen an Lagern mit langen Rollen von verschiedener, teilweise aber minderwertiger Bauart $k = 6 \dots 11$. Die neueren Lager mit kurzen Rollen ($l \approx d$) zeigen wesentlich größere Belastungsfähigkeiten, wie der Vergleich mit einreihigen Kugellagern derselben Bohrung und gleicher Außenabmessung ergibt. Beispielweise sind die folgenden Zahlen den Listen der S. K. F.-Norma-Gesellschaft entnommen, wobei hervorgehoben sei, daß es sich bei dem Radiax-Lager um ein hochschultriges Kugellager ohne Einfüllöffnung und demnach mit geringer Kugelzahl handelt, während am Einstellrollenlager mit Innenbord nach Abb. 1646 der ganze Umfang dicht, also mit einer verhältnismäßig großen Zahl von Rollen besetzt ist.

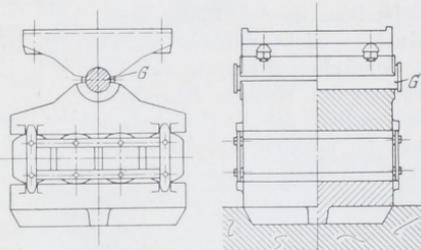


Abb. 1645. Rollenlager für eine Brücke oder ein Eisenbauwerk.

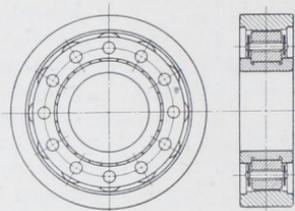


Abb. 1646. S. K. F.-Norma Einstellrollenlager mit Innenbord.

Belastungsfähigkeit bei	$n = 10$	100	300	500	1000 Umdr. i. d. Min.
Radiaxkugellager, schwere Reihe, Nr 6420	9500	8000	6800	6000	5000 kg
Einstellrollenlager, schwere Reihe, N. S. 100	17000	15300	13500	12200	9000 kg

An einem Traglager der mittleren Reihe von 25 mm Bohrung mit 12 Rollen von $d = 10$ mm Durchmesser und $l = 10$ mm Länge ergaben sich aus der Formel:

$$k = \frac{5P}{z \cdot l \cdot d} = \frac{5 \cdot P}{12 \cdot 1 \cdot 1},$$

die folgenden, von der mittleren Laufgeschwindigkeit abhängigen Belastungszahlen.

Drehzahl in der Minute	$n = 10$	100	200	300	500	1000	2000	3000	5000
Mittlere Laufgeschwindigkeit der Rollen $v = 0,02$	0,22	0,44	0,66	1,1	2,2	4,4	6,6	11,0	m/sek
Tragfähigkeit nach der Liste	750	690	600	540	420	350	330	300	250 kg
Spezifische Belastung	$k = 313$	288	250	225	175	146	137	125	104

Sie liegen nicht unbedeutend höher als die für Kugeln zulässigen Werte nach Abb. 1605.

3. Konstruktive Durchbildung der Rollenlager und Beispiele.

Ähnlich wie die Kugellager wurden auch die Rollenlager von den Firmen in Rücksicht auf die Massenherstellung genormt. Sie werden nur in den normalen Abmessungen geliefert. Dabei bieten die kurzen Rollen die Möglichkeit, mit den durch die Dinormen festgelegten Ringmaßen auszukommen, die die Kugellager gleichen Wellendurchmessers haben, so daß dadurch die Austauschfähigkeit der beiden Lagerarten gegeneinander gegeben ist.

Für Sonderausführungen werden die Walzendurchmesser zu etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$ desjenigen der Welle gewählt.

Ein älteres Lager mit langen, ungehärteten Rollen zeigt Abb. 1644. Die Rollen laufen in einer Stahlbüchse B , sind an den Enden in den Bohrungen zweier voneinander ganz unabhängiger Ringe R in bestimmten Abständen voneinander gehalten, unterliegen aber beim Laufen ziemlich starken Schrägungen. Das Lagergehäuse besteht aus Gußeisen und ist nach der Sellersschen Art durch Kugelflächen K gehalten, um

Durchbiegungen der Welle unschädlich zu machen. Die Führungsringe genügend sicher und steif miteinander zu verbinden, ist bei der großen Rollenlänge schwierig, da die Verbindungsmittel beim Schiefstellen der Rollen beträchtlichen Biegemomenten ausgesetzt sind und um so mehr Platz wegnehmen und die Zahl der Walzen beschränken, je kräftiger und breiter sie ausgeführt werden. Durch das Schränken läuft ferner einer der Ringe *R* an der Gehäuseinnenfläche an und verstärkt durch die dort entstehende gleitende Reibung die Neigung zum Schränken. Diese gleitende Reibung hat man durch Einschalten von Kugeln, auf denen die Käfige laufen, vgl. Abb. 1653, zu vermindern gesucht, kam aber dadurch zu verwickelten und teuren Bauarten.

Abb. 1646 gibt ein normales Einstellrollenlager der S. K. F.-Norma-Gesellschaft wieder. Die kurzen zylindrischen Rollen laufen zwischen hohen Spurkränzen des zylindrisch abgeschliffenen Innenringes, werden durch die im Verhältnis zum Durchmesser langen Anlageflächen am Bord sicher geführt und sitzen auf Bolzen, die mit zwei Seitenplatten einen widerstandsfähigen Käfig bilden. Der Außenring ist schwach ballig geschliffen, wodurch der Druck sicher auf den mittleren Teil der Rollen unter Vermeidung gefährlicher Kantenpressungen übertragen wird. Durch geringes Spiel der Walzen in den Laufbahnen ist eine gewisse Schrägstellung der Welle möglich. Dagegen kann das Rollenlager keinen Axialdruck aufnehmen. Neuerdings werden aber die Außenringe mit Borden, an dem Schulterrollenlager, Abb. 1647, mit einem einfachen, an dem Führungsrollenlager 1648 mit doppeltem Bord versehen und so zur Aufnahme von

größeren Axialdrücken geeignet gemacht, die nach Abb. 1647 nicht ungünstig, jedenfalls in vorteilhafterer Weise als durch Kugeln, die sich zwischen den Laufringen mehr oder weniger klemmen, übertragen werden. In vielen Fällen wird man dadurch besondere Drucklager entbehren können. Nach Versuchen steigt die axiale Tragfähigkeit mit zunehmender Querbelastung. Auch werden bei diesen Lagern die Laufflächen im Außenring genau zylindrisch geschliffen, eine Maßnahme, die die Neigung der Rollen zum Kanten und Kippen infolge der seitlichen Kräfte vermindert.

Die Lager werden in drei Reihen für leichte, mittlere und schwere Belastung und, wie oben erwähnt, in Übereinstimmung mit den Dinormen geliefert.

Daneben führt die S. K. F.-Norma-Gesellschaft Lager nach der Abb. 1649 mit tonnenförmigen Rollen aus, die nach Art ihrer doppelreihigen Kugellager einerseits in zwei Rillen des Innenrings, andererseits im kugelig ausgedrehten Außenring anliegen. Der Wölbungshalbmesser der Walzen ist etwas kleiner als der Halbmesser der Kugel genommen. Selbst unter den sehr ungünstigen Verhältnissen an Walzwerken haben sich derartige Rollenlager bewährt.

Die Kugelfabrik Fischer, Schweinfurt, benutzt kurze, gewölbte Rollen, die, durch hohe Schultern des Innenrings und einen Käfig gehalten, in einem kugelig ausgeschliffenen Außenring laufen. Auch bei ihnen ist der Wölbungshalbmesser der Rollen etwas kleiner als derjenige der Kugelfläche, deren Mittelpunkt in der Wellenmitte liegt, damit die Lager Durchbiegungen oder Schiefstellungen der Welle leicht folgen können.

G. und J. Jaeger, Elberfeld, versehen die Rollen zwecks gleichzeitiger Belastung in radialer und axialer Richtung mit Bündeln mitten auf den Walzen, Abb. 1650, sind dadurch freilich zur Teilung der eigentlichen Laufringe gezwungen.

In Abb. 1651, der Ankerlagerung eines Bahnmotors, ist das linke Lager als Führungsrollenlager ausgebildet und dient zum Festhalten der Motorwelle der Seite nach, während das rechte die Ausdehnung und Durchbiegung der Welle zuläßt; die letztere besonders

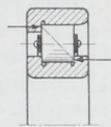


Abb. 1647.
Schulterrollenlager.
S. K. F.-
Norma
G. m. b. H.,
Berlin.



Abb. 1648.
Führungsrollenlager.
S. K. F.-
Norma
G. m. b. H.,
Berlin.

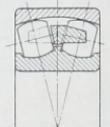


Abb. 1649.
S. K. F.-
Rollenlager.

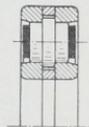


Abb. 1650.
Bundrollenlager,
G. und J.
Jaeger
A. G.,
Elberfeld.

leicht dadurch, daß die gewölbte Lauffläche im Gegensatz zu Abb. 1646 innen angeordnet ist. Große Sorgfalt ist auf die Fernhaltung von Staub und Schmutz durch die mit Rillen versehenen Scheiben S und S_1 und durch die Filzringe F verwandt.

Eine andere Lösung der Aufnahme von Axialdrücken ist durch den Zusammenbau von Rollen- mit Kugellagern nach Abb. 1652 gegeben, bei dem ein einziger Ring die Stützflächen der Walzen für die radiale wie die der Kugeln für die axiale Belastung abgibt. Durch die vom Innenring gebildete lange Nabe wird der gute Sitz auf der Welle erleichtert; doch werden die Lager auch mit einem kurzen Innenring und einem besonderen Druckstück hergestellt. Welle und Gehäuse bekommen einfache, zylindrische Flächen ohne Absätze.

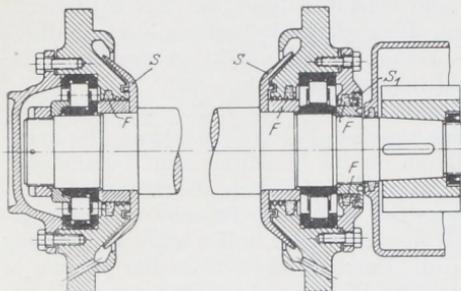


Abb. 1651. Ankerlagerung eines Bahnmotors. S. K. F.-Norma G. m. b. H., Berlin.

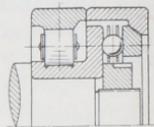


Abb. 1652. Kombiniertes Rollen- und Kugellager, S. K. F.-Norma G. m. b. H., Berlin.

In Abb. 1653 ist das

Halslager eines Drehkranes für einen Zapfen von 90 mm Durchmesser und einen wagrechten Druck von 3100 kg dargestellt. Nimmt man den Walzendurchmesser zu 25 mm an, so ergibt sich ein Rollenkreisdurchmesser von 115 mm, auf dem neun Rollen Platz haben, wenn man genügend Zwischenraum zur Unterbringung der Käfigstangen vorsieht. Damit folgt die Länge l der Rollen bei $k = 60$ für Stahlwalzen, die in einer Stahlbüchse und auf einem Stahlzapfen laufen, aus Formel (477):

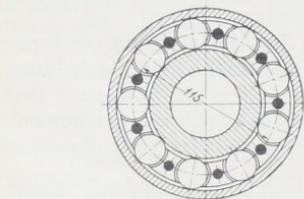
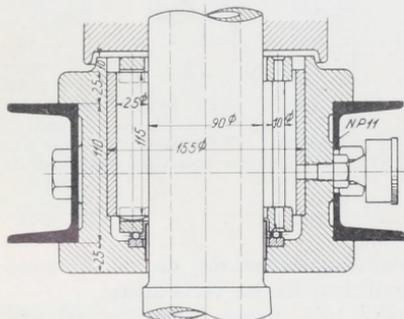


Abb. 1653. Stützung eines Drehkranzapfens. M. 1: 5.

Der Käfig besteht aus zwei kräftigen, durch neun Längsstangen miteinander verbundenen

$$l = \frac{5P}{z \cdot k \cdot d} = \frac{5 \cdot 3100}{9 \cdot 60 \cdot 2,5} = 11,5 \text{ cm.}$$

Der Käfig besteht aus zwei kräftigen, durch neun Längsstangen miteinander verbundenen

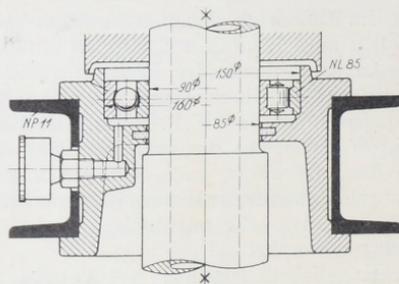


Abb. 1654. Drehkranzapfen mit Kugel- und Rollenlager. M. 1: 5.

Ringen mit Vertiefungen, in welchen die Rollen mit Spiel liegen. Der untere Ring läuft auf Kugeln, um durch Verminderung der Reibung die Neigung zum Schrägen herabzusetzen. Zur Schmierung ist eine Staufferbüchse vorgesehen. Vergleichsweise ist in der linken Hälfte der Abb. 1654 das Kugellager Z 90 DIN 612 mit erhöhter Kugellzahl der Zusammenstellung 136, Seite 903 dargestellt. Es besitzt 18 Kugeln von 19,9 mm Durchmesser, die nach Formel (472) mit:

$$k = \frac{5 \cdot P}{z \cdot d^2} = \frac{5 \cdot 3100}{18 \cdot 1,99^2} = 218$$

