

FAG



FAG Wälzlager für Walzgerüste

SCHAEFFLER

Vorwort

Schaeffler hat sich schon frühzeitig mit der Konstruktion und Fertigung von Lagern für Walzgerüste beschäftigt und umfangreiche Erfahrungen gesammelt. Über sie wird in dieser Publikation berichtet. Der Walzwerkskonstrukteur findet hier die Grundlagen für Auswahl und Berechnung der Walzenlager. Auch ihre Montage und Wartung wird ausführlich behandelt. Für alle über diese Grundlagen hinausgehenden Fragen steht der Schaeffler-Ingenieurdienst zur Verfügung. Abmessungen und Leistungsdaten der Wälzlager für Walzgerüste enthält der Katalog GL1. Eine Auswahl von Veröffentlichungen über Walzwerkslagerungen sowie über grundlegende Themen der Lagerungstechnik, zum Beispiel Dimensionierung, Ein- und Ausbau, Schmierung und Wartung, gibt die Liste auf Seite 52 der vorliegenden Publikation.

Inhalt

Walzenlager	4	Anschlussteile	29
Konstruktionsbedingungen	4	Richtlinien für die Passungen	29
Zylinderrollenlager	5	Radiallager	29
Axiallager	6	Axiallager	29
Kegelrollenlager	7	Bearbeitungstoleranzen zylindrischer Lagersitze	32
Pendelrollenlager	9	Rauheit der Lagersitze	33
Axial-Kegelrollenlager für Druckspindeln	9	Toleranzen der Walzenzapfen und Einbaustücke	34
		Maßnahmen bei losem Sitz der Innenringe	36
Berechnung der Lagerbelastung	10	Einbaustücke	36
Einstellbare Einbaustücke	10	Anlageflächen der Ständerfenster und	
Bandwalzung	10	Einbaustücke	37
Kaliberwalzung	11	Gestaltung der Dichtungen	37
Starr geführte Einbaustücke	12		
Berechnung der Walzenbiegung	13	Montage und Wartung	38
Berechnung der Lastverhältnisse und Pressungen	14	Vorbereitungen zum Einbau	38
		Kontrolle zylindrischer Walzenzapfen	38
Tragfähigkeit und Lebensdauer	16	Kontrolle der Einbaustücke	38
Statisch beanspruchte Lager	16	Oberflächenrauheit	38
Dynamisch beanspruchte Lager	16	Behandlung der Lagersitzflächen	39
		Vorbereitung der Lager zum Einbau	39
Schmierung	18	Montage von vierreihigen Zylinderrollenlagern	39
Die Schmierung von Walzenlagern	18	Montage der Innenringe	40
Fettschmierung	18	Montage der Außenringe	41
Fettauswahl nach Beanspruchung	19	Montage der Axiallager	42
Einfluss des Lagertyps	19	Montage der vormontierten Einbaustücke	
Einfluss der Drehzahl	19	auf den Walzenzapfen	42
Grundölviskosität	20	Ausbau der Lagerung	43
Viskositätsverhältnis	20	Lossitz der Innenringe	43
Einfluss der Temperatur	21	Montage von vierreihigen Kegelrollenlagern	44
Sonstige Betriebsbedingungen	22	Einbau	44
Ölschmierung	23	Ausbau	46
Erforderliche Viskosität	23	Wartung	46
Sonstige erforderliche Eigenschaften	23	Montage von Pendelrollenlagern	47
Verfahren der Ölschmierung	23	Einbau von Pendelrollenlagern	
Gestaltung der Schmierung	24	mit kegeliger Bohrung	47
Füllmenge bei Fettschmierung	24	Ausbau von Pendelrollenlagern	
Nachschmierintervalle bei Fettschmierung	24	mit kegeliger Bohrung	47
Schmierstoffführung	24	Reservehaltung	48
Fettschmierung	24	Statistische Erfassung	48
Öl-Luft-Schmierung	26	Industrieservice	48
Ölumlaufschmierung	27	Aufbewahrung von Wälzlagern	49
Toleranzen der Walzenlager	28	Auswahl weiterer FAG-Publikationen	52

Walzenlager

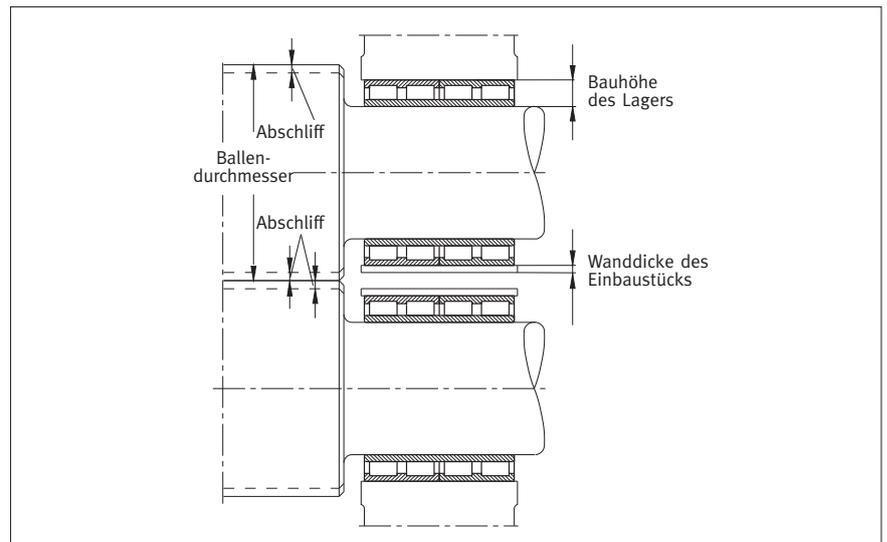
Konstruktionsbedingungen

Konstruktionsbedingungen

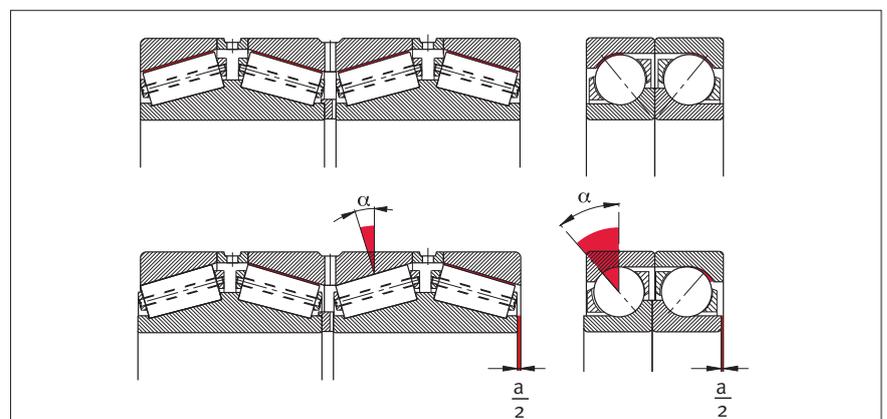
Die Wälzlager, in denen die Walzen von Walzgerüsten abgestützt werden, sind hoch belastet; auch die spezifische Belastung ist hoch. Damit die Lager die Walzkräfte sicher aufnehmen, müssen sie eine hohe Tragfähigkeit haben. Andererseits ist der für die Lager zur Verfügung stehende Einbauraum beschränkt, insbesondere was die Bauhöhe des Lagers betrifft, Bild 1. Der Durchmesser des Walzenballens, abzüglich eines bestimmten Abschliffs und der Wanddicke des Einbaustücks, bestimmt den Außendurchmesser des Lagers. Seine Bohrung entspricht dem Durchmesser des Walzenzapfens. Ist die Belastung sehr hoch, so muss ein Kompromiss zwischen dem Durchmesser des Zapfens und seiner Festigkeit einerseits und der Bauhöhe des Lagers und seiner Tragfähigkeit andererseits geschlossen werden. Da die Walzenlager in radialer Richtung sehr hoch, in axialer Richtung aber nur gering beansprucht sind, nutzt man bei der Konstruktion der Lager den vorhandenen Einbauraum so weit wie möglich für die Aufnahme der Radialkräfte aus. Rollenlager haben eine höhere Tragfähigkeit als Kugellager. Deshalb werden zur Aufnahme der Radialkräfte ausschließlich Rollenlager eingebaut, und zwar Zylinderrollenlager, Kegelrollenlager oder Pendelrollenlager. Das Material für Lagerringe und Wälzkörper ist durchhärtender Wälzlagerstahl oder in manchen Fällen Einsatzstahl. Ein häufiger Walzenwechsel wirkt sich auf die Wahl der Lagerbauart

aus. In der Regel werden beim Nacharbeiten der Walzenballen die Einbaustücke abgezogen. Das ist bei nicht zerlegbaren Lagern – z. B. Pendelrollenlagern –, deren Innenring fest auf dem Zapfen gepasst ist, aufwendig. Bei Zylinderrollenlagern kann dagegen das Einbaustück mit Außenring und Rollenkranz von dem auf dem Zapfen montierten Innenring abgezogen werden. Vierreihige Kegelrollenlager oder zwei nebeneinander angeordnete

Pendelrollenlager erhalten auf einem zylindrischen Zapfen in der Regel einen losen Sitz. Dadurch ist das Abziehen der Einbaustücke auf einfache Weise möglich; der Einsatzbereich ist aber wegen des losen Sitzes eingeengt. Werden als Radiallager Zylinderrollenlager eingebaut, so müssen die Walzen in einem zusätzlichen Axiallager axial geführt werden. Die getrennte Aufnahme der radialen und der axialen Kräfte ist besonders dort vorteilhaft, wo sich



1: Der zur Verfügung stehende Einbauraum



2: Die Axialluft a in Abhängigkeit von der Radialluft und vom Druckwinkel α

Walzenlager

Konstruktionsbedingungen · Zylinderrollenlager

die axiale Führungsgenauigkeit auf die Maßhaltigkeit des Walzguts auswirkt, z. B. bei Gerüsten, auf denen Profile gewalzt werden. Mit Axiallagern erzielt man eine sehr hohe axiale Führungsgenauigkeit, weil sie mit sehr kleiner Axialluft oder auch spielfrei

eingebaut werden können. Radiallager hingegen, die die axiale und radiale Führung zugleich übernehmen, haben immer eine größere Axialluft. Bild 2 (Seite 4) zeigt, wie die Axialluft a bei gegebener Radialluft von dem Druckwinkel α abhängt.

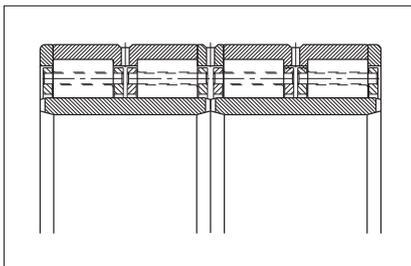
Das Verhältnis Axialluft/Radialluft ist bei Pendelrollenlagern am größten. Bei vierreihigen Kegelrollenlagern sind die Werte kleiner. Noch kleiner ist das Verhältnis bei Schrägkugellagern.

Zylinderrollenlager

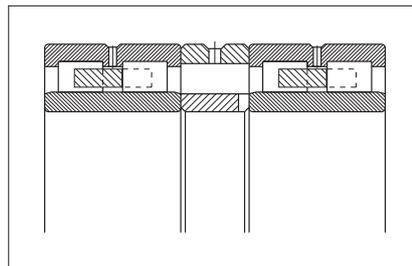
Bei gegebenem Einbauraum lässt sich mit einem Zylinderrollenlager die höchste Tragfähigkeit erreichen. Das Zylinderrollenlager ist somit für höchste radiale Belastungen und außerdem – wegen seines niedrigen Reibwerts – für höchste Drehzahlen geeignet. In Walzgerüsten werden Zylinderrollenlager verschiedener Ausführung eingebaut. Welche Ausführung im einzelnen Fall in Betracht kommt, hängt von der Art der Anwendung ab. Zylinderrollenlager werden hauptsächlich mit festem Innenringsitz verwendet. In einigen Anwendungen haben sich auch Zylinderrollenlager mit losem Innenringsitz bewährt. Damit, vor allem bei größeren Lagern, möglichst viele Rollen in dem Lager untergebracht werden können und die Tragfähigkeit hoch

wird, werden die Lager mit durchbohrten Rollen und Bolzenkäfigen ausgerüstet, Bild 3. Der Bolzenkäfig besteht aus seitlichen Käfigscheiben, in denen die durch die Rollen gehenden Bolzen befestigt sind. Dieser Käfig hat eine sehr hohe Festigkeit. Das ist besonders bei Lagern wichtig, die in großen Gerüsten einer starken Beschleunigung und Verzögerung – z. B. beim Reversieren – ausgesetzt sind. Um eine besonders hohe Laufgenauigkeit zu erhalten, wählt man Zylinderrollenlager mit vorgeschliffener Innenringlaufbahn und schleift diese zusammen mit der Walzenoberfläche fertig, wenn der Innenring fest auf dem Walzenzapfen sitzt. In Bild 4 sind zweireihige Zylinderrollenlager der Maßreihe 49 dargestellt. Sie werden vorzugsweise für die Lagerung von Arbeitswalzen verwendet. Damit die aus

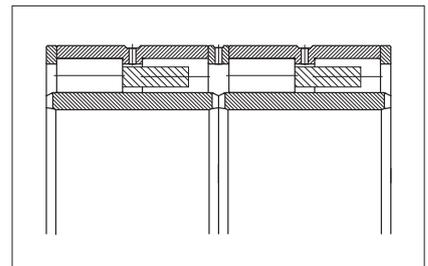
etwaigen Momenten resultierenden Beanspruchungen kleiner werden, rückt man die Lager auseinander und setzt innen und außen Ringe zwischen die Lagerringe. Bei diesen Lagern kommt es weniger auf eine hohe Tragfähigkeit an als vielmehr darauf, dass sie für hohe Drehzahlen geeignet sind. Zylinderrollenlager nach Bild 5 werden überwiegend in Feineisen- und Drahtstraßen eingesetzt. Sie haben Massivkäfige aus Messing oder Stahl. Im Verhältnis zu ihrer Eignung für hohe Walzgeschwindigkeiten – bis zu 40 m/s – haben sie eine hohe Tragfähigkeit. In den Fertigstaffeln solcher Straßen mit Walzgeschwindigkeiten bis zu 100 m/s und mehr wird einadrig gewalzt. Es werden meist einreihige Zylinderrollenlager verwendet. Die Gebrauchsdauer, die sich mit diesen Lagern in der Praxis erreichen lässt, reicht aus.



3: Vierreihiges Zylinderrollenlager mit durchbohrten Rollen und Bolzenkäfig



4: Zweireihige Zylinderrollenlager der Maßreihe 49 mit innerem und äußerem Ring zwischen den Lagerringen



5: Vierreihiges Zylinderrollenlager mit Massivkäfig für hohe Walzgeschwindigkeit

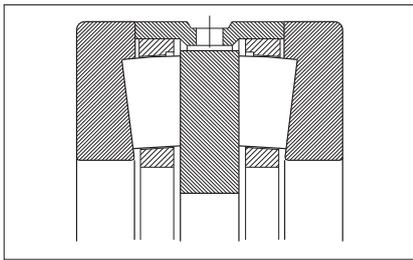
Walzenlager

Axiallager

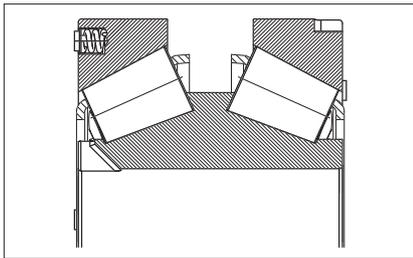
Axiallager

In der Regel wird das Einbaustück auf der Ausbauseite im Walzenständer festgelegt. Dieses Einbaustück überträgt die axialen Kräfte auf den Walzenständer. Als Axiallager werden Lager verschiedener Bauarten verwendet.

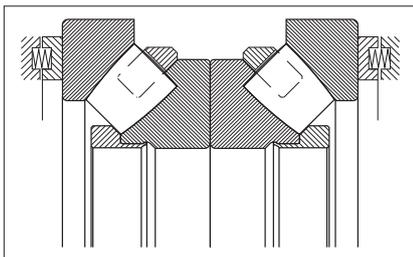
Bei hohen Axialkräften und mittleren Drehzahlen setzt man Axial-Kegelrollenlager (Bild 6), zweireihige Kegelrollenlager mit großem Druckwinkel (Bild 7) oder



6: Zweiseitig wirkendes Axial-Kegelrollenlager mit Zwischenring



7: Zweireihiges Kegelrollenlager mit großem Druckwinkel und axial mit Federn angestellten Außenringen



8: Axial-Pendelrollenlagerpaar zur Axiallastaufnahme in beiden Richtungen

Axial-Pendelrollenlager (Bild 8) ein. Beim Axial-Kegelrollenlager ist zwischen den Gehäusescheiben ein Ring eingepasst, dessen Breite auf die erforderliche Axialluft abgestimmt ist.

Axial-Kegelrollenlager, zweireihige Kegelrollenlager und Axial-Pendelrollenlager werden vor allem in Blockgerüsten, Grobblechgerüsten und Warmbandstraßen eingebaut, also dort, wo beträchtliche axiale Kräfte bei niedrigen bis mittleren Drehzahlen auftreten. Im Betrieb wird aus der Axialbelastung immer nur eine Lagerreihe rein axial belastet. Die andere Reihe ist unbelastet. Damit die Abrollverhältnisse nicht gestört sind, werden die Außenringe der zweireihigen Kegelrollenlager und die Gehäusescheiben der Axial-Pendelrollenlager auf beiden Seiten über Federn mit der Mindestlast vorgespannt (Bilder 7 und 8).

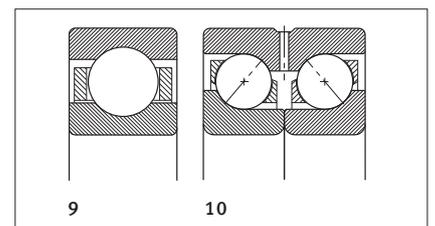
Bei Bandgerüsten und den Gerüsten von Feineisen- und Drahtstraßen sind die Walzgeschwindigkeiten aber in vielen Fällen so hoch, dass Axial-Kegelrollenlager und Axial-Pendelrollenlager nicht mehr verwendet werden können.

Man baut daher als Axiallager Schrägkugellager oder Rillenkugellager ein. Bei den Stützwalzen großer Quarto-Bandgerüste und -Foliengerüste genügt als Axiallager oft ein Rillenkugellager, Bild 9. Es erhält meistens die gleiche Bauhöhe wie das Radial-Zylinderrollenlager, dem es zugeordnet ist.

Statt des Rillenkugellagers kann man ein zweireihiges Kegelrollenlager mit großem Druckwinkel verwenden. Die erforderlichen Tragzahlen lassen sich dann mit einem wesentlich kleineren Lager

erreichen. Zusammen mit erheblich kleineren Umbauteilen ermöglichen die zweireihigen Kegelrollenlager kostengünstigere Konstruktionen. Bei den Arbeitswalzen von Quarto-Bandgerüsten und bei den Walzen von Duo-Gerüsten in Feineisen- und Drahtstraßen werden als Axiallager überwiegend Schrägkugellager (Bild 10) eingebaut.

Das auf der Antriebsseite angeordnete Einbaustück wird im Walzenständer nicht festgelegt; es wird von dem Axiallager auf dem Walzenzapfen geführt. Da die Führungskräfte nicht hoch sind, baut man hier ein Rillenkugellager ein. Dadurch wird die Breite der Lagerung nur wenig vergrößert. Zweckmäßigerweise erhält das Rillenkugellager die gleiche Bauhöhe wie das Radiallager. Bei einigen Walzenlagerungen wird auf der Antriebsseite das gleiche Axiallager wie auf der Ausbauseite eingebaut. Dadurch wird die Reservehaltung (Seite 48) einfacher. Die bei diesen Lagerungen verwendeten Rillenkugellager und Schrägkugellager sollen nur axiale Kräfte aufnehmen. Damit die Außenringe keine radialen Kräfte übertragen, werden die Einbaustücke an den Sitzstellen der Lageraußenringe bis zu einigen Millimetern ausgedreht (siehe auch Tabelle 40, Seite 31).



9: Rillenkugellager
10: Zweireihiges Schrägkugellager

Walzenlager

Kegelrollenlager

Kegelrollenlager

Wegen der schrägen Lage der Rollen nehmen Kegelrollenlager Radial- und Axialkräfte auf. In den Walzgerüsten werden vierreihige und zweireihige Kegelrollenlager eingesetzt, Bild 11.

Kegelrollenlager sind zerlegbar; trotzdem ist es aber nicht – wie bei Zylinderrollenlagern – möglich, zunächst die Innenringe auf dem Zapfen, die Außenringe im Einbaustück zu montieren und dann das Einbaustück auf den Walzenzapfen zu schieben. Man muss vielmehr das komplette Lager im Einbaustück montieren und dann das Einbaustück mit dem Lager auf den Zapfen schieben. Das hat zur Folge, dass der Lagerinnenring auf dem Zapfen lose gepasst werden muss, obwohl er – wegen der Umfangslast – eigentlich einen strammen Sitz erhalten müsste.

Bei losem Sitz läuft der Innenring zwangsläufig auf dem Zapfen ab. Hierbei treten Erwärmung und

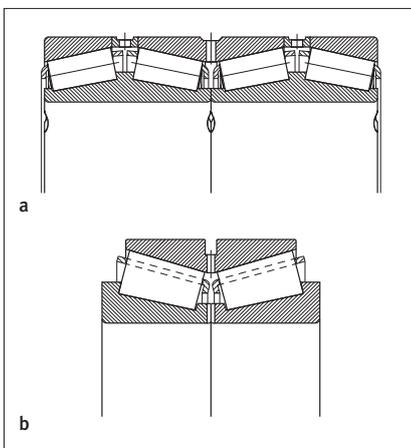
Verschleiß des Zapfens auf. Der Verschleiß lässt sich in Grenzen halten mit einer guten Schmierung der Passfuge zwischen Innenring und Walzenzapfen, siehe auch Seite 36.

Um einen Fettvorrat zu schaffen und dadurch die Zapfenschmierung zu verbessern, dreht man in manchen Fällen eine schraubenförmige Nut in die Innenringbohrung ein, Bild 12. In der Nut können sich auch Abriebteilchen absetzen. Aus dem gleichen Grund werden auch an den Seitenflächen der Innenringe radial verlaufende Nuten vorgesehen.

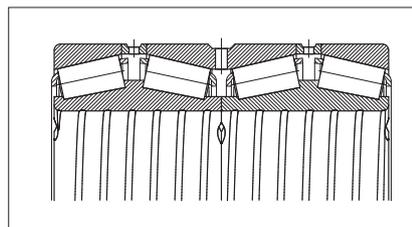
Bei den Arbeitswalzen, die in vierreihigen Kegelrollenlagern abgestützt sind, ist der Verschleiß wegen der niedrigen Belastung gering. Hinzu kommt, dass Arbeitswalzen in den meisten Fällen verbraucht sind und ersetzt werden müssen, bevor sich der Zapfenverschleiß störend auswirkt. Große Kegelrollenlager werden ebenso wie große Zylinderrollenlager mit durchbohrten Rollen und Bolzenkäfigen ausgerüstet. Diese Ausführung ist bei Reversiergerüsten wegen der hohen Massenkräfte notwendig.

Aus den geschilderten Gründen lässt sich das vierreihige Kegelrollenlager mit zylindrischer Bohrung nicht für alle Walzenlagerungen verwenden. Vor allem bei hohen Drehzahlen und hohen Belastungen ist für die Innenringe ein fester Sitz erforderlich.

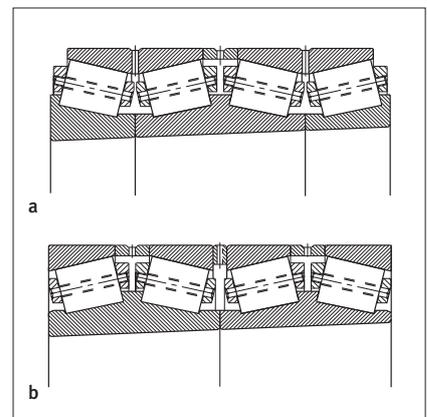
Meistens werden dann Lager mit kegeliger Bohrung gewählt und auf dem kegeligen Walzenzapfen montiert, Bild 13. Damit wird der erforderliche feste Sitz auf einfache Weise erreicht. Bei der Ausführung nach Bild 13a besteht der Innenring aus einem Doppelring und zwei Einzelringen, der Außenring aus zwei Doppelringen. Bild 13b zeigt eine andere Ausführung mit einem Außenring aus vier Einzelringen, die durch drei Distanzringe getrennt sind. Schaeffler fertigt vierreihige Kegelrollenlager in metrischen Abmessungen und mit metrischen Toleranzen ebenso wie in Zoll-Abmessungen und mit Zoll-Toleranzen.



11: Kegelrollenlager
a: vierreihig;
b: zweireihig



12: Vierreihiges Kegelrollenlager mit schraubenförmiger Nut in der Innenringbohrung



13: Vierreihiges Kegelrollenlager mit konischer Bohrung und Bolzenkäfig.
a: Außenring aus zwei Doppelringen
b: Außenring aus vier Einzelringen

Walzenlager

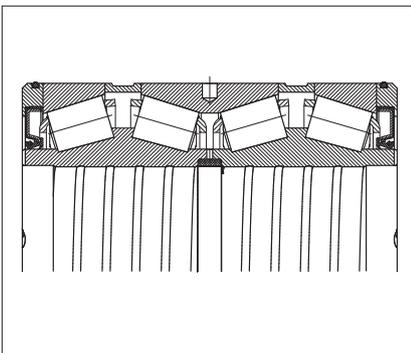
Kegelrollenlager

Abgedichtete mehrreihige Kegelrollenlager

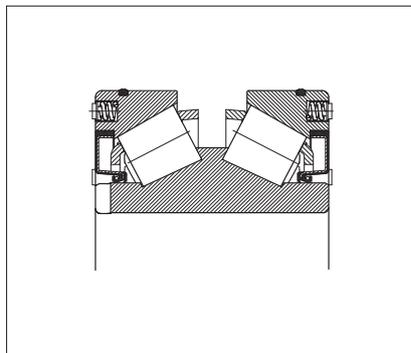
Arbeitswalzenlagerungen in Warm- und Kaltbandstraßen müssen besonders gut abgedichtet sein gegen große Mengen von Wasser oder Walzenkühlmittel, das mit Schmutz versetzt ist. Meistens werden die Arbeitswalzenlagerungen mit Fett geschmiert. Zur Einsparung der Kosten und aus Umweltschutzgründen bemühen sich die Betreiber, den Fettverbrauch zu verringern. Durch bessere Schmierung und Sauberkeit in den Wälzkontakten können die Lagerstandzeiten erhöht werden. Um diese Ziele zu erreichen, hat Schaeffler vierreihige Kegelrollenlager mit integrierten Dichtungen entwickelt, Bild 14. Die Lager haben

die gleichen Hauptabmessungen wie die nicht abgedichteten Lager. Es wird ein hochwertiges Wälzlagerfett verwendet, das aus den Lagern nicht austritt und von dem nur geringe Mengen benötigt werden. Die Gehäusedichtungen selbst werden mit einfachem und billigem Dichtfett versehen. Obwohl die integrierten Dichtungen den Einbauraum für die Rollen verkleinern, wodurch sich die Tragzahl verringert, haben die abgedichteten Lager meist wegen der höheren Sauberkeit im Schmier-spalt eine höhere Lebensdauer als die nicht abgedichteten Lager.

Zweireihige abgedichtete Kegelrollenlager werden als Axiallager für Arbeitswalzen eingesetzt, Bild 15.



14: Abgedichtetes vierreihiges Kegelrollenlager in D1-Ausführung



15: Abgedichtetes zweireihiges Kegelrollenlager

Walzenlager

Pendelrollenlager · Axial-Kegelrollenlager für Druckspindeln

Pendelrollenlager

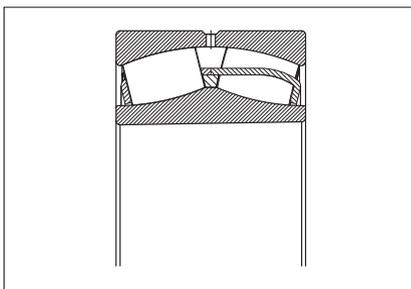
Pendelrollenlager werden als Walzenlager hauptsächlich dort benutzt, wo an die axiale Führungsgenauigkeit keine besonders hohen Anforderungen gestellt werden und die Drehzahl niedrig ist. Da der Einbauraum in der Höhe beschränkt ist, werden meistens Pendelrollenlager der Maßreihen 240 und 241 verwendet. Diese Lager haben eine geringe Bauhöhe, Bild 16.

Pendelrollenlager sind winkeleinsteilbar; sie nehmen radiale und axiale Kräfte auf. Da die Axialluft vier- bis sechsmal so groß ist wie die Radialluft, ist ihre axiale Führungsgenauigkeit gering. Pendelrollenlager können bei niedrigen und mittleren Drehzahlen eingesetzt werden. Die Walzgeschwindigkeit soll höchstens etwa 12 m/s betragen. Wegen der Winkeleinsteilbarkeit der Lager kann die Abstützung des Einbaustücks im Walzenständer vereinfacht werden: die Ungenauigkeit des Walzenständers sowie die Biegung des Walzenzapfens werden im Lager ausgeglichen. Auch ständerlose Gerüste, bei denen die Einbaustücke mit Zugankern

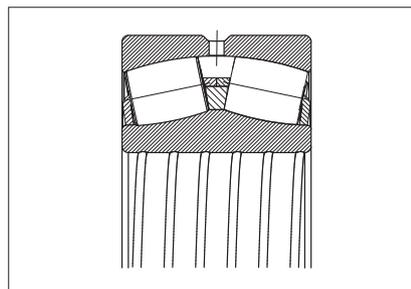
verspannt werden und die sich deshalb nicht einstellen können, erhalten Pendelrollenlager. Wenn ein einfaches, schnelles Abziehen der Pendelrollenlager vom Zapfen gefordert wird und die Walzgeschwindigkeit gering ist, erhalten die Innenringe einen losen Sitz. Ebenso wie bei Kegelrollenlagern (siehe Bild 12, Seite 7) kann auch bei Pendelrollenlagern in die Lagerbohrung eine schraubenförmige Nut gedreht werden, mit der eine bessere Schmierung der Passflächen erreicht werden soll, Bild 17. Erhalten Pendelrollenlager-Innenringe einen festen Sitz auf dem Walzenzapfen, dann wird der Ein- und Ausbau am einfachsten, wenn man Lager mit kegeliger Bohrung verwendet. Die Montage wird dabei durch das Hydraulikverfahren erleichtert. Pendelrollenlager werden auch für fliegend gelagerte Walzen verwendet, weil sie sich auf die dort auftretenden größeren Durchbiegungen der Walzen einstellen. Wegen der relativ großen Axialluft muss man allerdings bei Gerüsten, in denen Profile gewalzt werden, zusätzlich ein Axiallager anordnen.

Axial-Kegelrollenlager für Druckspindeln

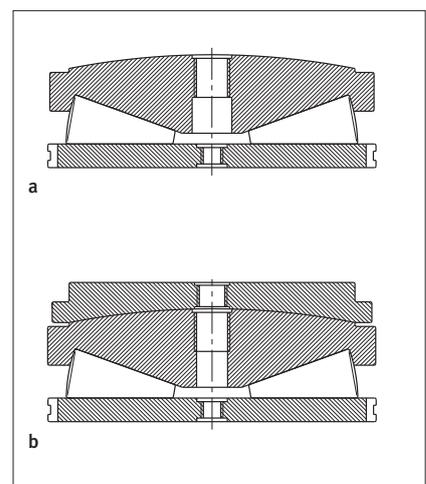
Zwischen der Anstellspindel und dem oberen Einbaustück baut man oft einseitig wirkende Axial-Kegelrollenlager ein, Bild 18. Wegen ihrer geringen Reibung reduzieren diese Lager die Verstellkräfte. Dies ist besonders bei großen Gerüsten und häufig wechselnder Walzgutdicke vorteilhaft.



16: Pendelrollenlager



17: Pendelrollenlager mit schraubenförmiger Nut in der Innenringbohrung



18: Axial-Kegelrollenlager für Druckspindeln
a: Ausführung ohne Druckscheibe
b: Ausführung mit Druckscheibe

Berechnung der Lagerbelastung

Einstellbare Einbaustücke

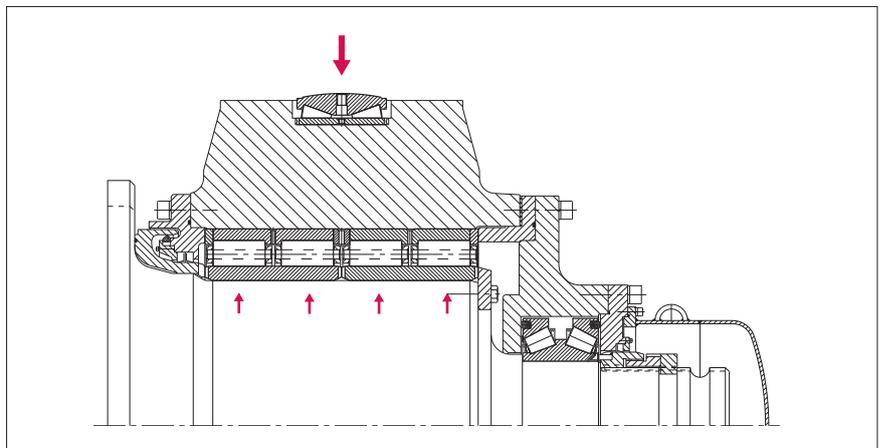
Die Berechnung der Walzkraft erfolgt heute im Allgemeinen mit Hilfe von Rechenprogrammen. Entscheidenden Einfluss haben dabei die Art des Walzguts und der Walzung (Band- oder Kaliberwalzung) sowie das vorgesehene Walzprogramm. Die tatsächlich auftretenden Walzkraften weichen mitunter stark von den Rechenergebnissen ab, wenn das Walzprogramm nicht dem projektierten Programm entspricht. Zudem werden Stöße beim Einlauf des Walzguts in der Rechnung nur überschlägig erfasst. Die Walzkraft beim Anstich kann mehr als das Doppelte der Walzkraft betragen. Die Höhe dieser Anstichspitze hängt ab von der Form des Walzguts und von der Auskühlung der Walzgutenden. Die Anstichspitze der Walzkraft tritt nur kurzzeitig auf. Sie wird im Allgemeinen bei der Lebensdauerberechnung nicht berücksichtigt. Dennoch darf nicht übersehen werden, dass die Ermüdungslebensdauer der Wälzlager gerade durch solche Beanspruchungen oft beträchtlich verkürzt wird. Die Aufteilung der Walzkraft auf die beiden Lagerstellen hängt von der Bauart des Walzgerüsts und von der Art des Walzguts ab.

Einstellbare Einbaustücke

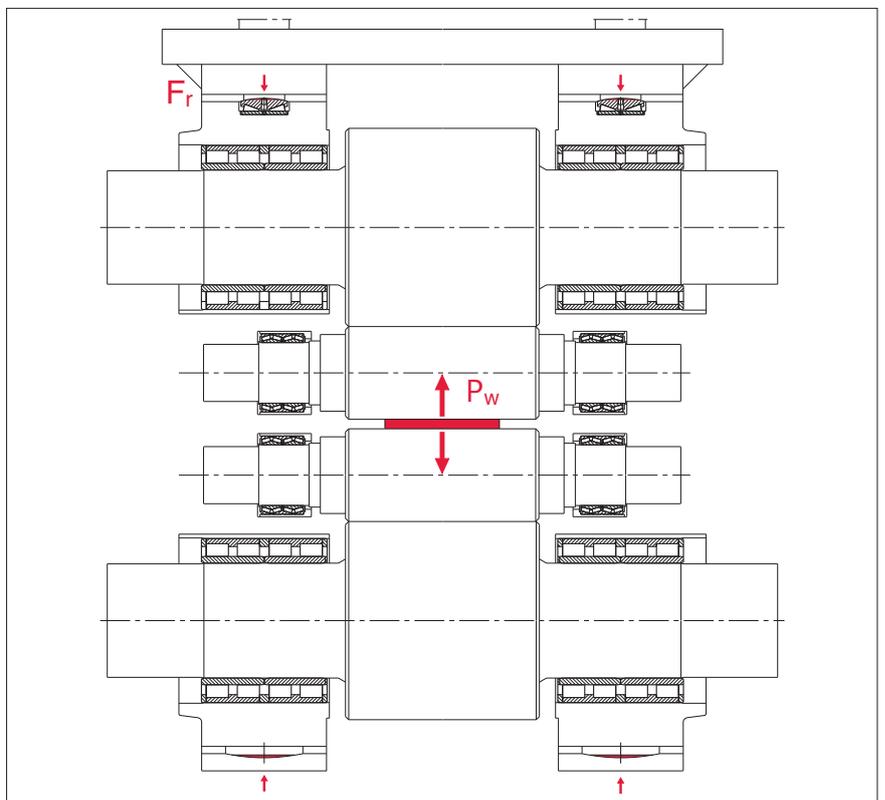
Die Einbaustücke sind voneinander unabhängig in den Walzenständen abgestützt. Die Walzkraften werden über Drucklager (Axial-Kegelrollenlager) mit balligen Auflageflächen in die Ständer geleitet. Dadurch können sich die Einbaustücke der jeweiligen Lage des Walzenzapfens anpassen, wie sie durch Walzenbiegung,

ungleichmäßige Walzenanstellung usw. hervorgerufen wird. So ist sichergestellt, dass alle Rollenreihen der mehrreihigen Lager gleichmäßig belastet werden, Bild 19.

Das Walzgut läuft symmetrisch zwischen den Lagerstellen (Bild 20), jedes Walzenlager wird dabei mit $\frac{1}{2} \cdot P_w$ belastet.
 $F_r = \frac{1}{2} \cdot P_w$



19: Einstellbares Einbaustück



20: Einstellbare Einbaustücke bei Bandwalzung

Berechnung der Lagerbelastung

Einstellbare Einbaustücke

Kaliberwalzung

Es ist zu unterscheiden zwischen Walzen mit verschiedenen Kalibern (z. B. Block-Knüppelgerüste) und Walzen mit gleichen Kalibern (z. B. Drahtstraßen).
Bei Walzen mit verschiedenen Kalibern sollten anhand des Stichplans die Zeitanteile und die Walzkraften in den einzelnen Kalibern errechnet werden. Daraus kann dann die Belastung der beiden Zapfen ermittelt werden. In die Lebensdauerberechnung wird die mittlere Belastung des am höchsten belasteten Zapfens eingesetzt.

Bei Walzen mit gleichen Kalibern können die einzelnen Zapfenbelastungen aus dem Stichplan errechnet werden.

Man kann auch folgende Richtwerte für den am höchsten belasteten Zapfen ansetzen:

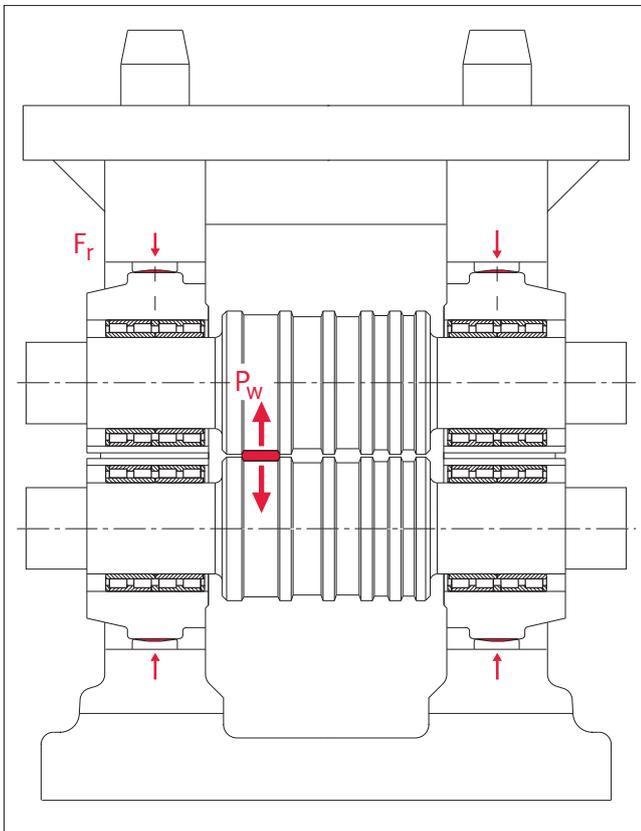
Einadrige Walzung:
max. Zapfenbelastung $F_r = 0,67 \cdot P_w$

Zweiadrige Walzung:
max. Zapfenbelastung $F_r = 1,1 \cdot P_w$

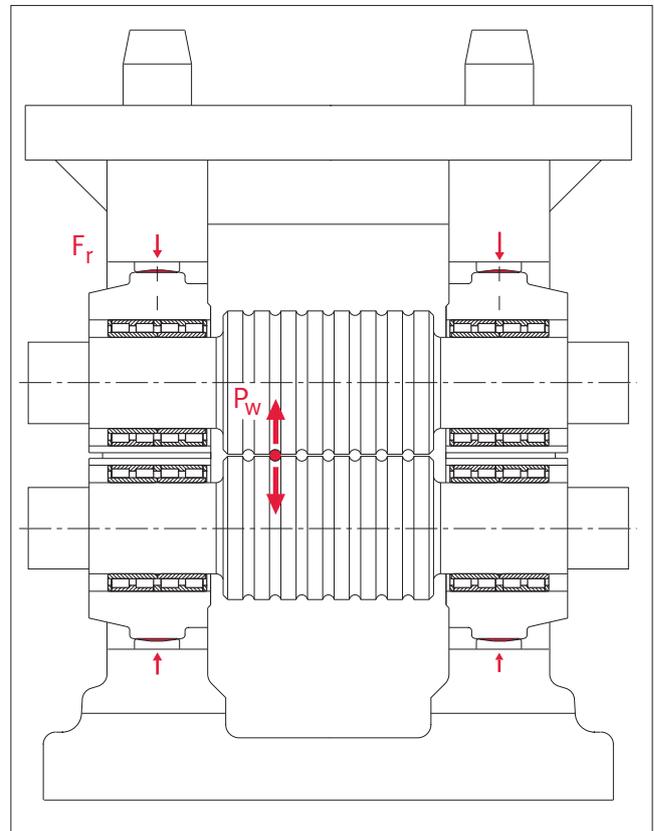
Vieradrige Walzung:
max. Zapfenbelastung $F_r = 2,0 \cdot P_w$

P_w = Walzkraft, bezogen auf eine Walzader.

Die Berechnung der Lagerbelastung bei veränderlicher Drehzahl und veränderlicher Belastung ist auf Seite 17 beschrieben.



21: Einstellbare Einbaustücke:
Walzen mit unterschiedlichen Kalibern



22: Einstellbare Einbaustücke:
Walzen mit gleichen Kalibern

Berechnung der Lagerbelastung

Starr geführte Einbaustücke

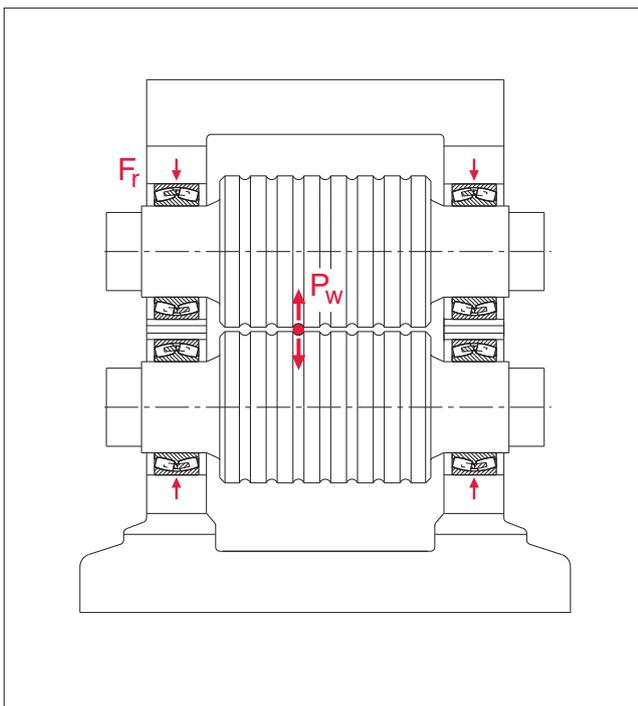
Starr geführte Einbaustücke

Die beiden Walzenlager sitzen in Gehäusen, die starr miteinander verbunden sind. Walzendurchbiegungen, Zapfenversatz oder Winkelfehler wirken sich in einer gegenseitigen Verkippung der beiden Lagerringe aus. Das hat auf die Lager und ihre Berechnung keinen Einfluss, wenn die Zapfen in Pendelrollenlagern abgestützt sind.

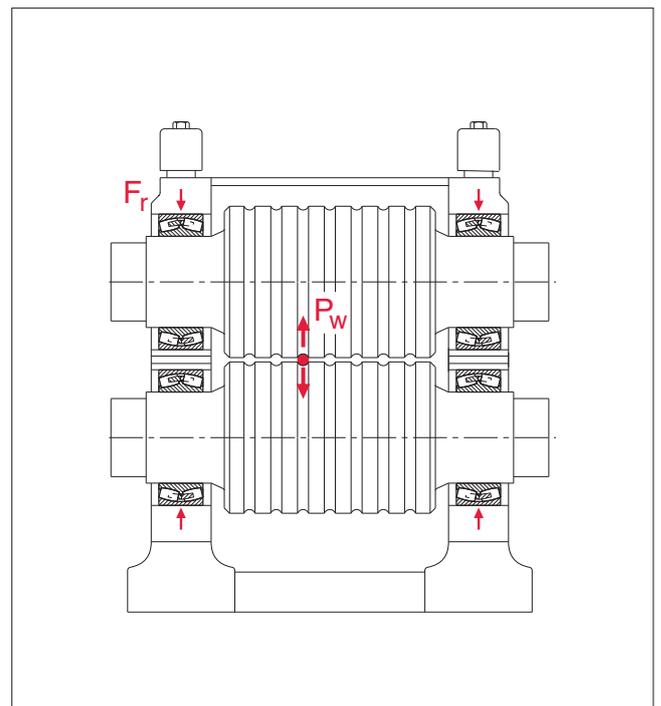
Bei zwei- oder mehrreihigen Zylinderrollenlagern muss man

damit rechnen, dass die Rollenreihen ungleichmäßig belastet werden. Mit dem von Schaeffler entwickelten Rechenverfahren für die Walzenbiegung kann die Belastung der einzelnen Rollenreihen ermittelt werden. Es ist dann zu prüfen, ob die höher belastete Rollenreihe eine ausreichende Ermüdungslebensdauer hat. Starr geführte Einbaustücke werden überwiegend bei Profilwalzen vorgesehen. Die Aufteilung der Walzkraft auf die beiden Zapfen kann entsprechend Seite 11 berechnet werden.

Das obere und das untere Einbaustück werden durch die Vorspannkraft gegeneinander gepresst, so dass sie sich nicht einstellen können. Außer der Walzendurchbiegung kann hier ein Versatz der beiden Einbaustücke zur Walzenachse auftreten. Bei diesen Gerüsten werden überwiegend Pendelrollenlager verwendet. Wenn kein Axiallager vorgesehen ist, muss beim Festlager die Axialkraft berücksichtigt werden.



23: Starr geführte Einbaustücke



24: Ständerlose Gerüste

Berechnung der Lagerbelastung

Berechnung der Walzenbiegung und der Lastverhältnisse in den Wälzlagern

Berechnung der Walzenbiegung und der Lastverhältnisse in den Wälzlagern

Mit Hilfe der Software Bearinx® kann das Biegeverhalten beliebig belasteter und federnd gelagerter elastischer Walzen berechnet werden. Dabei werden die Auflagerreaktionen, die inneren Beanspruchungen der Wälzlager, die Vergleichsspannungen der Wellen sowie die wichtigsten Rechenergebnisse zahlenmäßig und graphisch ausgegeben.

An Einflüssen können berücksichtigt werden:

- Elastizität von glatten und abgesetzten Voll- und Hohlwalzen aus beliebigen Werkstoffen, Querkraftverformung.
- Wellenbelastungen aus den Walzkräften und Biegemomenten oder aus den äußeren, auf die Lager wirkenden Kräften.

- Wellenabstützung in Form nichtlinear federnder Wälzlager, wobei die Lagergeometrie, das Lagerspiel, die Wälzkörper- und Laufbahnprofile sowie Sonderbedingungen der Lastaufnahme berücksichtigt werden.
- Es kann eine beliebige Anzahl an Lastfällen (Last-Drehzahlkombinationen) angelegt und berechnet werden.

Als Rechenergebnisse werden ausgegeben:

Die Auslenkung und Neigung der Walzenachse an beliebigen Stellen, der Querkraft- und Biegemomentenverlauf, die Spannungen, die Lagerreaktionskräfte, die Lagerfederung, die inneren Lastverhältnisse in den Wälzlagern und die Druckverteilung in den Wälzkontakten einzelner Wälzkörper. Anhand der errechneten Beanspruchung der einzelnen Wälzkontakte ermittelt Bearinx® die Lebensdauer der Lager mit höherer Genauigkeit.

Beispiel zur Berechnung der Walzenbiegung und der Lastverhältnisse in den Wälzlagern

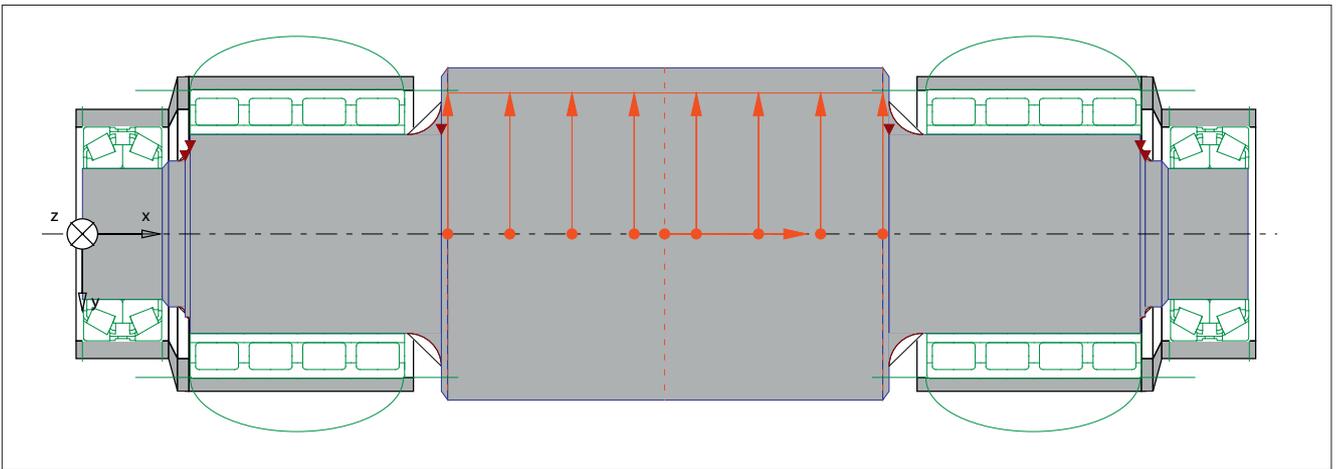
Gegenstand der Berechnung sind die Arbeits- und Stützwalze eines Quarto-Kaltwalzgerüsts.

Belastung:
Walzkraft $P_w = 8\,000\text{ kN}$

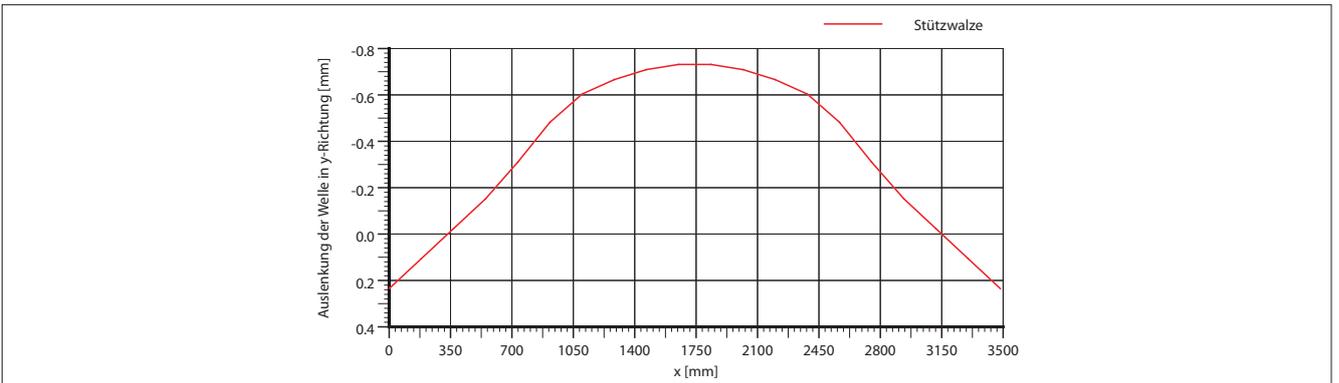
Bei der Eingabe wird die Walze in ihrer äußeren Form beschrieben. Die Walzkraft kann sowohl als Streckenlast eingegeben werden als auch in Einzellasten zerlegt werden, die beliebig über die Breite des Walzguts verteilt am Walzenballen angreifen. Die Einbaustücke werden als Systeme betrachtet, in die Kräfte und/oder Momente eingeleitet werden. Die Einstellmöglichkeit der Einbaustücke wird berücksichtigt. Als Walzenlager sind Zylinderrollenlager und Kegelrollenlager vorgesehen. Ihre Federlinien sind nichtlinear.

Berechnung der Lagerbelastung

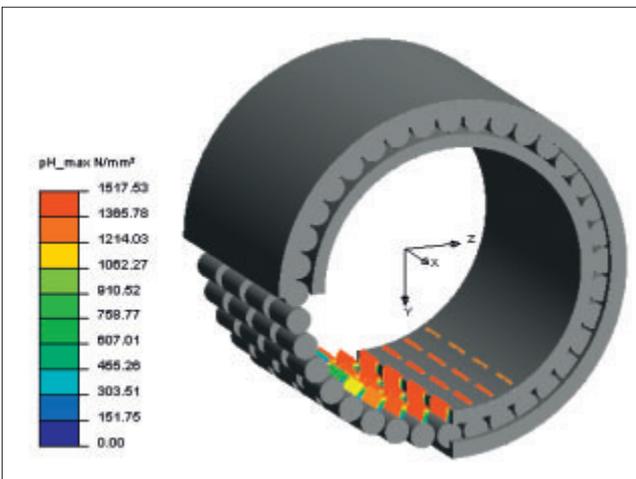
Stützwalze: Berechnung der Lastverhältnisse und Pressungen (Druckverteilung)



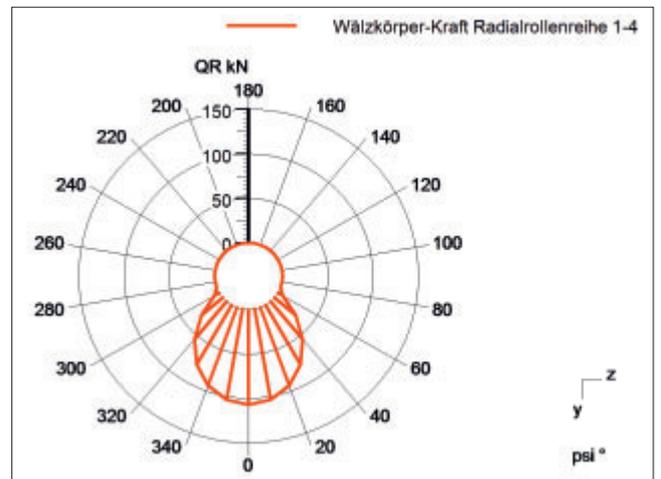
25a: Stützwalzenlagerung



25b: Resultierende Auslenkung der Stützwalze in Y-Richtung



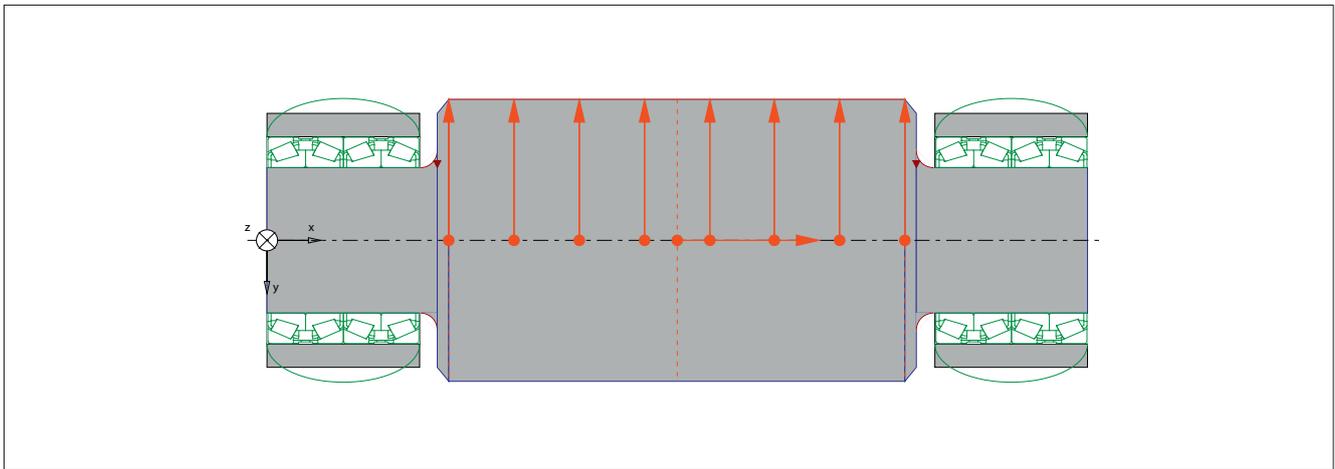
25c: Visualisierung der Pressungen des vierreihigen Zylinderrollenlagers auf der Stützwalze



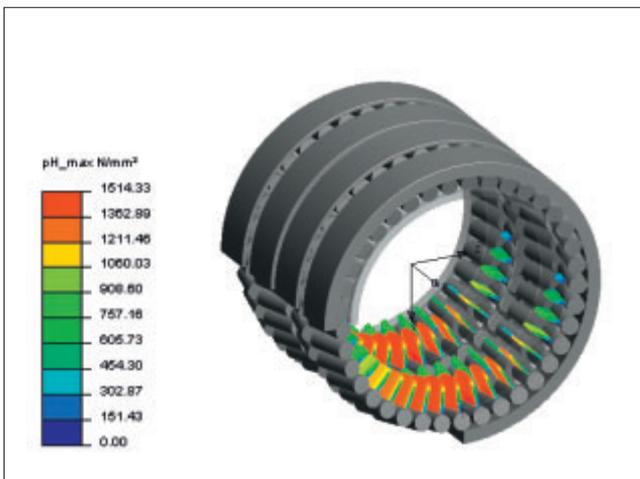
25d: Lastverteilung des vierreihigen Zylinderrollenlagers auf der Stützwalze

Berechnung der Lagerbelastung

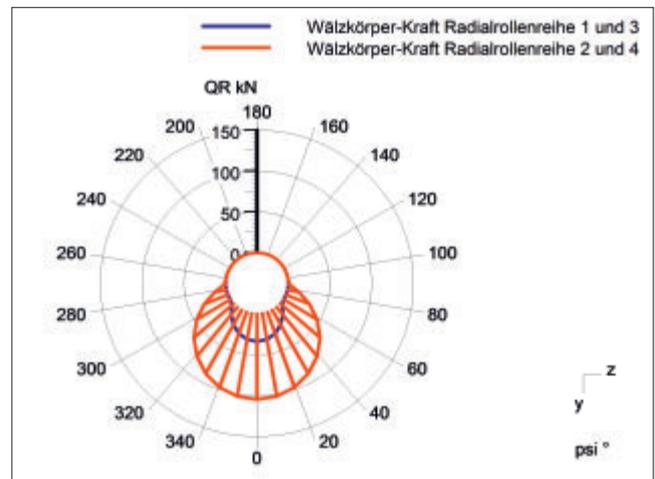
Arbeitswalze: Berechnung der Lastverhältnisse und Pressungen (Druckverteilung)



26a: Arbeitswalzenlagerung



26b: Visualisierung der Pressungen des vierreihigen Kegelrollenlagers auf der Arbeitswalze



26c: Lastverteilung des vierreihigen Kegelrollenlagers auf der Arbeitswalze

Tragfähigkeit und Lebensdauer

Statisch beanspruchte Lager · Dynamisch beanspruchte Lager

Bei der Dimensionierungsrechnung vergleicht man die Beanspruchung eines Lagers mit seiner Tragfähigkeit. Dabei wird unterschieden zwischen einer dynamischen und einer statischen Beanspruchung. Bei statischer Beanspruchung steht das belastete Lager still (keine Relativbewegung zwischen den Ringen) oder dreht langsam. In diesen Fällen prüft man die Sicherheit gegen zu große plastische Verformungen der Laufbahnen und Rollkörper. Die meisten Lager werden dynamisch beansprucht. Bei ihnen drehen sich die Lagerringe relativ zueinander. Mit der Dimensionierungsrechnung wird die Sicherheit gegen vorzeitige Materialermüdung der Laufbahnen und Rollkörper geprüft.

Statisch beanspruchte Lager

Bei statischer Belastung errechnet man zum Nachweis, dass ein ausreichend tragfähiges Lager gewählt wurde, die statische Tragsicherheit S_0 .

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0}$$

wobei

S_0 statische Tragsicherheit
 C_0 statische Tragzahl
 P_0 statisch äquivalente Belastung.

Die statische Tragsicherheit S_0 ist ein Maß für die Sicherheit gegen zu große plastische Verformungen an den Berührstellen der Rollkörper. Walzenlager überprüft man normalerweise nicht auf statische Sicherheit. Eine Ausnahme sind

die Lager für Druckspindeln. Hierfür strebt man an:
 $S_0 = 1,8 \dots 2$
 Die statische Tragzahl C_0 ist in den Maßtabellen unserer Kataloge für jedes Lager angegeben.

Dynamisch beanspruchte Lager

Die nominelle Lebensdauer L_{10} und L_{10h} ergibt sich aus:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10h} = \frac{16\,666}{n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

L_{10} 10^6 Umdrehungen
 Nominelle Lebensdauer in Millionen Umdrehungen, die von 90 % einer genügend großen Menge gleicher Lager erreicht oder überschritten wird, bevor die ersten Anzeichen einer Werkstoffermüdung auftreten

L_{10h} h
 Nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden entsprechend der Definition für L_{10}

C kN
 Dynamische Tragzahl
 P kN
 Dynamisch äquivalente Lagerbelastung für Radial- und Axiallager
 p –
 Lebensdauerexponent; für Rollenlager: $p = 10/3$
 für Kugellager: $p = 3$
 n min^{-1}
 Betriebsdrehzahl.

Dynamisch äquivalente Belastung

Die dynamisch äquivalente Belastung P ist ein rechnerischer Wert. Dieser Wert ist eine in Größe und Richtung konstante Radiallast bei Radiallagern oder Axiallast bei Axiallagern.

Eine Belastung mit P ergibt die gleiche Lebensdauer wie die tatsächlich wirkende kombinierte Belastung.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

P kN
 Dynamisch äquivalente Lagerbelastung
 F_r kN
 Radiale dynamische Lagerbelastung
 F_a kN
 Axiale dynamische Lagerbelastung
 X –
 Radialfaktor aus den Maßtabellen oder der Beschreibung des Produktes
 Y –
 Axialfaktor aus den Maßtabellen oder der Beschreibung des Produktes.

Die Werte für X und Y sowie Hinweise zur Berechnung der dynamisch äquivalenten Belastung sind für die verschiedenen Wälzlager im Katalog GL1 angegeben.

Während bei Walzenlagerungen die radiale Belastung der Lager hinreichend genau ermittelt werden kann, ist über die Größe der Axialkräfte in der Regel nur sehr wenig bekannt, so dass man auf Schätzungen angewiesen ist. Die Praxis hat gezeigt, dass folgende Annahmen eine ausreichende Sicherheit einschließen:

Tragfähigkeit und Lebensdauer

Dynamisch beanspruchte Lager

bei glatten Walzen (in Duo- und Quarto-Bandwalzgerüsten)

Axialkraft =
0,5...2 % der Walzkraft

bei Kaliberwalzen

Axialkraft =
5...10 % der Walzkraft

Bei Radiallagern, die nur radiale Kräfte aufnehmen, ist

$$P = F_r$$

Bei Axial-Kegelrollenlagern, die aufgrund ihrer Bauart nur axiale Kräfte aufnehmen, ist

$$P = F_a$$

Bei vierreihigen Kegelrollenlagern betrachtet man üblicherweise nur eine Rollenreihe.

Für rein radiale Belastung oder für $F_a/F_r \leq e$ gilt

$$P = F_r \text{ (für eine Reihe).}$$

Für $F_a/F_r > e$ gilt

$$P = 0,4 \cdot F_r + Y \cdot F_a \text{ (für eine Reihe).}$$

e ist ein Rechenhilfswert, siehe Maßtabellen GL1.

Die Berechnung der modifizierten und der erweiterten modifizierten Lebensdauer ist im Katalog GL1 zu finden.

Äquivalente Betriebswerte

Die Lebensdauer-Gleichungen setzen voraus, dass die Lagerbelastung P und die Lagerdrehzahl n konstant sind. Sind Belastung und Drehzahl nicht konstant, können äquivalente Betriebswerte bestimmt werden, die die gleiche Ermüdung verursachen wie die tatsächlich wirkenden Beanspruchungen.

Die hier berechneten Betriebswerte berücksichtigen schon die Lebensdauerbeiwerte a_3 oder a_{ISO} ! Sie dürfen bei der Berechnung der modifizierten Lebensdauer nicht mehr berücksichtigt werden!

Veränderliche Belastung und Drehzahl

Verändern sich Belastung und Drehzahl im Zeitraum T , so gelten für die Drehzahl n und die äquivalente Lagerbelastung P :

$$n = \frac{1}{T} \int_0^T n(t) \cdot dt$$

$$P = \sqrt[p]{\frac{\int_0^T \frac{1}{a(t)} \cdot n(t) \cdot F^p(t) \cdot dt}{\int_0^T n(t) \cdot dt}}$$

Stufenweise Veränderung

Verändern sich Belastung und Drehzahl im Zeitraum T stufenweise, so gelten für n und P :

$$n = \frac{q_1 \cdot n_1 + q_2 \cdot n_2 + \dots + q_z \cdot n_z}{100}$$

$$P = \sqrt[p]{\frac{\frac{1}{a_i} \cdot q_i \cdot n_i \cdot F_i^p + \dots + \frac{1}{a_z} \cdot q_z \cdot n_z \cdot F_z^p}{q_i \cdot n_i + \dots + q_z \cdot n_z}}$$

Veränderliche Belastung bei konstanter Drehzahl

Beschreibt die Funktion F die Veränderung der Belastung im Zeitraum T und ist die Drehzahl konstant, gilt für P :

$$P = \sqrt[p]{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{a(t)} \cdot F^p(t) \cdot dt}$$

Stufenweise veränderliche Belastung bei konstanter Drehzahl

Verändert sich die Belastung im Zeitraum T stufenweise und ist die Drehzahl konstant, gilt für P :

$$P = \sqrt[p]{\frac{\frac{1}{a_i} \cdot q_i \cdot F_i^p + \dots + \frac{1}{a_z} \cdot q_z \cdot F_z^p}{100}}$$

Konstante Belastung bei veränderlicher Drehzahl

Verändert sich die Drehzahl bei konstanter Belastung, gilt:

$$n = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{a(t)} \cdot n(t) \cdot dt$$

Konstante Belastung bei stufenweise veränderlicher Drehzahl

Verändert sich die Drehzahl stufenweise, so gilt:

$$n = \frac{\frac{1}{a_i} \cdot q_i \cdot n_i + \dots + \frac{1}{a_z} \cdot q_z \cdot n_z}{100}$$

Schmierung

Fettschmierung

Walzenlager können grundsätzlich mit Fett oder Öl geschmiert werden. Der Schmierstoff soll – ebenso wie bei anderen Wälzlager – einen lastübertragenden Schmierfilm bilden, der verhindert, dass die Lagerteile einander berühren und ihre Oberflächen dadurch beschädigt werden. Dicke und Tragfähigkeit des Schmierfilms hängen von der Viskosität des Öls, von der Drehzahl des Lagers, von der Lagergröße und von den Schmierungseigenschaften ab. Weiterhin hat der Schmierstoff die Aufgabe, die Lagerteile vor Korrosion zu schützen. Bei der Abdichtung soll er die Lippen der Dichtungen (Manschettendichtungen usw.) schmieren und als Sperrmedium dienen.

Fettschmierung

Wegen der einfachen Abdichtung und der bequemen Nachschmie-

rung werden Walzenlager, wo es die Betriebsverhältnisse zulassen, mit Fett geschmiert. Auf dem Markt wird eine große Zahl spezieller Wälzlagerfette angeboten. Diese Fette unterscheiden sich aber in ihren Kenndaten und Eigenschaften deutlich. Die Entscheidung, welches Fett im jeweiligen Fall eingesetzt werden soll, muss unbedingt die Eignung und Leistungsfähigkeit des Fettes im Wälzlager berücksichtigen. Entsprechende Prüfergebnisse liegen nicht in allen Fällen vor und werden in Datenblättern nicht konsequent veröffentlicht. Die Fettauswahl ausschließlich nach Produktdatenblättern ist daher für anspruchsvolle Wälzlageranwendungen nicht empfehlenswert. Da der Schmierstoff in der Abdichtung andere Aufgaben als in der Lagerung hat, wäre es zweckmäßig, Lager und Abdichtung getrennt zu schmieren und für jedes Schmiersystem einen

Schmierstoff zu wählen, der in dem jeweiligen Fall am besten geeignet ist. So richtig dieser Ansatz grundsätzlich auch ist, setzt sich in der Praxis doch oft die Tendenz durch, die Sortenvielfalt der verwendeten Schmierstoffe zu begrenzen. Dies verringert einerseits die Gefahr der Schmierstoffverwechslung bei Nachschmierungen und reduziert den Aufwand, mehrere Schmierstoffe zu verwalten. Schaeffler bietet besonders geprüfte und geeignete Fette an, die FAG Wälzlagerfette Arcanol. Tabelle 27 gibt einen Überblick über die wichtigsten Wälzlagerfette und ihre Eigenschaften. Eine detaillierte Beratung ist in jedem Fall zu empfehlen. Für die FAG Wälzlagerfette Arcanol ist die Eignung für die unterschiedlichen Lagerbauarten bekannt. Die Arcanol-Fette besitzen einen ausgezeichneten Korrosionsschutz und sind besonders stabil gegen den Einfluss von Wasser.

27: Die wichtigsten Wälzlagerfette und ihre Eigenschaften

Fettart Verdicker	Konsistenz NLGI- Klasse	Besondere Hinweise und Einsatzbeispiele	FAG Arcanol	Gebrauchstemp. temperatur °C	Dauergrenz- temperatur °C	Grundöl- viskosität bei 40 °C mm ² /s	Drehzahl- eignung	Last- eignung
Li-Seife mit EP-Zusatz	3	universelles Wälzlagerfett, lange Schmierfrist	MULTI3	-20...+120	75	110	mittel	mittel
Li-/Ca-Seife mit EP-Zusatz	2	erschwerte Betriebsverhältnisse, z. B. in Stütz- und Arbeitswalzen, besonders abgedichtete Kegelrollen- lager	LOAD220	-20...+140	80	245	hoch	hoch
Li-Seife mit EP-Zusatz	2	erschwerte Betriebsverhältnisse, besonders bei hohen Drehzahlen, abgedichtete Kegelrollenlager	MULTITOP	-50 ¹⁾ ...+140	85	82	sehr hoch	hoch
Li-/Ca-Seife mit EP-Zusatz	2	sehr schwere Betriebsverhältnisse, insbesondere hohe Stoßbelastung	LOAD400	-30 ¹⁾ ...+130	80	400	mittel	sehr hoch
Li-/Ca-Seife mit EP-Zusatz	1	sehr schwere Betriebsverhältnisse, insbesondere hohe Stoßbelastung	LOAD460	-30 ¹⁾ ...+130	80	400	mittel	sehr hoch
Li-/Ca-Seife mit EP-Zusatz	2	extrem schwere Betriebsverhältnisse, sehr hohe Stoßbelastung	LOAD1000	-20...+130	80	1000	niedrig	sehr hoch

¹⁾ Messwerte nach Schaeffler-FE8-Tieftemperaturanlaufprüfung

Schmierung

Fettschmierung

Bei unbekanntenen Fetten muss der Lieferant deren Eignung nachweisen. Im Bedarfsfall kann Schaeffler Eignungsversuche durchführen.

Fettauswahl nach Beanspruchung

Schmierfette werden in unterschiedlichen Konsistenzen hergestellt. Definiert wird dies über die NLGI-Klassen, die mit Hilfe der Walkpenetration nach ISO 2137 bestimmt werden. Je höher die NLGI-Klasse ist, desto härter ist das Fett. Für Wälzlager werden grundsätzlich bevorzugt Schmierfette der NLGI-Klassen 1, 2 und 3 eingesetzt. Für die in Walzwerkslagern typischen Beanspruchungsprofile sind Fette der Klassen 2 und 3 zu bevorzugen. Grundsätzlich muss der Schmierstoff eine wirksame Verschleißschutzadditivierung bieten.

Einfluss des Lagertyps

Es wird zwischen Punktkontakt (Kugellager) und Linienkontakt (Kegelrollenlager und Zylinderrollenlager) unterschieden.

Lager mit Punktkontakt

Bei Kugellagern wird bei jeder Überrollung im Wälzkontakt nur ein verhältnismäßig geringes Fettvolumen beansprucht. Die Abrollkinematik von Kugellagern weist zudem nur relativ geringe Gleitanteile auf. Die spezifische mechanische Beanspruchung von Fetten in Lagern mit Punktkontakt ist daher deutlich geringer als in Lagern mit Linienkontakt. Typischerweise werden Schmierfette mit einer Grundölviskosität ISO-VG 100 oder höher verwendet.

Lager mit Linienkontakt

Rollenlager mit Linienkontakt stellen höhere Anforderungen an das Schmierfett. Zum einen wird eine größere Fettmenge im Kontakt beansprucht, andererseits ist immer mit erhöhten Gleitanteilen im Wälzkontakt und zusätzlicher Bordreibung zu rechnen. Dies erschwert den Schmierfilmaufbau und kann zu Mischreibung führen. Um dem entgegenzuwirken, weisen Fette für Lager mit Linienkontakt eine höhere Grundölviskosität auf (ISO-VG 150 bis 460, in Sonderfällen auch höher). Die Konsistenz liegt meist bei NLGI 2.

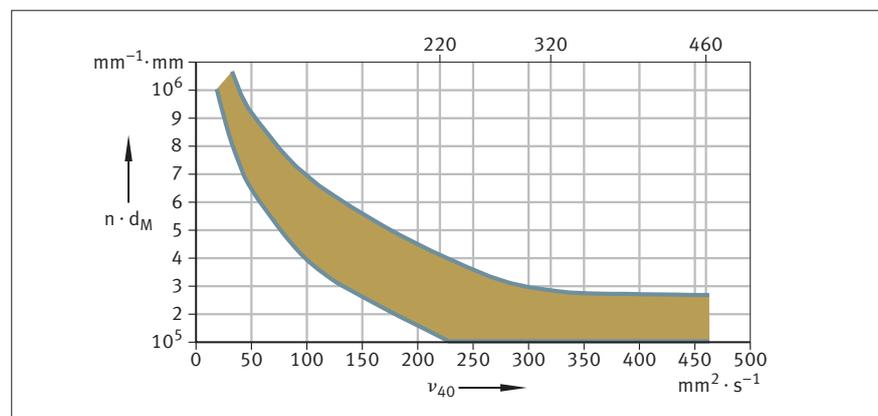
Einfluss der Drehzahl

Schmierfette besitzen einen wälzlagerbauartspezifischen, maximal zulässigen Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$. Dieser Drehzahlkennwert des Fettes sollte deutlich über der Drehzahlanforderung der Anwendung liegen. Eine zu geringe Drehzahleignung des Fettes führt zu

einer überhöhten Lagertemperatur und auch zu einer reduzierten Fettgebrauchsdauer. Der Drehzahlkennwert ist abhängig von der Art und dem Anteil des Verdickers, der Grundölart sowie der Grundölviskosität. Angaben hierzu sind z.T. auf den technischen Datenblättern der Schmierfette zu finden. Typischerweise haben Fette für hohe Drehzahlen eine niedrigere Grundölviskosität. Fette für niedrige Drehzahlen haben eine höhere Grundölviskosität und werden häufig auch als sog. Schwerlastfette eingesetzt. Eine Übersicht über diesen Zusammenhang bietet Bild 28.

Zur Auswahl eines geeigneten Fettes kann als erster Anhaltspunkt gelten:

- Für schnell drehende Wälzlager oder bei gefordertem kleinem Anlaufmoment sollte ein Fett mit hohem Drehzahlkennwert gewählt werden.
- Für langsam drehende Lager empfehlen sich Fette mit niedrigem Drehzahlkennwert.



28: Drehzahleignung unterschiedlicher Grundölviskositäten

Schmierung

Fettschmierung

Grundölviskosität

Neben der Drehzahl hat auch die Grundölviskosität einen direkten Einfluss auf die Schmierfilmbildung. Im Normalfall sollte die Grundölviskosität des Fettes daher so gewählt werden, dass im Betriebszustand gute Schmierbedingungen vorliegen. Die hierfür erforderliche Grundölviskosität kann mit Hilfe des Kappa-Wertes abgeschätzt werden, wobei folgender Zusammenhang gilt:
 $\kappa = \nu / \nu_1$.

Für eine sichere Schmierfilmbildung sollten Kappa-Werte von 2 angestrebt werden. Bei Kappa-Werten kleiner als 1 ist mit Mischreibung zu rechnen, die bei ungenügender Verschleißschutzwirkung des Schmierstoffes zu Verschleiß und vorzeitigem Lager-

ausfall führt. Umso wichtiger ist eine wirksame Additivierung.

Viskositätsverhältnis

Das Viskositätsverhältnis κ ist ein Maß für die Güte der Schmierfilmbildung:

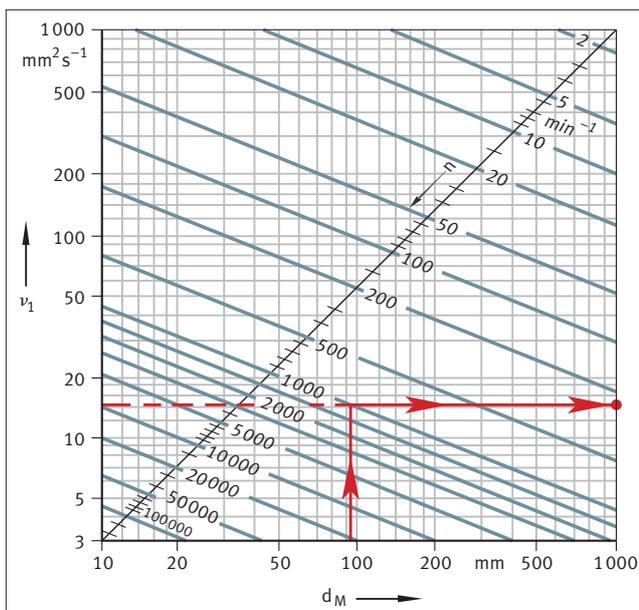
$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1}$$

ν mm^2s^{-1}
 Kinematische Viskosität des Schmierstoffes bei Betriebstemperatur
 ν_1 mm^2s^{-1}
 Bezugsviskosität des Schmierstoffes bei Betriebstemperatur.

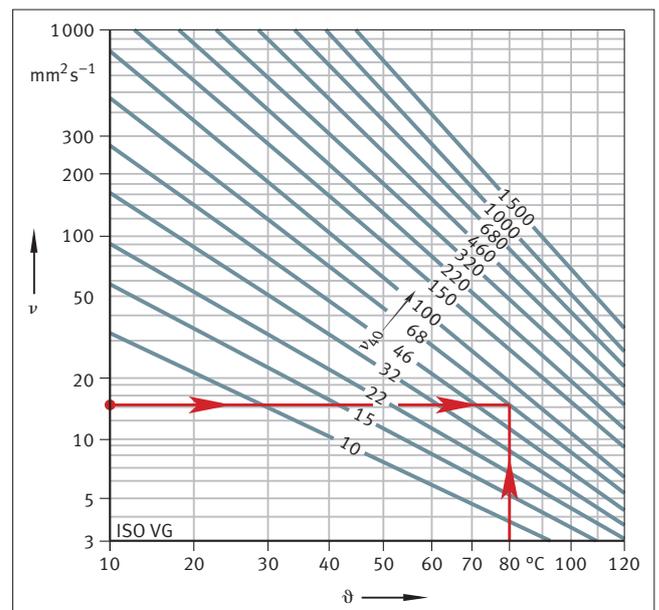
Die Bezugsviskosität ν_1 wird mit Hilfe des mittleren Lagerdurchmessers $d_M = (D + d)/2$ und der Betriebsdrehzahl n bestimmt, Bild 29.

Die Nennviskosität des Öls bei +40 °C ergibt sich aus der geforderten Betriebsviskosität ν und der Betriebstemperatur ϑ , Bild 30. Bei Schmierfetten ist ν die Betriebsviskosität des Grundöls.

Bei hochbelasteten Lagern mit größeren Gleitanteilen kann die Temperatur im Kontaktbereich der Rollkörper bis 20 K höher sein als die am still stehenden Ring messbare Temperatur (ohne Einfluss von Fremderwärmung).



29: Bezugsviskosität ν_1
 ν_1 = Bezugsviskosität
 d_M = Mittlerer Lagerdurchmesser
 n = Drehzahl



30: V/T-Diagramm für Mineralöle
 ν = Betriebsviskosität
 ϑ = Betriebstemperatur
 ν_{40} = Viskosität bei +40 °C

Schmierung

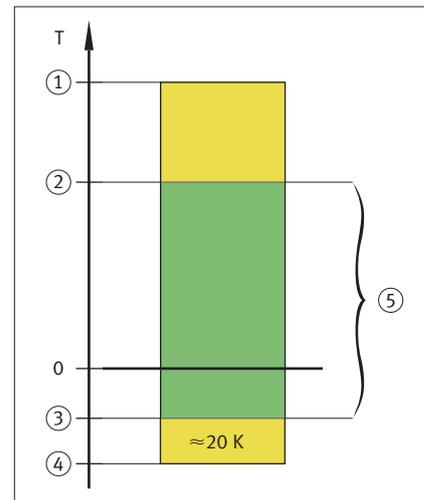
Fettschmierung

Einfluss der Temperatur

Der Gebrauchstemperaturbereich eines Schmierfettes sollte dem Bereich der möglichen Betriebstemperaturen im Wälzlager entsprechen. Bild 31 zeigt die für Fette wichtigen Temperaturen. Der Gebrauchstemperaturbereich zwischen den Punkten ① und ④ hängt von der Verdickerart, dem Verdickeranteil, dem Grundölart, dem Grundölanteil, der Fertigungsqualität und dem Fertigungsprozess ab. Es wird allgemein empfohlen, Schmierfette im Hinblick auf die sich einstellende Lagertemperatur im Standardeinsatzbereich (zwischen den Temperaturen ② und ③) zu verwenden, um eine zuverlässige Schmierwirkung beziehungsweise annehmbare Fettgebrauchsdauer zu erreichen.

Von besonderer Bedeutung ist hierbei vor allem die Dauergrenztemperatur des Fettes (②): Nur bis zu dieser Temperatur kann das Fett dauerhaft ohne Minderung seiner Leistungsfähigkeit eingesetzt werden!

Als Abschätzung kann gelten, dass jeder 15-Grad-Schritt über der Dauergrenztemperatur zu einer Halbierung der Fettgebrauchsdauer führt. Dies muss bei der Fettauswahl unbedingt berücksichtigt werden. So ist der Einsatz eines Fettes mit geringerer Temperatureignung (Dauergrenztemperatur < Dauerbetriebstemperatur) durchaus möglich, muss aber durch kürzere Nachschmierintervalle und u.U. höhere Nachschmiermengen ausgeglichen werden.



31: Temperaturkennwerte eines Fettes
① = maximale Gebrauchstemperatur,
② = (obere) Dauergrenztemperatur,
③ = untere Dauergrenztemperatur,
④ = minimale Gebrauchstemperatur,
⑤ = Standardeinsatzbereich

Schmierung

Fettschmierung

Sonstige Betriebsbedingungen

Bei der Auswahl des Schmierfetts muss auch die Lage der Walzenachse berücksichtigt werden. Bei senkrecht oder schräg angeordneten Walzen besteht die Gefahr, dass das Fett infolge der Schwerkraft aus dem Lager und dem Einbaustück austritt. Zu empfehlen sind Stauscheiben unterhalb des Lagers sowie die Wahl eines besonders haftfähigen und walkstabilen Fettes der Konsistenzklasse 3, unter Umständen der Konsistenzklasse 2. Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Nachschmierung. Große Nachschmiermengen für Lager oder Dichtungen und lange Schmierkanäle (z.B. bei Zentralschmierung) erfordern Fette

mit gutem Förderverhalten. Bei Walzenlagerungen, die in feuchter Umgebung arbeiten und öfter stillgesetzt werden, besteht die Gefahr der Korrosion, weil sich bei Abkühlung Kondenswasser bildet. Die eingesetzten Fette müssen deshalb einen besonderen Korrosionsschutz aufweisen. Spritzwassergefährdete Lagerstellen müssen durch entsprechende Dichtungssysteme vor Wassereintritt geschützt sein. Dichtung und Lager sollten kurzfristig nachgeschmiert werden.

Die Tabelle 32 gibt eine Übersicht der vorstehend behandelten Gesichtspunkte und ermöglicht durch Angabe der erforderlichen Eigenschaften die Auswahl des geeigneten Schmierfetts.

32: Kriterien für die Auswahl von Schmierfetten

Auswahlkriterium		Beschaffenheit des Schmierfetts
Betriebsbedingungen	Senkrechte Lagerachse	Fett der Konsistenzklasse 3, bei weicheren Fetten häufige Nachschmierung
	Häufige Nachschmierung	In Zentralschmieranlagen gut förderbares Fett
	Dauerschmierung	Walkstabiles Fett, dessen Gebrauchsdauer und Schmierungseigenschaften bekannt sind
Umweltverhältnisse	Extreme Temperaturen	Fett, dessen Gebrauchstemperaturbereich der Betriebstemperatur entspricht; bei kontinuierlicher Nachschmierung auch Fette, die der Betriebstemperatur wenigstens kurzzeitig standhalten und nicht zum Verhärten neigen
	Verschmutzung durch Fremdkörper	Steifes Fett unterstützt die Abdichtung, evtl. gesondertes Abdichtfett NLGI-Klasse 3
	Korrosion durch Kondenswasser	Emulgierendes Fett (z. B. Lithium- oder Lithium-Calzium-Fett)
	Korrosion durch Spritzwasser	Wasserabweisendes Fett (z. B. Calzium-Komplex oder Lithium-Calzium-Fett)

Schmierung

Ölschmierung

Ölschmierung

Erforderliche Viskosität

Damit sich im Lager ein tragfähiger Schmierfilm ausbildet und das Lager die rechnerische Lebensdauer erreicht, muss das Öl in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Lagergröße eine bestimmte Viskosität bei Betriebstemperatur haben. Diese Bezugviskosität v_1 wird nach Bild 29, Seite 20 ermittelt.

Bei normalen Erwartungen an die Gebrauchsdauer sollte für Lager mit geringem Gleitanteil die Betriebsviskosität v des Schmieröls mindestens so groß sein wie die Bezugviskosität v_1 . Kinetisch ungünstige Lagerbauarten (axial belastete Rollenlager, langsamlaufende und hochbelastete Großlager) erfordern immer wirksame Verschleißschutz-Additive. Diese bauen in den Kontaktbereichen Laufbahn/Rollkörper, Rollkörper/Käfig und Rollkörper/Führungsbord im Falle unzureichender Schmierfilmbildung Grenzschichten auf, die Verschleiß und vorzeitige Ermüdung verhindern.

Sonstige erforderliche Eigenschaften

Die meisten Wälzlager-Schmieröle sind Mineralöle, die zur Verbesserung ihrer Eigenschaften mit Additiven versehen sind. Damit wird z. B. eine bessere Oxidationsstabilität, ein besserer Korrosionsschutz oder eine geringere Schaumbildung erzielt. Dispersionsadditive halten feinstverteilte unlösliche Verunreinigungen in der Schwebe.

EP (Hochdruck)-Additive sind für Rollenlager grundsätzlich zu empfehlen. Für thermisch hochbeanspruchte Lagerungen gibt es Schmieröle, die besonders temperatur- und alterungsbeständig sind.

Synthetische Öle zeichnen sich durch gutes Viskositäts-Temperatur-Verhalten aus (dargestellt in V-T-Diagrammen), d.h. bei ihnen ändert sich die Viskosität mit der Temperatur weniger als bei mineralischen Ölen. Dieser Gesichtspunkt ist vor allem für Lagerungen von Bedeutung, die wechselnden Temperaturen ausgesetzt sind. Für extrem hohe Temperaturen werden die gegenüber Mineralölen wesentlich alterungsbeständigeren Syntheseöle, wie Polyalphaolefine und Polyglykole, vorgezogen. Die Eignung der Öle für den speziellen Einbaufall muss entweder aus der Praxis bekannt sein oder im Versuch ermittelt werden.

Verfahren der Ölschmierung

Ölumlaufschmierung ist für den üblichen Drehzahlbereich der Walzenlagerung das Schmierverfahren, das neben einer sicheren Schmierung auch die Kühlung des Lagers und den Abtransport von schädlichen Verunreinigungen und Wasser aus der Lagerstelle ermöglicht. Bei Walzenlagerungen wird sie als Kühlschmierung vorgesehen

- bei Leistungsverlusten im Lager selbst, also bei hohen Belastungen und hohen Drehzahlen,
- oder bei Fremderwärmung der Walzenzapfen
- oder bei ungünstigen Wärmeableitungsverhältnissen.

Öleinspritzschmierung, bei der der Schmierstoff durch seitlich angebrachte Düsen unter Druck direkt ins Lager gespritzt wird, ist erforderlich, wenn Ölumlaufschmierung zur Kühlung nicht mehr ausreicht. Mit Öleinspritzschmierung sind die höchsten Drehzahlen erreichbar. Ölumlaufschmierung und Öleinspritzschmierung erfordern einigen Aufwand für Zu- und Ablaufleitungen, Pumpen, Ölbehälter, Filter und ggf. Ölkühler. Bei **Ölsumpfschmierung** stehen wegen der kleinen seitlichen Räume in den Einbaustücken den Lagern nur geringe Ölmengen zur Verfügung. Das Öl wird stark beansprucht und altert deshalb schnell. Deshalb muss der Ölwechsel häufig erfolgen, oder es müssen evtl. alterungsstabile, synthetische Öle verwendet werden.

Bei **Öl-Luft-Schmierung** (Minimalmengenschmierung) wird das Öl von einer Dosiereinheit taktweise in die Schmierleitung des Lagers gebracht und von einem Luftstrom zum Lager gefördert. Dabei wird das Öl nicht vernebelt. Deshalb ist auch der Einsatz EP-additiver, hochviskoser Getriebeöle möglich. Die zugeführte kleine Ölmenge ergänzt den für die Lagerschmierung zwingend erforderlichen Ölsumpf. Dieser sichert außerdem beim Lageranlauf und bei kurzzeitigen Störungen in der Ölzufuhr die Schmierung. Die Lage der Öl Ablaufbohrungen im Einbaustück wird bei waagrechter Welle so festgelegt, dass z.B.

- bei Zylinderrollenlagern der unterste Wälzkörper zu 2/3 seines Durchmessers im Öl steht,
- bei Kegelrollenlagern der Kontakt Wälzkörper/Führungsbord noch ins Öl eintaucht.

Schmierung

Ölschmierung · Gestaltung der Schmierung

Der ständige Überdruck, den der Luftstrom im Gehäuse aufbaut, sowie die an den Dichtungen ausströmende Luft unterstützen die Abdichtung. Das entweichende Öl enthält meist noch einen kleinen Anteil vernebelten Öls, das bei freiem Austritt eine gewisse Umweltbelastung darstellt.

Gestaltung der Schmierung

Füllmenge bei Fettschmierung

Die Lagerungen folgendermaßen fetten:

- Lager voll mit Fett ausstreichen, damit alle Funktionsflächen mit Sicherheit Fett erhalten.
- Gehäuseraum neben dem Lager nur so weit mit Fett füllen, dass das im Lager eingebrachte Fett noch gut Platz findet. Hierdurch wird eine übermäßige Umlaufteilnahme des Fetts vermieden. Meist sind die Gehäusefreiräume neben dem Lager in den Einbaustücken gerade groß genug, um das aus dem Lager austretende Fett aufzunehmen, bei hoher Drehzahl erübrigt sich deshalb deren Fettfüllung.
- Bei sehr langsamlaufenden Lagern
($n \cdot d_m < 50\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$)
Lager und Gehäuse voll mit Fett füllen. Die auftretende Walkreibung bleibt unbedeutend.

Nachschmierintervalle bei Fettschmierung

Die Frist, nach der das Schmierfett eines Walzenlagers ergänzt oder erneuert werden muss, hängt zunächst von der Beanspruchung des Fettes durch die Lagerreibung und von der Betriebsdrehzahl ab. In der Lagerreibung drücken sich die Einflüsse aus der Belastung und aus den unterschiedlichen Bewegungsverhältnissen bei den einzelnen Lagerbauarten aus. Darüber hinaus sind aber, gerade bei Walzenlagern, die Umweltverhältnisse und die Wirksamkeit der Dichtung in Betracht zu ziehen: Bei ungenügender Dichtwirkung können die feuchte Atmosphäre, Spritzwasser und Walzzunder eine drastische Reduzierung des Nachschmierintervalls notwendig machen. Richtlinien für die Nachschmierung lassen sich gewinnen, wenn man nach gewissen Laufzeiten, am besten beim Walzenwechsel, die Beschaffenheit des Schmierfetts und der Abdichtung prüft, insbesondere daraufhin, ob Verunreinigungen in das Lager dringen konnten.

Schmierstoffführung

Für eine wirksame Schmierung ist die gezielte Führung des Fettes oder Öles von großer Bedeutung. Der Schmierstoff muss mit Sicherheit an die Roll- und Gleitflächen gebracht werden. Bei Fettschmierung muss man dafür sorgen, dass das überschüssige Fett entweichen kann.

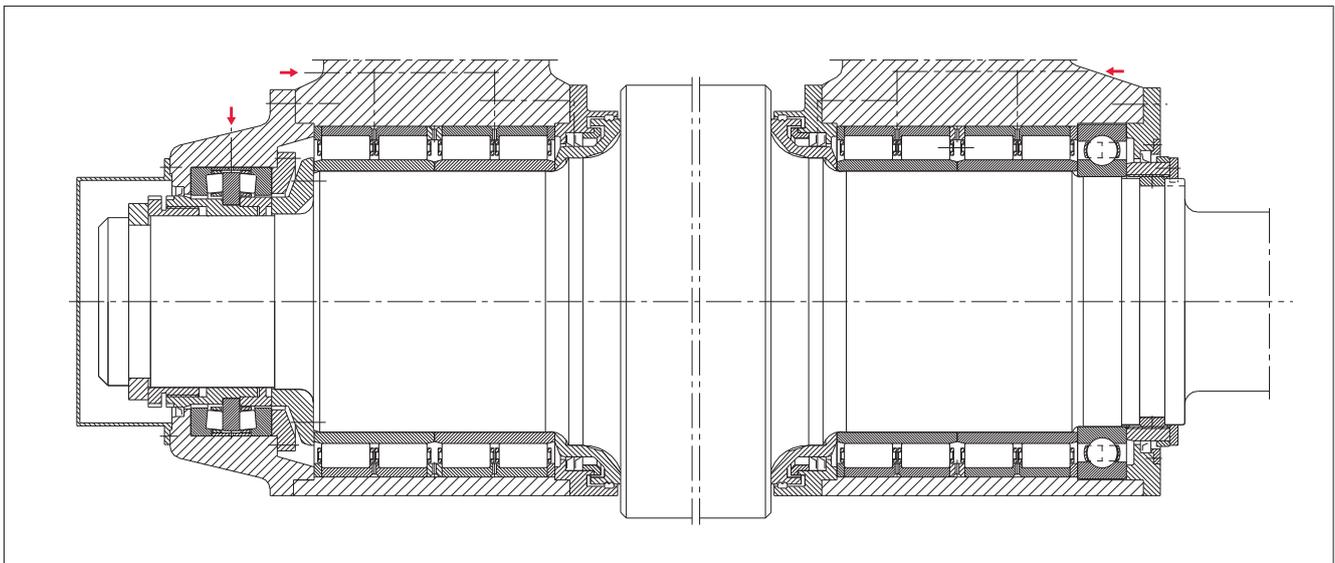
Eine Überschmierung führt nämlich zu erhöhter Walkarbeit und damit zu verstärkter Wärmeentwicklung. Diese kann so hoch werden, dass das Fett zerstört wird. Auch bei den Abdichtungen muss der Schmierstoff gezielt zugeführt werden.

Fettschmierung

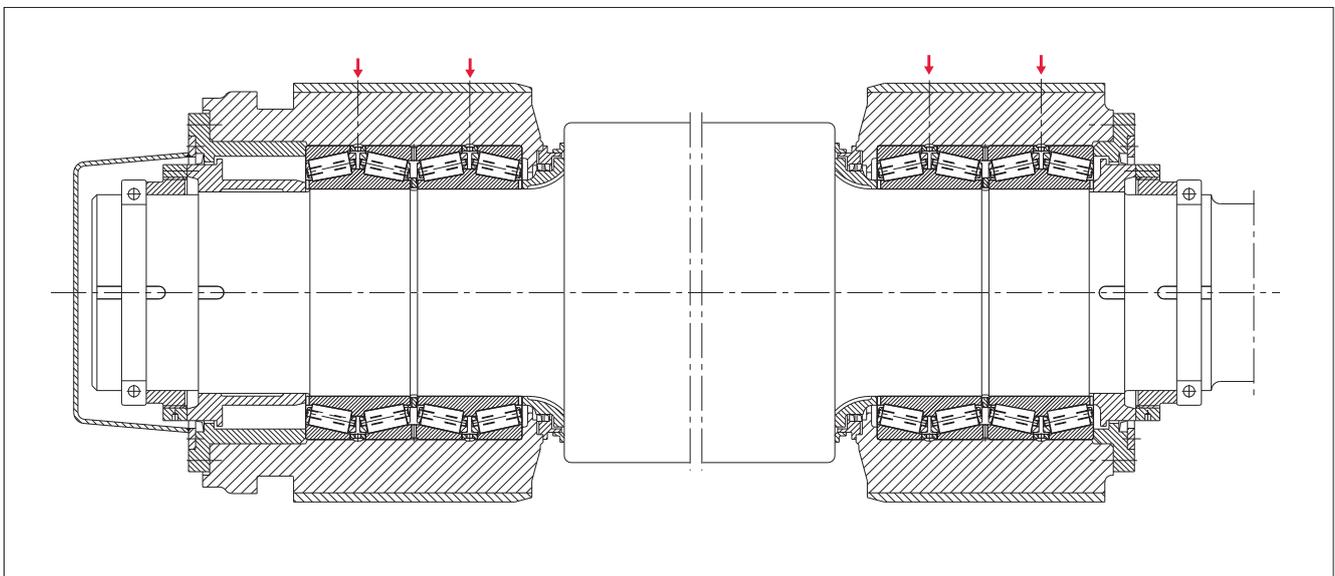
Bei vierreihigen Rollenlagern, die horizontal angeordnete Walzen abstützen, sollte der Schmierstoff an zwei Stellen zugeführt werden, Bild 33. Als Axiallager eingebaute Kugellager (Bild 33 a, rechts) können in die Schmierung der Radiallager einbezogen oder getrennt geschmiert werden. Dagegen müssen Axial-Kegelrollenlager (Bild 33 a, links) wegen ihrer höheren Ansprüche an die Schmierung stets eine eigene Schmierstoffzuführung erhalten. Auch zweireihige Schrägkugellager sollen möglichst gesondert geschmiert werden. Werden beim Nachschleifen des Walzenballens die Einbaustücke nicht abgezogen (Lossitz der Innenringe), ist eine Nachschmierung durch den Zapfen vorzusehen. Abgedichtete mehrreihige Kegelrollenlager werden beim Zusammenbau mit dem für den Einsatzfall optimalen Fett gefüllt. Bei richtiger Menge und Verteilung des Fettes im Lager lassen sich sehr lange Standzeiten erreichen. Wir empfehlen, an beiden Seiten des Lagers Ablaufbohrungen vorzusehen, damit die Lagerdichtungen möglichst wenig mit Flüssigkeit beaufschlagt werden.

Schmierung

Gestaltung der Schmierung



a) Walzenlagerung mit vierreihigen Zylinderrollenlagern und Axiallagern



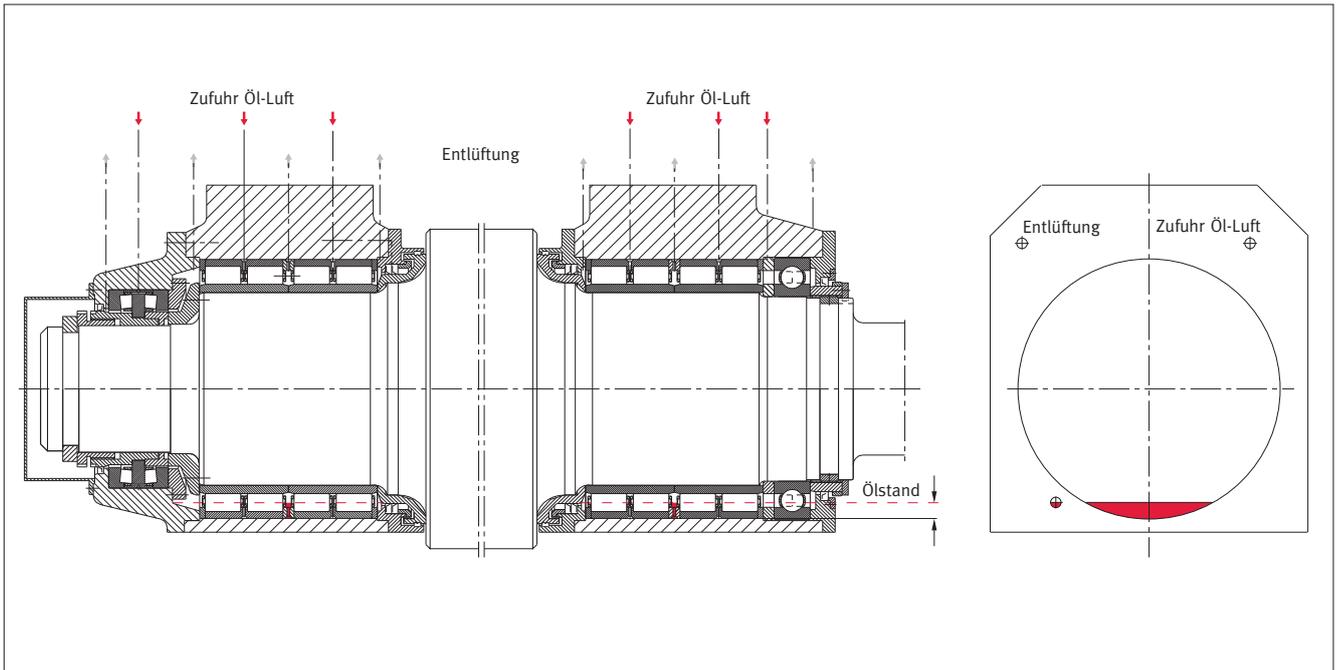
b) Walzenlagerung mit vierreihigen Kegelrollenlagern

33: Schmierstoff-Führung bei vierreihigen Rollenlagern (Fettschmierung)

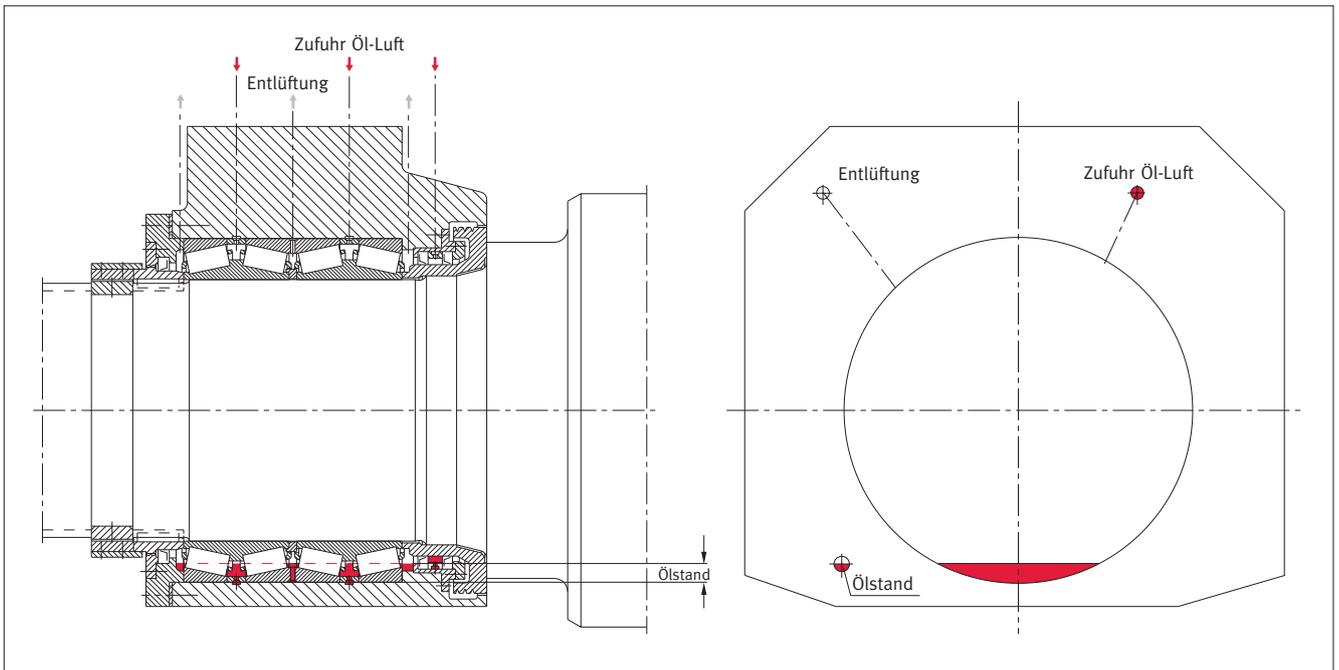
Schmierung

Gestaltung der Schmierung

Öl-Luft-Schmierung



34: Zuführung von Öl-Luft bei Einbaustücken mit vierreihigen Zylinderrollenlagern und Axiallagern

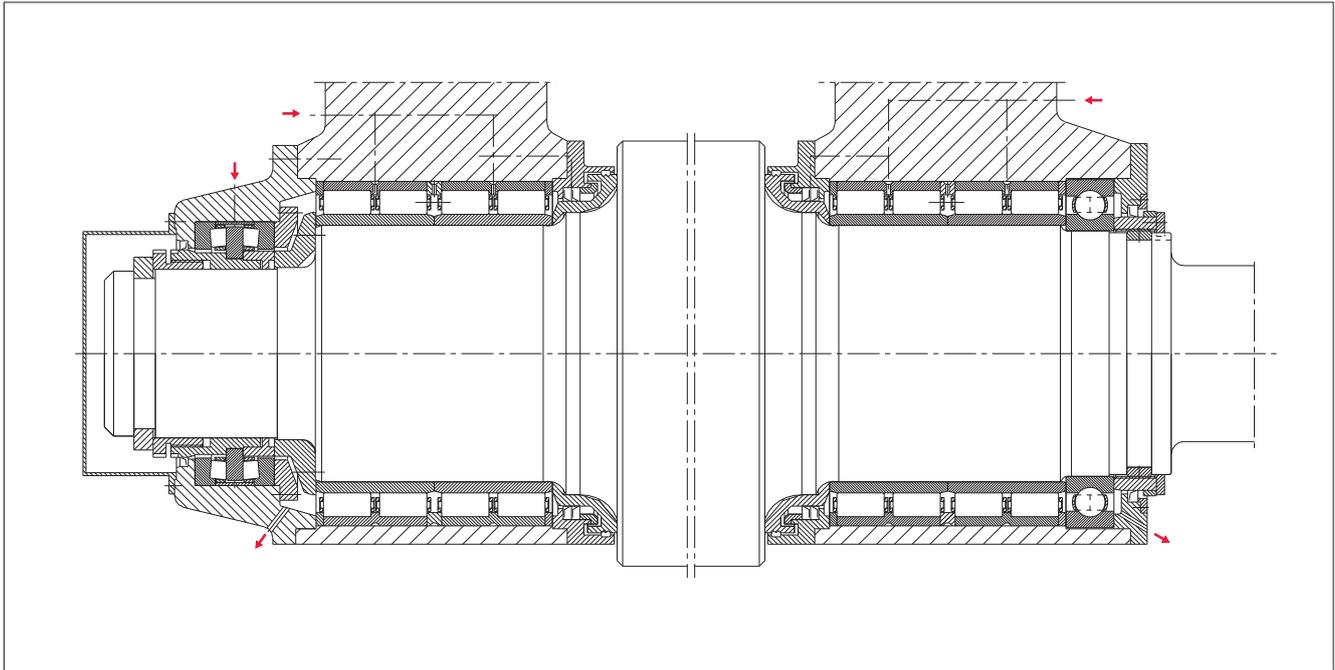


35: Zuführung von Öl-Luft bei einem Einbaustück mit einem vierreihigen Kegelrollenlager

Schmierung

Gestaltung der Schmierung

Ölumlaufschmierung



36: Ölzufuhr und Öltaufschlag bei Umlaufschmierung

Toleranzen der Walzenlager

Toleranzen der Walzenlager

37: Toleranzen der Radial- und Axiallager in metrischen Abmessungen (Normaltoleranz)

Nennmaß mm	Toleranzwerte µm									
	Innenring Δ_{dmp}		Außenring Δ_{Dmp} Radiallager		Axiallager		Innenring und Außenring $\Delta_{Bs} = \Delta_{Cs}$			
über 50 bis 80	0	-15	0	-13	0	-19	0	-150	0	-150
über 80 bis 120	0	-20	0	-15	0	-22	0	-200	0	-200
über 120 bis 150	0	-25	0	-18	0	-25	0	-250	0	-250
über 150 bis 180	0	-25	0	-25	0	-25	0	-250	0	-250
über 180 bis 250	0	-30	0	-30	0	-30	0	-300	0	-300
über 250 bis 315	0	-35	0	-35	0	-35	0	-350	0	-350
über 315 bis 400	0	-40	0	-40	0	-40	0	-400	0	-400
über 400 bis 500	0	-45	0	-45	0	-45	0	-450	0	-450
über 500 bis 630	0	-50	0	-50	0	-50	0	-500	0	-500
über 630 bis 800	0	-75	0	-75	0	-75	0	-750	0	-750
über 800 bis 1000	0	-100	0	-100	0	-100	0	-1000	0	-1000
über 1000 bis 1250	0	-125	0	-125	0	-125	0	-1250	0	-1250
über 1250 bis 1600	0	-160	0	-160	0	-160	0	-1600	0	-1600
über 1600 bis 2000	0	-200	0	-200	0	-200	0	-2000	0	-2000

38: Toleranzen der vierreihigen Kegelrollenlager in Zollabmessungen (Normaltoleranz)

Nennmaß mm	Toleranzwerte µm					
	Innenring Δ_{dmp}		Außenring Δ_{Dmp}		Innenring und Außenring $\Delta_{Bs} = \Delta_{Cs}$	
über 76,2 bis 304,8	0	+25	0	+25	±1524	
über 304,8 bis 609,6	0	+51	0	+51	±1524	
über 609,6 bis 914,4	0	+76	0	+76	±1524	
über 914,4 bis 1219,2	0	+102	0	+102	±1524	
über 1219,2	0	+127	0	+127	±1524	

Toleranzen der Walzenlager · Anschlusssteile

Richtlinien für die Passungen

Bohrungsdurchmesser

Bohrungsdurchmesser
 d Nennmaß des
 Bohrungsdurchmessers
 d_s einzelner
 Bohrungsdurchmesser
 $d_{mp} = \frac{d_{psmax} + d_{psmin}}{2}$
 mittlerer Bohrungsdurchmesser
 in einer Radialebene
 d_{psmax} größter Bohrungsdurchmesser
 in einer Radialebene
 d_{psmin} kleinster Bohrungsdurchmesser
 in einer Radialebene
 $\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$
 Abweichung des mittleren
 Bohrungsdurchmessers vom
 Nennmaß

Außendurchmesser

D Nennmaß des
 Außendurchmessers
 D_s einzelner Außendurchmesser
 $D_{mp} = \frac{D_{psmax} + D_{psmin}}{2}$
 mittlerer Außendurchmesser
 in einer Radialebene
 D_{psmax} größter Außendurchmesser
 in einer Radialebene
 D_{psmin} kleinster Außendurchmesser
 in einer Radialebene
 $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$
 Abweichung des mittleren
 Außendurchmessers vom
 Nennmaß

Breite

B_s, C_s an einer Stelle gemessene
 Breite des Innenrings und
 Außenrings
 $\Delta_{B_s} = B_s - B, \Delta_{C_s} = C_s - C$
 Abweichung einer einzelnen
 Innenringbreite und
 Außenringbreite vom
 Nennmaß

Toleranzsymbole

DIN ISO 1132, DIN 620

Richtlinien für die Passungen

Radiallager

Die Innenringe der Radiallager erhalten im Betrieb Umfangslast. Deshalb sollen die Innenringe – wo es möglich ist – auf dem Zapfen einen festen Sitz erhalten. Bei vierreihigen Kegelrollenlagern mit zylindrischer Bohrung lässt sich diese Forderung wegen der Montage nicht erfüllen, so dass man eine lose Passung vorsehen muss. Auch die Innenringe von Pendelrollenlagern und Zylinderrollenlagern erhalten einen losen

Sitz, wenn die Walzgeschwindigkeit gering und ein einfaches, schnelles Abziehen vom Zapfen erwünscht ist.

Die Außenringe der Radiallager haben eine lose Passung im Einbaustück, da sie durch eine Punktlast beansprucht werden. In axialer Richtung werden die Außenringe stirnseitig durch den Gehäusedeckel verspannt.

Axiallager

Die zur axialen Führung der Walze sowie zur Führung der Einbaustücke bestimmten Lager werden nur axial

belastet, so dass die Innenringe lose auf die Walzenzapfen gesetzt werden können.

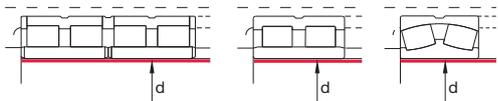
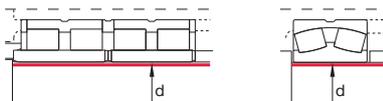
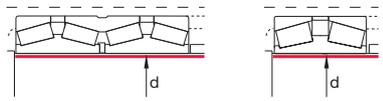
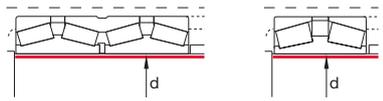
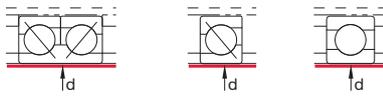
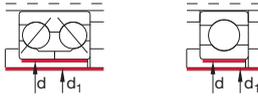
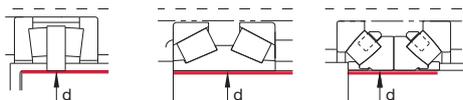
Bei manchen Walzenlagerungen werden die Axiallager der leichteren Montage wegen auf eine Hülse gesetzt. Hier ist ein leichter Festsitz zweckmäßig.

Die Gehäusescheiben von Axial-Kegelrollenlagern werden lose in die Einbaustücke gesetzt. Die Außenringe aller anderen, zur axialen Führung dienenden Lager müssen sich in radialer Richtung einstellen können. Deshalb muss die Gehäusebohrung deutlich größer sein als der Außendurchmesser der Außenringe.

Anschlusssteile

Richtlinien für die Passungen

39: Toleranzfelder für Walzenzapfen und Hülzen (Lagertoleranzen siehe Seite 28)

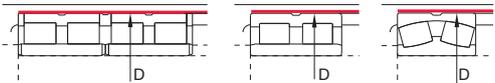
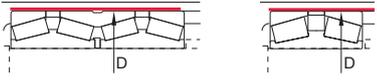
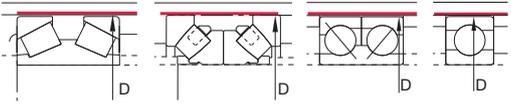
	Nennmaß mm	Toleranz ¹⁾ mm
 <p>Zylinderrollenlager und Pendelrollenlager mit Festsitz</p>	$d < 170$ $d = 170...210$ $d > 210...225$ $> 225...250$ $> 250...280$ $> 280...315$ $> 315...355$ $> 355...400$ $> 400...450$ > 450	$p6$ $r6$ $+0,100...+0,130$ $+0,110...+0,140$ $+0,125...+0,160$ $+0,140...+0,170$ $+0,155...+0,190$ $+0,170...+0,210$ $+0,195...+0,230$ $s6$
 <p>Zylinderrollenlager und Pendelrollenlager mit Lossitz</p>	d	$e7$
 <p>Kegelrollenlager in metrischen Toleranzen mit Lossitz</p>	$d < 315$ $d = 315...630$ $> 630...800$ > 800	$-0,180...-0,230$ $-0,240...-0,300$ $-0,325...-0,410$ $-0,350...-0,450$
 <p>Kegelrollenlager in Zolltoleranz mit Lossitz</p>	$d = 101,6...127,0$ $> 127,0...152,4$ $> 152,4...203,2$ $> 203,2...304,8$ $> 304,8...609,6$ $> 609,6...914,4$ $> 914,4$	$-0,100...-0,125$ $-0,130...-0,155$ $-0,150...-0,175$ $-0,180...-0,205$ $-0,200...-0,249$ $-0,250...-0,334$ $-0,300...-0,400$
 <p>Schräggugellager und Rillenkugellager auf dem Zapfen montiert</p>	d	$e7$
 <p>Schräggugellager und Rillenkugellager auf einer Hülse montiert</p>	d d_1	$k6$ $e9/H7$
 <p>Axial-Kegelrollenlager, zweireihige Kegelrollenlager (Axiallager), Axial-Pendelrollenlager auf dem Zapfen montiert</p>	d	$e7$
 <p>Axial-Kegelrollenlager, Axial-Pendelrollenlager auf einer Hülse montiert</p>	d d_1	$k6$ $e9/H7$

¹⁾ Bei hohen Drehzahlen sowie bei Lagern mit kegeliger Bohrung sind die Toleranzen der Umbauteile mit uns abzusprechen.

Anschlusssteile

Richtlinien für die Passungen

40: Toleranzfelder für die Einbaustücke

Radiallager		Nennmaß mm	Toleranz¹⁾ mm
	Zylinderrollenlager, Pendelrollenlager und Kegelrollenlager mit metrischen Toleranzen	$D \leq 800$	G6
		$D > 800$	G7
	Kegelrollenlager in Zolltoleranz	$D \leq 304,8$	+0,055...+0,080
		$> 304,8 \dots 609,6$	+0,101...+0,150
		$> 609,6 \dots 914,4$	+0,156...+0,230
		$> 914,4 \dots 1219,2$	+0,202...+0,300
		$> 1219,2$	+0,257...+0,380
Axiallager		Nennmaß mm	Toleranz²⁾ mm
	Kegelrollenlager, zweireihig (Axiallager) Axial-Pendelrollenlager Schrägkugellager und Rillenkugellager	$D \leq 500$	+0,6...+0,8
		$> 500 \dots 800$	+0,8...+1,1
		> 800	+1,2...+1,5
	Axial-Kegelrollenlager	$D \leq 800$	G6
		$D > 800$	G7

¹⁾ Bei Lagern mit kegelförmiger Bohrung sind die Toleranzen der Umbauteile mit uns abzusprechen.

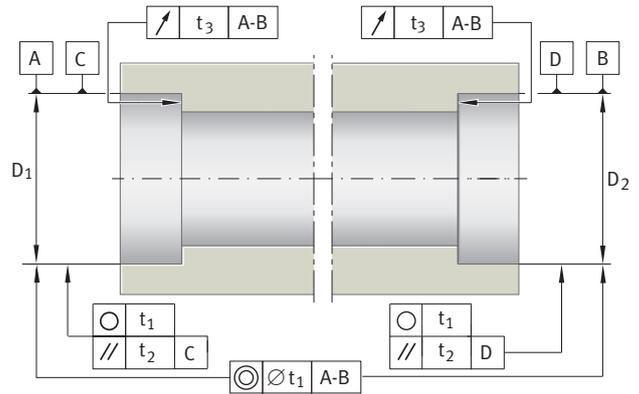
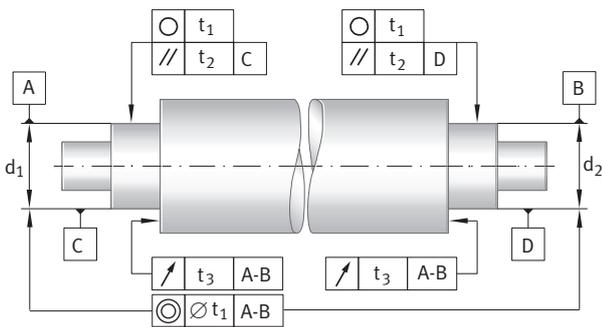
²⁾ Bei hohen Axialkräften sind die Toleranzen der Umbauteile mit uns abzusprechen.

Anschlusssteile

Toleranzen zylindrischer Lagersitze

Bearbeitungstoleranzen zylindrischer Lagersitze (DIN ISO 1101 und ISO 286)

41: Richtwerte für die Bearbeitung der Wellen und Gehäusebohrungen sowie der Anschlusssteile (Hülsen, Deckel usw.)



- t₁ = Rundheit
- t₂ = Parallelität
- t₃ = Planlauf der Anlagenschultern

Toleranzklasse der Lager	Lagersitzfläche	Durchmesser-toleranz	Rundheits-toleranz	Parallelitäts-toleranz	Planlauf-toleranz der Anlagenschulter
			t ₁	t ₂	t ₃
PN P6X	Welle	IT6 (IT5)	Umfangslast	IT4	IT4
			Punktlast	IT5	
	Gehäuse	IT7 (IT6)	Umfangslast	IT5	IT5
			Punktlast	IT6	
P5	Welle	IT5	Umfangslast	IT2	IT2
			Punktlast	IT3	
	Gehäuse	IT6	Umfangslast	IT3	IT3
			Punktlast	IT4	

IT-Qualitäten nach DIN ISO 286-1: 1988

Anschlusssteile

Rauheit der Lagersitze

42: Richtwerte für die Oberflächenrauheit an Wälzlagersitzstellen (Die Rauheitswerte gelten nur für geschliffene Oberflächen)

Toleranz- klasse der Lager	Rauheits- kennzeichen	Nennmaß der Welle mm					Nennmaß der Gehäusebohrung mm				
		über bis	50 120	120 250	250 500	500	50 120	120 250	250 500	500	
Rauheitswerte											
µm											
Normal ¹⁾	Rauheitsklasse	N5	N6	N7	N7	N7	N6	N7	N7	N8	N8
	Mittenrauwert R_a CLA, AA ²⁾	0,4	0,8	1,6	1,6	1,6	0,8	1,6	1,6	3,2	3,2
	Rautiefe $R_t \approx R_z$	2,5	4	6,3	6,3	6,3	4; 6,3 ^{*)}	6,3; 8 ^{*)}	6,3; 10 ^{*)}	10; 16 ^{*)}	10; 16 ^{*)}
P6	Rauheitsklasse	N4	N5	N5	N6	N6	N5	N5	N6	N7	N7
	Mittenrauwert R_a CLA, AA ²⁾	0,2	0,4	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4	0,8	1,6	1,6
	Rautiefe $R_t \approx R_z$	1,6	2,5	2,5	6,3	6,3	2,5	2,5	6,3	6,3	6,3

^{*)} Rautiefen für Graugussgehäuse mit gedrehten Passflächen.

¹⁾ Bei größeren Anforderungen an die Laufgenauigkeit ist die nächsthöhere Oberflächenqualität zu erreichen.

²⁾ GBR: CLA (Centre Line Average Value); USA: (Arithmetic Average)

43: Rauheitsklassen nach DIN ISO 1302

Rauheitsklasse		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Mittenrauwert R_a	in µm	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
	in µinch	1	2	4	8	16	32	63	125	250	500	1000	2000

44: Zulässige Abweichung des Kegelwinkels

Lagerbreite B	Maße mm															
	> 16...25	> 25...40	> 40...63	> 63...100	> 100...160	> 160...250	> 250...400	> 400...630								
	Abmaße µm															
Kegelwinkeltoleranz AT_D nach AT7 (DIN 7178) ($2 \cdot t_0$)	+8	+12,5	+10	+16	+12,5	+20	+16	+25	+20	+32	+25	+40	+32	+50	+40	+63
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Die Kegelwinkeltoleranz AT_D gilt senkrecht zur Achse und wird als Durchmesserunterschied definiert.

Anschlusssteile

Toleranzen der Walzenzapfen und Einbaustücke

45: Toleranzen der Walzenzapfen und Einbaustücke

		Nennmaß der Welle												
		mm												
über		50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315
bis		65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355

		Abmaße der Walzenzapfen												
		µm												
e7		-60	-60	-72	-72	-85	-85	-85	-100	-100	-100	-110	-110	-125
		-90	-90	-107	-107	-125	-125	-125	-146	-146	-146	-162	-162	-182
e9		-60	-60	-72	-72	-85	-85	-85	-100	-100	-100	-110	-110	-125
		-134	-134	-159	-159	-185	-185	-185	-215	-215	-215	-240	-240	-265
f6		-30	-30	-36	-36	-43	-43	-43	-50	-50	-50	-56	-56	-62
		-49	-49	-58	-58	-68	-68	-68	-79	-79	-79	-88	-88	-98
g6		-10	-10	-12	-12	-14	-14	-14	-15	-15	-15	-17	-17	-18
		-29	-29	-34	-34	-39	-39	-39	-44	-44	-44	-49	-49	-54
k6		+21	+21	+25	+25	+25	+28	+28	+33	+33	+33	+36	+36	+40
		+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+4	+4	+4	+4	+4	+4
n6		+39	+39	+45	+45	+52	+52	+52	+60	+60	+60	+66	+66	+73
		+20	+20	+23	+23	+27	+27	+27	+31	+31	+31	+34	+34	+37
p6		+51	+51	+59	+59	+68	+68	+68	+79	+79	+79	+88	+88	+98
		+32	+32	+37	+37	+43	+43	+43	+50	+50	+50	+56	+56	+62
r6		+60	+62	+73	+76	+88	+90	+93	+106	+109	+113	+126	+130	+144
		+41	+43	+51	+54	+63	+65	+68	+77	+80	+84	+94	+98	+108
s6		+72	+78	+93	+101	+117	+125	+133	+151	+159	+169	+190	+202	+226
		+53	+59	+71	+79	+92	+100	+108	+122	+130	+140	+158	+170	+190

		Nennmaß der Einbaustückbohrung												
		mm												
über		80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
bis		100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450

		Abmaße der Einbaustückbohrungen												
		µm												
G6		+34	+34	+39	+39	+39	+44	+44	+44	+49	+49	+54	+54	+60
		+12	+12	+14	+14	+14	+15	+15	+15	+17	+17	+18	+18	+20
G7		+47	+47	+54	+54	+54	+61	+61	+61	+69	+69	+75	+75	+83
		+12	+12	+14	+14	+14	+15	+15	+15	+17	+17	+18	+18	+20
H6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		+22	+22	+25	+25	+25	+29	+29	+29	+32	+32	+36	+36	+40
H7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		+35	+35	+40	+40	+40	+46	+46	+46	+52	+52	+57	+57	+63

Anschlusssteile

Toleranzen der Walzenzapfen und Einbaustücke

45 forts. Toleranzen der Walzenzapfen und Einbaustücke

		Nennmaß der Welle												
		mm												
über		355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400
bis		400	450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600

		Abmaße der Walzenzapfen												
		µm												
e7		-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195	-220	-220
		-182	-198	-198	-215	-215	-240	-240	-260	-260	-300	-300	-345	-345
e9		-125	-135	-135	-145	-145	-160	-160	-170	-170	-195	-195	-220	-220
		-265	-290	-290	-320	-320	-360	-360	-400	-400	-455	-455	-530	-530
f6		-62	-68	-68	-76	-76	-80	-80	-86	-86	-98	-98	-110	-110
		-98	-108	-108	-120	-120	-130	-130	-142	-142	-164	-164	-188	-188
g6		-18	-20	-20	-22	-22	-24	-24	-26	-26	-28	-28	-30	-30
		-54	-60	-60	-66	-66	-74	-74	-82	-82	-94	-94	-108	-108
k6		+40	+45	+45	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+78	+78
		+4	+5	+5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
n6		+73	+80	+80	+88	+88	+100	+100	+112	+112	+132	+132	+156	+156
		+37	+40	+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+78	+78
p6		+98	+108	+108	+122	+122	+138	+138	+156	+156	+186	+186	+218	+218
		+62	+68	+68	+78	+78	+88	+88	+100	+100	+120	+120	+140	+140
r6		+150	+166	+172	+184	+199	+225	+235	+266	+276	+316	+326	+378	+378
		+114	+126	+132	+150	+155	+175	+185	+210	+220	+250	+260	+300	+300
s6		+244	+272	+292	+324	+354	+390	+430	+486	+526	+586	+646	+718	+798
		+208	+232	+252	+280	+310	+340	+380	+430	+470	+520	+580	+640	+720

		Nennmaß der Einbaustückbohrung												
		mm												
über		450	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800
bis		500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000

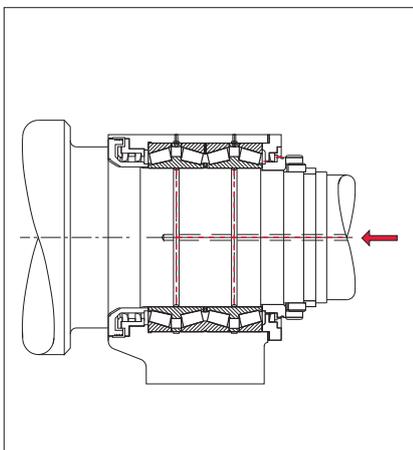
		Abmaße der Einbaustückbohrungen												
		µm												
G6		+60	+66	+66	+74	+74	+82	+82	+94	+94	+108	+108	+124	+124
		+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30	+30	+32	+32
G7		+83	+92	+92	+104	+104	+116	+116	+133	+133	+155	+155	+182	+182
		+20	+22	+22	+24	+24	+26	+26	+28	+28	+30	+30	+32	+32
H6		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		+40	+44	+44	+50	+50	+56	+56	+66	+66	+78	+78	+92	+92
H7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		+63	+70	+70	+80	+80	+90	+90	+105	+105	+125	+125	+150	+150

Anschlusssteile

Maßnahmen bei losem Sitz der Innenringe · Einbaustücke

Maßnahmen bei losem Sitz der Innenringe

Bei losem Sitz der Innenringe ist eine Mindestzapfenhärte notwendig, um den Verschleiß der Zapfen zu begrenzen. Einen wesentlichen Einfluss auf den Zapfenverschleiß hat auch die Schmierung zwischen Innenringbohrung und Zapfenoberfläche. Wenn eine einwandfreie Schmierung des Walzenzapfens über die gesamte Betriebszeit gewährleistet ist, reicht eine Zapfenhärte von 35 bis 40 Shore C. Werden zum Beispiel zum Schleifen der Walzen die Einbaustücke nicht wie gewöhnlich abgezogen, wird auch der Passungsspalt zwischen den Innenringen und dem Walzenzapfen nicht immer wieder mit frischem Fett versorgt. In solchen Fällen wurde Abhilfe durch eine gesonderte Zapfenschmierung geschaffen, Bild 46. Schaeffler empfiehlt diese Zapfenschmierung dringend auch bei abgedichteten vierreihigen Kegelrollenlagern, wenn die Lagerungen lange auf dem Walzenzapfen bleiben.



46: Lagerung mit Schmierbohrungen im Walzenzapfen

Um den Verschleiß der Anschlusssteile so gering wie möglich zu halten, sind diese mit einer Mindesthärte von 60 Shore C auszuführen. Für eine bessere Versorgung der Seitenflächen mit Schmierstoff werden Schmiernuten an den Stirnflächen der Anschlusssteile oder der Innenringe angebracht. Durch diese Nuten werden die Seitenflächen geschmiert und die Passfuge von Innenring und Zapfen mit Schmierstoff versorgt.

Einbaustücke

Die Ringe von Walzenlagern haben fast immer eine kleine Wanddicke. Sie müssen daher gut unterstützt werden; anderenfalls können sie die im Betrieb auftretenden hohen Kräfte nicht aufnehmen. Eine gute Unterstützung der Lageraußenringe setzt voraus, dass die Einbaustücke hinreichend starr ausgebildet sind. Bei Einbaustücken, die aus Stahlguss mit einer Mindestzugfestigkeit von 450 N/mm² bestehen, erreicht man im Allgemeinen eine genügende Starrheit,

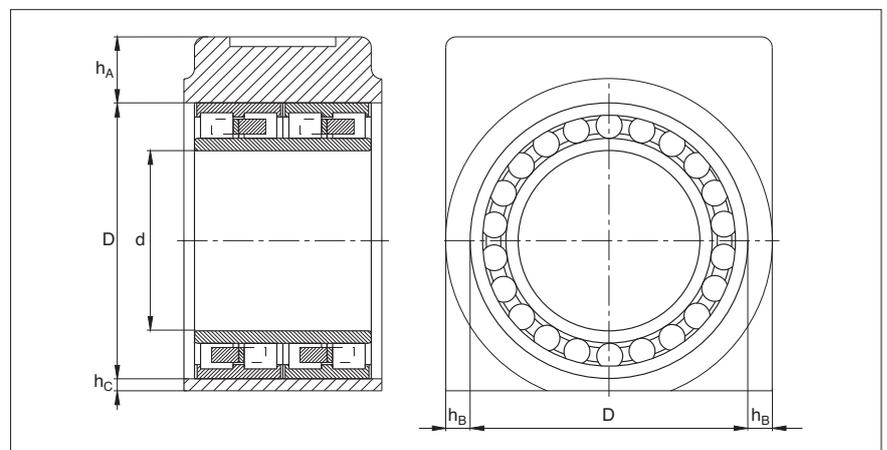
wenn man bei der Konstruktion folgende Formeln zugrunde legt:

$$h_A = (1,5 \dots 2,0) \frac{D - d}{2}$$

$$h_B = (0,7 \dots 1,2) \frac{D - d}{2}$$

$$h_C = (0,15 \dots 0,25) \frac{D - d}{2}$$

Darin sind h_A die obere, h_B die seitliche und h_C die untere Wanddicke des Einbaustücks in mm, d die Lagerbohrung in mm und D der Lageraußendurchmesser in mm (Bild 47). Bei Einbaustücken, die diesen Erfahrungsformeln entsprechen, bleibt der Einfluss der Einbaustückverformung auf die Beanspruchung der Lager – nicht zu hohe Belastung vorausgesetzt – in der Regel in vertretbaren Grenzen. Bei extremen Belastungen und bei Neuentwicklungen empfiehlt es sich aber, die Verformung des Einbaustücks und die Auswirkung auf das Lager rechnerisch zu überprüfen, siehe Bild 48 auf der folgenden Seite.



47: Wanddicken eines Einbaustücks

Anschlusssteile

Einbaustücke · Gestaltung der Dichtungen

Anlageflächen der Ständerfenster und Einbaustücke

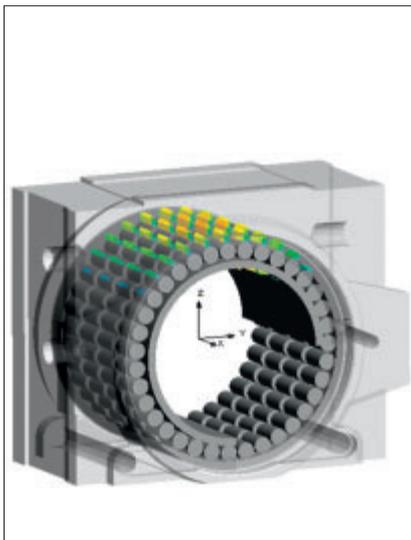
Die Flächen, auf denen sich die Einbaustücke im Ständer und auf der Druckspindel abstützen, müssen ballig sein; dadurch wird erreicht, dass sich die Bohrung des Einbaustücks parallel zum Walzenzapfen einstellt und das Lager auch bei ungenauer Anstellung und bei Walzendurchbiegungen auf der ganzen Breite trägt. Die Auflageflächen sollen gehärtet werden, damit sie sich bei den hohen Belastungen nicht abflachen. Bei mehrreihigen Lagern muss der Walzwerkskonstrukteur darauf achten, dass die Druckspindeln über der Mitte der Radiallager angebracht werden, da die Rollenreihen sonst ungleichmäßig belastet werden.

Gestaltung der Dichtungen

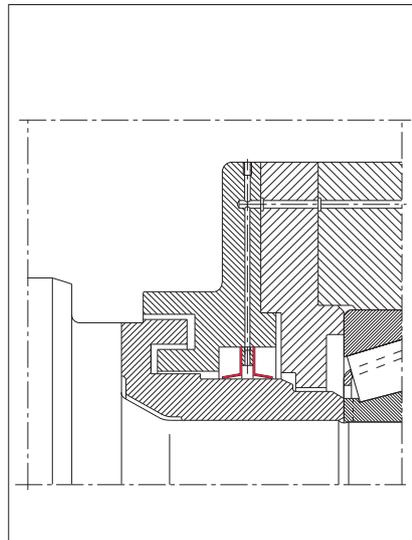
Die Dichtungen sollen das Eindringen von Wasser, Kühlflüssigkeit, Walzzunder und anderen Verunreinigungen verhindern, andererseits aber auch den Schmierstoff im Lager zurückhalten. Welche Dichtung im Einzelfall in Betracht kommt, hängt von der Walzgeschwindigkeit, der geforderten Dichtwirkung, der Schmierungsart und der Betriebstemperatur ab.

Die Abbildungen 49 und 50 zeigen ein ballenseitiges Dichtungsbeispiel für die Stütz- und Arbeitswalzen in einem Kaltwalzwerk. Beim Walzen in Kaltwalzgerüsten muss verhindert werden, dass der Schmierstoff der Lagerung die Oberfläche des Walzguts verunreinigt. Der innere Wellendichtring

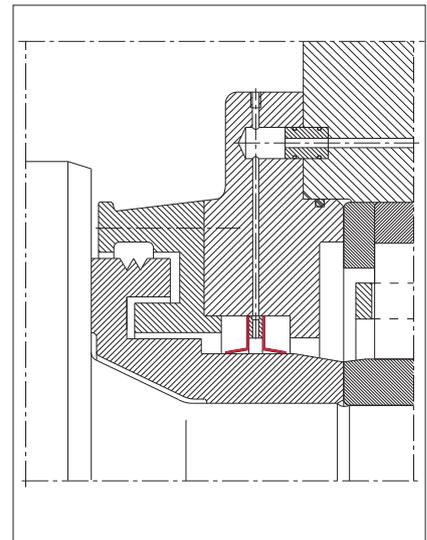
wird daher so eingebaut, dass die Lippe gegen das Lager gerichtet ist. Bei allen Lagerungen, die mit Wellendichtringen abgedichtet werden, müssen die Flächen, auf denen die Lippe gleitet, feinst bearbeitet werden. Die Gleitflächen sind abzuschrägen, damit die Dichtung bei der Montage nicht beschädigt wird. Eine regelmäßige Schmierung der Dichtlippe ist notwendig. Bei jedem Walzenwechsel ist der Zustand der Dichtung zu überprüfen, gegebenenfalls sind die Dichtungen auszutauschen.



48: Graphische Darstellung der Rechenergebnisse



49: Kaltwalzgerüst Arbeitswalzenlagerung



50: Kaltwalzgerüst Stützwalzenlagerung

Montage und Wartung

Vorbereitungen zum Einbau

Allgemeine Richtlinien für den Ein- und Ausbau finden Sie im Montagehandbuch MH1.

Ergänzend hierzu soll auf einige für den Walzwerksbetrieb wichtige Arbeitsvorgänge näher eingegangen werden.

Vorbereitungen zum Einbau

Bevor mit dem Einbau der Lager begonnen wird, sind die Gegenstücke und Anschlussteile, also Walzenzapfen, Einbaustücke, Hülsen, Deckel usw., anhand der Konstruktionszeichnung auf Maßhaltigkeit und Formgenauigkeit zu prüfen.

Auch die vorgeschriebene Oberflächengüte der Walzensitze, der Einbaustücke und der seitlichen Anlageteile ist zu kontrollieren. Alle von der Bearbeitung stammenden Grate und scharfe Kanten müssen gebrochen werden oder verzogen sein.

Kontrolle zylindrischer Walzenzapfen

Für eine einwandfreie Maß- und Formkontrolle ist es notwendig, die Walzenzapfen an den Sitzstellen der Radiallager in drei Querschnitten (c-d-e) und an den Sitzstellen der Axiallager in zwei Querschnitten (a-b) zu messen. Dabei sollen die Werte für je vier Durchmesser (1-2-3-4) festgestellt werden, Bild 51. Die gemessenen Werte werden in einem Messprotokoll festgehalten.

Kontrolle der Einbaustücke

Die Einbaustückbohrung soll in vier Querschnitten (a-b-c-d) an je vier Durchmessern (1-2-3-4) überprüft werden, Bild 52. Zu prüfen ist weiterhin der Mittenversatz der Einbaustückbohrung (A_1 und A_2), gegebenenfalls bei aufgeschraubten Verschleißleisten (Lage- und Formtoleranzen siehe Tabelle 41, Seite 32).

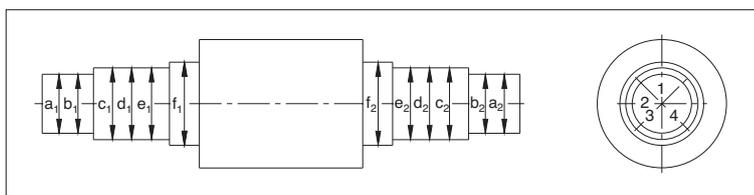
Die Abweichungen vom Sollmaß sollten wie bei der Zapfenkontrolle in einem Messprotokoll festgehalten werden.

Notwendig ist auch die Kontrolle der Anschlussteile; wichtig sind alle Maße, aus denen sich die axiale Vorspannung ergibt. Zu prüfen ist ebenfalls, ob die Anschlussteile schlagfrei sind.

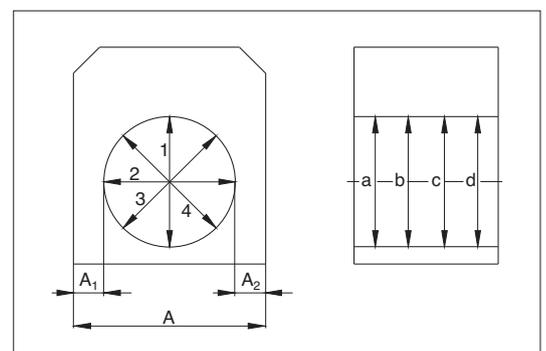
Die Schmierbohrungen sind zu säubern. Anschließend wird zur Kontrolle Luft durch die Bohrungen geblasen.

Oberflächenrauheit

Damit bei hohen Lagerbelastungen ein ausreichender Flächentraganteil erreicht wird, darf die Oberflächenrauheit der Wälzlagersitze nicht größer sein als die angegebenen Richtwerte, siehe Tabelle 42, Seite 33.



51: Messstellen bei der Kontrolle der Walzenzapfen



52: Messstellen bei der Kontrolle der Einbaustücke

Montage und Wartung

Vorbereitungen zum Einbau · Montage von vierreihigen Zylinderrollenlagern

Behandlung der Lagersitzflächen

Bei allen Sitzstellen, auf denen Wälzlager mit Schiebesitz (Einbaustück) oder mit Festsitz (Zapfen) gepasst sind, lässt sich die Bildung von Passungsrost verringern, wenn man die Oberfläche mit einer Schmierpaste einstreicht, die einen Korrosionsschutzzusatz enthält, z. B. mit der FAG Montagepaste Arcanol MOUNTING.PASTE. Bevor die Paste aufgetragen wird, sind die Sitzflächen gründlich zu reinigen. Die Paste soll so dünn aufgetragen werden, dass die glänzende Oberfläche gerade matt wird.

Vorbereitung der Lager zum Einbau

Erst wenn alle Vorbereitungen an den Einbaustücken und Walzen getroffen sind und die Zubehör-

teile bereitstehen, dürfen die Wälzlager aus der Originalverpackung genommen werden. Das Korrosionsschutzöl braucht normalerweise nicht entfernt zu werden.

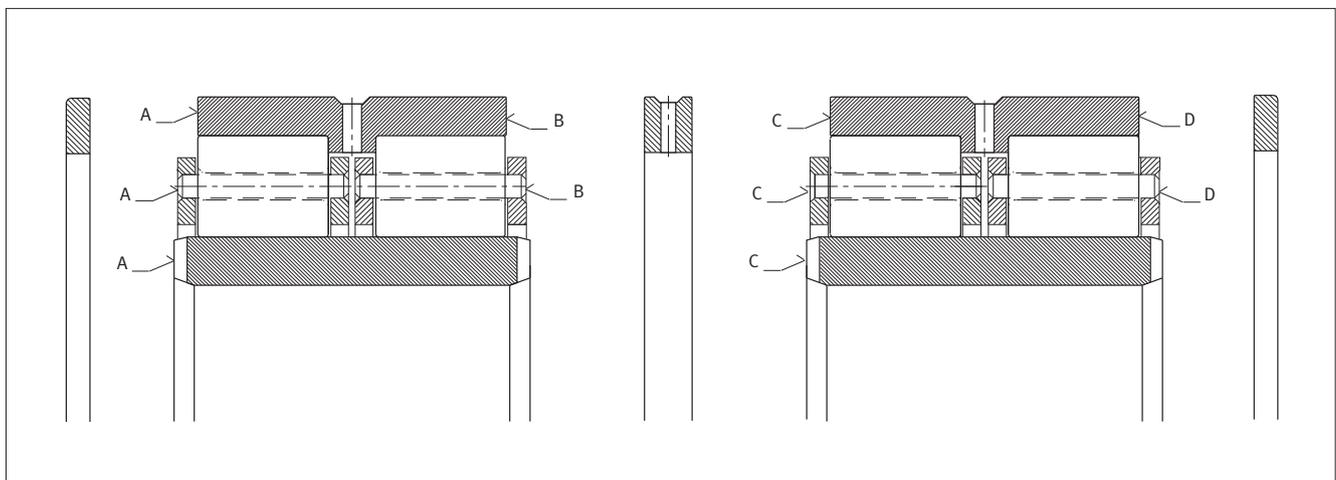
Es verhält sich zu allen marktüblichen Wälzlagerölen und -fetten neutral.

Die Funktionsfähigkeit, die Tragfähigkeit und die Gebrauchsdauer eines Lagers hängen nicht nur von seiner Qualität, sondern auch von der Montage ab. Daher sollen mit dem Einbau nur erfahrene Monteure betraut werden. FAG Monteure stehen für die Erstmontage, zur Einweisung der Betriebsmonteure und in allen weiteren Bedarfsfällen zur Verfügung. Im Folgenden wird erläutert, wie die Montage und die Demontage bei den üblichen Walzenlagerungen mit vierreihigen Zylinderrollenlagern, vierreihigen Kegelrollenlagern und Pendelrollenlagern durchgeführt werden sollen.

Montage von vierreihigen Zylinderrollenlagern

Die vierreihigen Zylinderrollenlager können als komplettes Lager oder auch als RZL-Teil (Außenring + Rollenkranz, z.B. Z-524678.RZL) und LZL-Teil (Innenring, z.B. Z-524678.LZL) getrennt bestellt werden. Jeder Innenring und Außenring ist mit dem Lagerkurzzeichen (z. B. Z-524678.ZL) und der laufenden Seriennummer (z. B. 11-585C) gekennzeichnet (Bild 57, Seite 41). An einer Einbaustelle dürfen nur Teile eines Lagers mit gleicher Seriennummer eingebaut werden.

Des Weiteren ist die Reihenfolge der Einzelteile entsprechend der Schemazeichnung (Bild 53) gekennzeichnet (z.B. A-B-C-D). Die Innenringe mit einer Fertigungsnummer können jedoch Außenringen mit Rollenkränzen zugeordnet werden, die eine andere Fertigungsnummer haben.



53: Kennzeichnung und Zusammenbau der Teile von vierreihigen Zylinderrollenlagern

Montage und Wartung

Montage von vierreihigen Zylinderrollenlagern

Zunächst wird der Labyrinthring bzw. der Lagerstützring – je nach Größe des Passungsübermaßes – erwärmt und auf den Walzenzapfen aufgeschumpft. Der Ring muss während des Erkaltens axial festgespannt werden, damit er am Walzenballen ohne Spalt anliegt.

Montage der Innenringe

Zylinderrollenlager-Innenringe, welche mit fester Passung auf den Zapfen montiert werden, sind vor dem Einbau auf max. 120 °C zu

erwärmen. Das geschieht normalerweise mittels induktiver Anwärmergeräte (Bild 54) oder im Ölbad. Dadurch ist eine gleichmäßige Erwärmung gewährleistet. Ein Überschreiten der Anwärmtemperatur wird bei den induktiven Anwärmergeräten durch eine Zeit- oder Temperaturregelung vermieden. Beim Erwärmen im Ölbad kann die Anwärmtemperatur unter Verwendung eines Thermostats geregelt werden.

Bei Innenringen mit größeren Abmessungen und Gewichten erfolgt häufig die Erwärmung über

ein Mittelfrequenzanwärmergerät mit flexiblem Induktor. Nach dem Anwärmen werden kleinere Lageringe von Hand oder mittels Bearing-Mate auf die Walzenzapfen gesetzt (Bild 55). Bei der Montage größerer Lagerringe muss eine Hebevorrichtung benutzt werden. Nach dem Erkalten sollen die Wälzlageringe satt am Labyrinthring anliegen. Auch zwischen zwei nebeneinander sitzenden Lagerringen darf kein Spalt sein. Aus diesem Grund ist es nötig, die Ringe während des Abkühlens axial festzuspannen.



54: Beispiel für ein induktives Anwärmergerät (Heater600)



55: Montage des Innenrings eines kleinen Zylinderrollenlagers mittels Bearing-Mate

Montage und Wartung

Montage von vierreihigen Zylinderrollenlagern

Montage der Außenringe

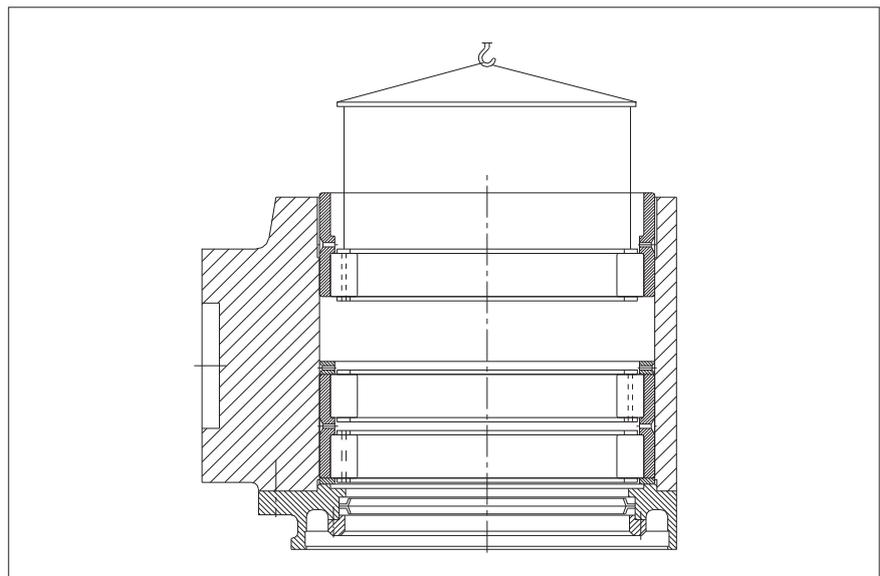
Zylinderrollenlager-Außenringe erhalten in den Einbaustücken Schiebesitz. Kleinere Außenringe können von Hand in das Einbaustück gesetzt werden.

Die Außenringe oder die Käfige größerer Lager werden z.B. mit Hilfe eines Krans in das Einbaustück eingehoben, Bild 56.

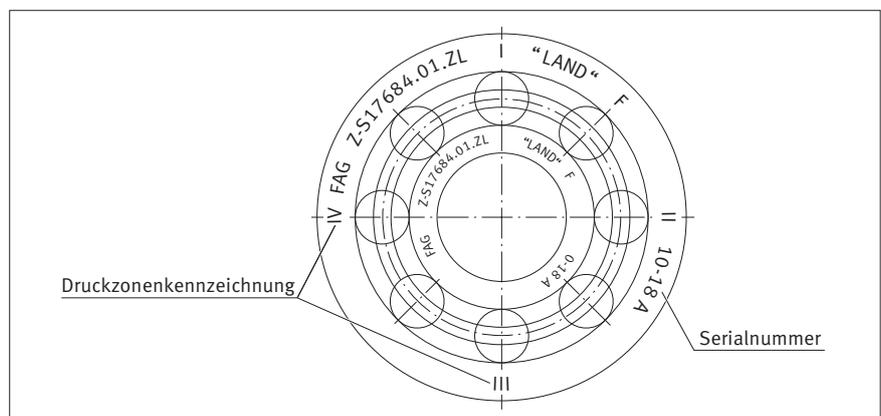
Auf den Stirnseiten der Außenringe sind vier Zonen mit den Ziffern I, II, III und IV markiert, Bild 57.

Beim ersten Einbau werden die Außenringe so eingesetzt, dass die Belastung auf die Druckzone I wirkt. Die Druckzonen sollen bei allen Außenringen in gleicher Richtung liegen.

Wir empfehlen, nach einer Laufzeit von 1000 bis 1200 Stunden die Lager gründlich zu überprüfen und die Druckzonen der Außenringe zu ändern. Hierzu sind die Außenringe in dem Einbaustück beim ersten Druckzonenwechsel um 180° in Druckzone III und bei weiteren Wechseln in Druckzone II bzw. IV zu drehen.



56: Montage eines Zylinderrollenlager-Außenringes mit einem Kran



57: Kennzeichnung eines vierreihigen Zylinderrollenlagers

Montage und Wartung

Montage von vierreihigen Zylinderrollenlagern

Montage der Axiallager

Axiallager wie z.B. Kegelrollenlager, Schrägkugellager, Rillenkugellager und Pendelrollenlager dürfen radial nicht belastet werden. Deshalb ist die Bohrung des Einbaustückes um 0,6 ... 1,5 mm größer als der Lageraußendurchmesser. Zweireihige Kegelrollenlager mit großem Druckwinkel können mit Federn axial vorgespannt werden, Bild 58. Hiermit wird bei einseitig wirkender Axialbelastung ein Schlupfen der unbelasteten Reihe verhindert. Um ein Einstellen der Außenringe zu ermöglichen, wird ein axiales Spiel von 0,2 ... 0,4 mm zwischen Außenring und Gehäuse vorgesehen.

Bei der Montage von Schrägkugel- und Rillenkugellagern kann aufgrund der größer gehaltenen Einbaustückbohrung der Außenring durchhängen. Dadurch besteht jedoch die Gefahr, dass lediglich die oberen Kugeln axial belastet werden. Um dies zu verhindern, werden die Deckelschrauben nach der Montage des Axiallagers auf den Walzenzapfen nur leicht angezogen, so dass der Außenring sich noch einstellen kann. Der Monteur bringt nun zunächst die Walze in Arbeitsstellung. In dieser Position werden die Außenringe dann verspannt.

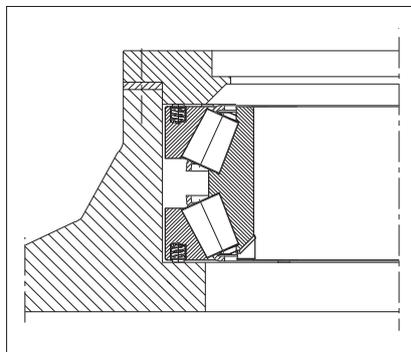
Montage der vormontierten Einbaustücke auf den Walzenzapfen

Sind der Labyrinthring und die Innenringe auf den Walzenzapfen aufgeschraubt, kann mit der Montage des vormontierten Einbaustückes begonnen werden, Bild 59.

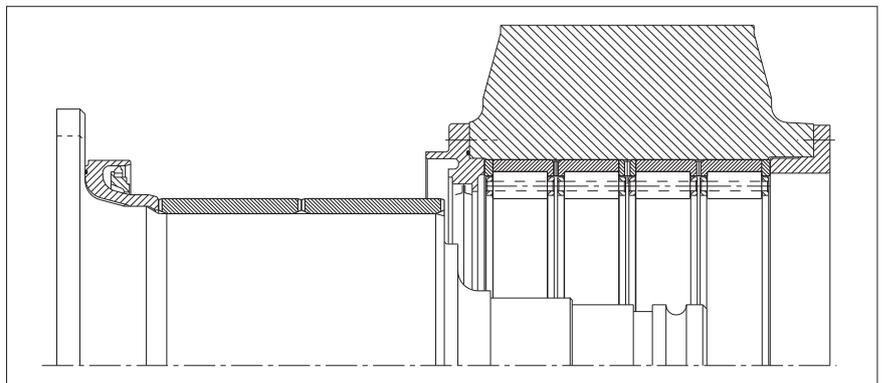
Die Einbaustücke mit den Außenringen müssen zunächst sorgfältig ausgerichtet werden, damit sie ohne Zwang aufgeschoben werden können.

Die weiteren Arbeiten sind mit größter Sorgfalt vorzunehmen, so dass die Innenringlaufbahn nicht beschädigt wird. Hierzu ist es zweckmäßig, die Walze zu drehen, um das Aufschieben zu erleichtern.

Bei Zylinderrollenlagern mit losem Sitz am Innenring muss die Bohrung vor dem Aufschieben eingefettet bzw. eingeölt werden.



58: Die Außenringe zweireihiger Kegelrollenlager werden mit Federn angestellt



59: Das vormontierte Einbaustück wird auf den Walzenzapfen geschoben. Die äußere Zylinderrollenlager-Bordscheibe ist mit Winkelstücken (Laschen) gesichert

Montage und Wartung

Montage von vierreihigen Zylinderrollenlagern

Ausbau der Lagerung

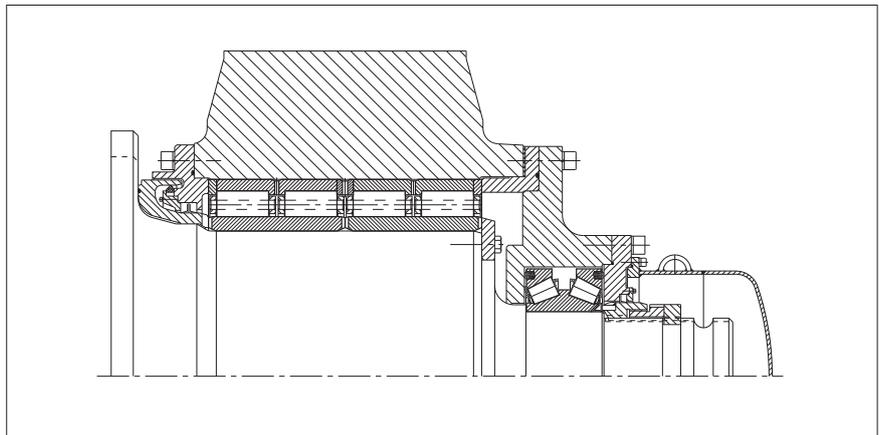
Nach Demontage der Axiallager-sicherung auf der Walze können die Einbaustücke als geschlossene Einheit vom Zapfen gezogen werden. Bei der Überprüfung der Walzenlager werden die einzelnen Lagerteile in umgekehrter Reihenfolge analog zum Einbau demontiert.

Das Abziehen der festsitzenden Innenringe vom Walzenzapfen erfordert besondere Vorrichtungen. Hierbei hat sich das induktive FAG Mittelfrequenzanwärmgerät bewährt, Bild 61.

In einzelnen Fällen werden die Innenringe hydraulisch abgezogen. Dabei können jedoch – vor allem bei großen Lagern – Schwierigkeiten auftreten, wenn die Passflächen durch Kaltverschweißung oder Passungsrost beschädigt sind.

Lossitz der Innenringe

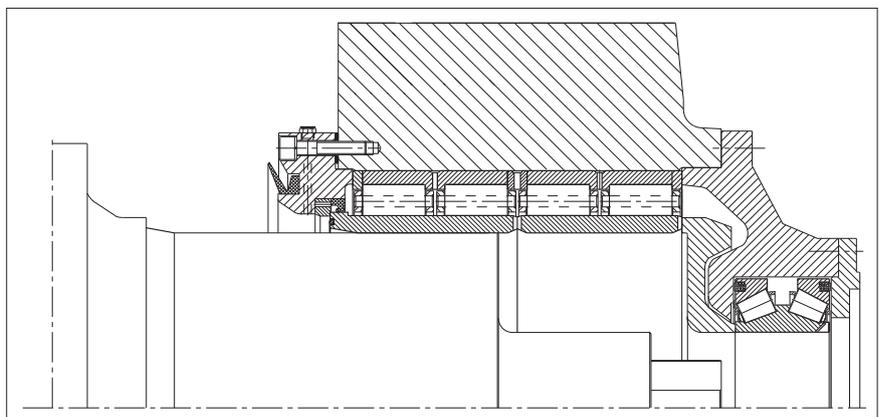
Bei Profil- oder Feineisenstraßen werden mitunter Innenringe mit loser Passung auf den Walzenzapfen gesetzt. Durch entsprechende Gestaltung des Labyrinthdeckels wird beim Abziehen der Lagerringe der Labyrinthring mitgenommen und die Innenringe axial geführt. Die gesamte Lagerung bleibt als Einheit zusammen, Bild 62.



60: Fertig montiertes Einbaustück



61: Mittelfrequenztechnik mit flexiblem Induktor für den thermischen Ein- und Ausbau von Zylinderrollenlager-Innenringen



62: Beim Wechsel des Einbaustücks wird die komplette Lagerung abgezogen bzw. aufgeschoben

Montage und Wartung

Montage von vierreihigen Kegelrollenlagern

Montage von vierreihigen Kegelrollenlagern

Informationen zum Einbau siehe Montageanleitung WL 80 154.

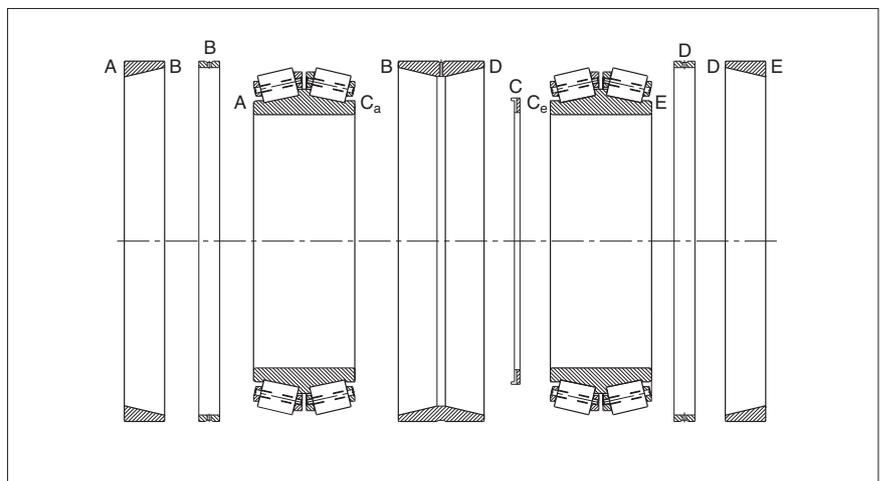
Bei vierreihigen Kegelrollenlagern findet man folgende Kennzeichen: das Lagerkurzzeichen, das Firmenzeichen FAG, ferner die laufende Seriennummer sowie – zur Kennzeichnung des Zusammenbaus – Buchstaben. Wie die Seiten der Lagerringe bezeichnet sind, geht aus Bild 63 hervor.

Die Zwischenringe B und D sowie C sind bei der Anlieferung der Lager so abgestimmt, dass sich die richtige Axialluft ergibt. Ringbreite und Axialluft sind auf den Zwischenringen vermerkt.

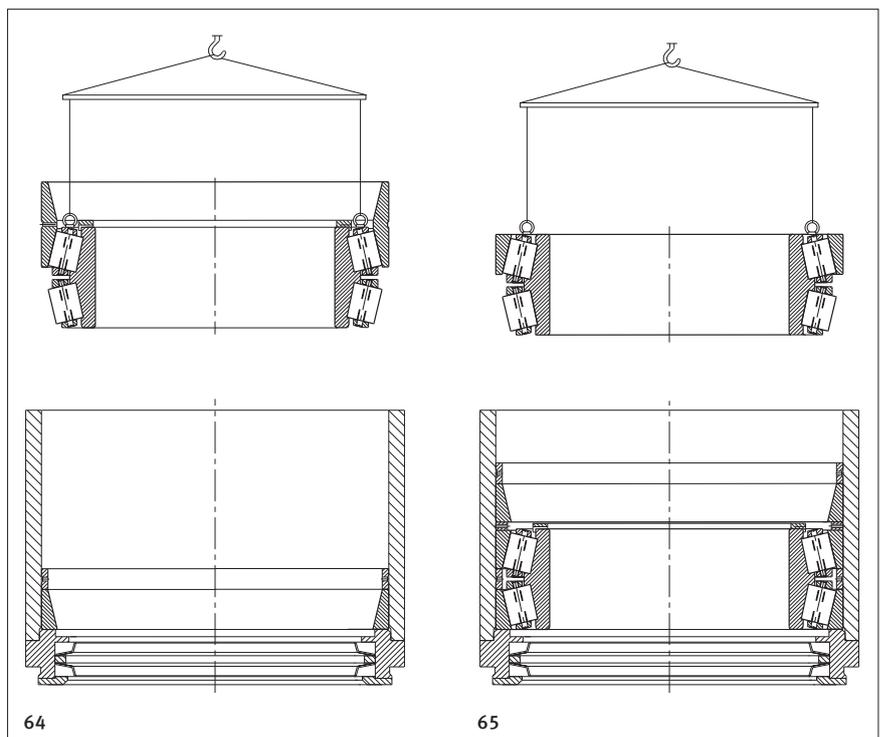
Der Umfang der Außenringe ist wie bei den vierreihigen Zylinderrollenlagern in vier Druckzonen unterteilt, die mit I, II, III und IV bezeichnet sind, siehe Bild 57, Seite 41.

Einbau

Vierreihige Kegelrollenlager werden bei senkrechter Achse montiert, Bilder 64 und 65. In das Einbaustück wird zuerst der mit AB bezeichnete schmale Außenring eingebaut, und zwar so, dass die Druckzone I in Lastrichtung liegt. Dann folgen die anderen Lagerteile in der Reihenfolge, die in der Schemazeichnung (Bild 63) angegeben ist. Auch bei den weiteren Außenringen muss die Druckzone I in Lastrichtung liegen.



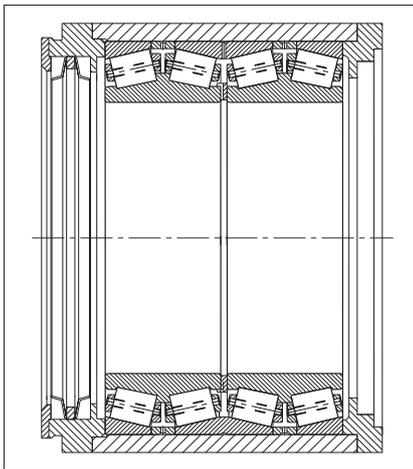
63: Schema für den Zusammenbau der Lagerteile



64 und 65: Die Lagerteile werden in das Einbaustück eingesetzt

Montage und Wartung

Montage von vierreihigen Kegelrollenlagern



66: Die Deckelschrauben des Einbaustücks werden zunächst leicht angezogen; dann wird das Einbaustück gekippt

Wir empfehlen, nach einer Laufzeit von 1000 bis 1200 Stunden die Lager gründlich zu überprüfen und die Druckzonen der Außenringe zu ändern. Hierzu sind die Außenringe in dem Einbaustück beim ersten Druckzonenwechsel um 180° in Druckzone III und bei

weiteren Wechseln in Druckzone II bzw. IV zu drehen.

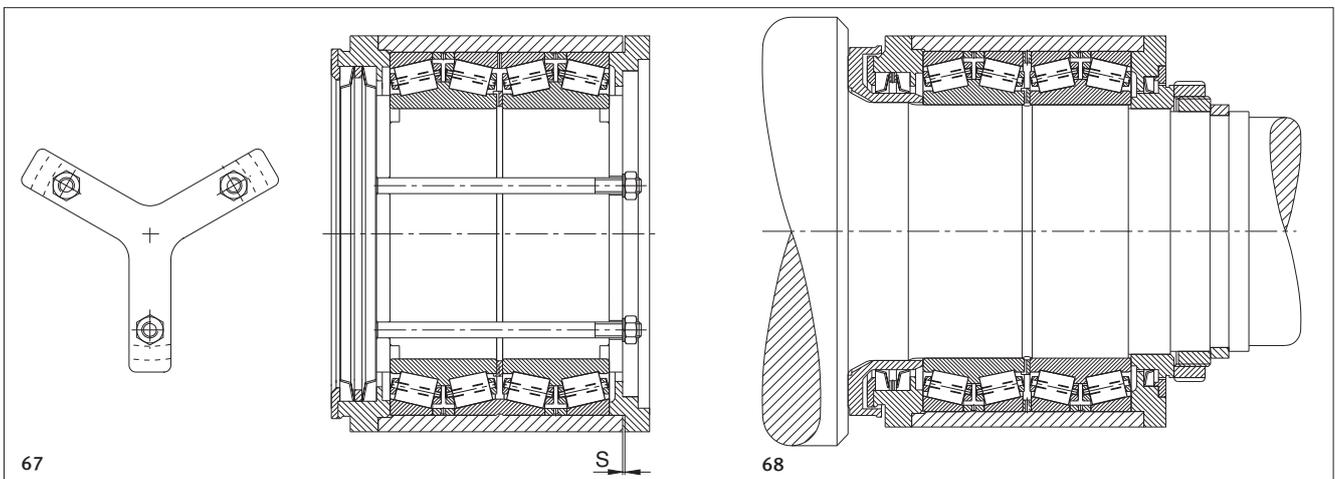
Sind alle Teile des Lagers eingesetzt, so werden die Deckelschrauben – zunächst ohne Dichtung – leicht angezogen, Bild 66.

Das Einbaustück kippt man um, so dass die Lagerachse horizontal liegt. An den äußeren Stirnflächen der Innenringe werden dann Zentrierstücke befestigt, die mit Zugankern zusammengespannt werden, Bild 67.

Unter ständigem Drehen der Innenringe werden die Muttern an den Zugankern und auch die Deckelschrauben gleichmäßig angezogen. Mit einer Fühllehre wird kontrolliert, ob Innenringe und Zwischenring satt aneinander liegen. Dann wird der Spalt S zwischen Einbaustück und Deckel gemessen und eine Flächendichtung mit der Dicke $S \cdot x$ eingelegt. Der für eine sichere Vorspannung erforderliche Betrag x hängt von der Art der Dichtung

ab und ist vom Hersteller des Walzwerks bestimmt. Wenn die Außenringe mit dem Deckel fest verspannt sind, können die Zentrierstücke mit den Zugankern abgenommen werden. Erfahrene Monteure verzichten auf die Verwendung von Zentrierstücken und Zugankern und drehen die Innenringe beim senkrechten Einsetzen so lange, bis die Kegelrollen satt an den Führungsborden anliegen. Abschließend setzt man die Radialdichtringe in den Deckel ein. Die Innenringbohrungen werden eingefettet bzw. eingeölt. Sobald der Labyrinthring aufgeschrunpft ist, wird das Einbaustück auf den Walzenzapfen gesetzt.

Das Lager wird mit der Wellenmutter axial so festgespannt, dass es satt am Labyrinthring anliegt. Während die Mutter angezogen wird, soll das Einbaustück einige Male nach links und rechts gedreht werden. Die Mutter wird dann so weit zurück gedreht, dass zwischen



67: Die Außenringe werden zusammengespannt, während die Innenringe gedreht werden

68: Das montierte Einbaustück

Montage und Wartung

Montage von vierreihigen Kegelrollenlagern

Innenring und Mutter ein Spiel von 0,2 bis 0,6 mm entsteht. Bei einer Gewindesteigung von 3 mm zum Beispiel dreht man dazu die Mutter um 1/10 einer Umdrehung zurück. Es ist zweckmäßig, die Lagerung erst nach der Montage zu fetten, da das Lager sonst möglicherweise verschmutzt wird. Zum Fetten benutzt man am besten eine Abschmierpresse. Steht keine Abschmierpresse zur Verfügung, so müssen die Rollensätze vor dem Einsetzen in das Einbaustück von Hand gefettet werden. Bei Walzen, die für sehr hohe Walzgeschwindigkeiten bestimmt sind, dürfen die Einbaustücke nicht vollständig mit Fett gefüllt werden. Welche Menge im jeweiligen Fall erforderlich ist, bitte bei uns erfragen.

Ausbau

Soll das Einbaustück beim Walzenwechsel auf eine andere Walze gesetzt werden, so braucht man nur die Mutter abzuschrauben und kann dann das komplette Einbaustück vom Walzenzapfen abziehen und auf die neue Walze schieben. Müssen die Lager bei der Wartung und Inspektion ausgebaut werden, so wird wie beim Einbau, nur in umgekehrter Reihenfolge, vorgegangen. Zweireihige Kegelrollenlager kann man in der gleichen Weise ausbauen.

Wartung

Nach längerer Laufzeit vergrößert sich die Axialluft der vierreihigen Kegelrollenlager durch Verschleiß der Laufflächen. Es ist deshalb notwendig, von Zeit zu Zeit die Axialluft zu prüfen. Ist die Axialluft zu groß, müssen die äußeren und inneren Zwischenringe nachgeschliffen werden. Die korrigierte Axialluft soll etwas größer sein als die ursprüngliche Axialluft. Näheres dazu ist der WL 80 154 zu entnehmen.

Montage und Wartung

Montage von Pendelrollenlagern

Montage von Pendelrollenlagern

In Walzgerüsten werden Pendelrollenlager mit losem und auch mit festem Sitz der Innenringe eingebaut.

Bei losem Sitz der Innenringe ist die Montage einfach. Die Lager werden zuerst in die Einbaustücke eingebaut. Dann werden die seitlichen Deckel angeschraubt. Bevor die Lagerung auf die Walze geschoben wird, sollte die Bohrung der Innenringe eingefettet werden. Das Aufschieben wird mit einer Montagehülse erleichtert.

Da die Innenringe auf den Zapfen umlaufen, muss nach der Montage etwas Luft zwischen den seitlichen Anlageteilen vorhanden sein.

Am besten zieht man dazu die Verspannmutter erst fest und dreht sie dann wieder wie bei Kegelrollenlagern zurück. In dieser Stellung wird die Mutter gesichert. Ist bei Pendelrollenlagern ein fester Sitz der Innenringe notwendig, so werden in der Regel Lager mit kegeliger Bohrung verwendet. Beim Walzenwechsel kann das Lager auf die andere Walze umgesetzt werden, vorausgesetzt, dass die kegeligen Walzenzapfen und die Breite der Labyrinthringe eng genug toleriert sind.

Einbau von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung

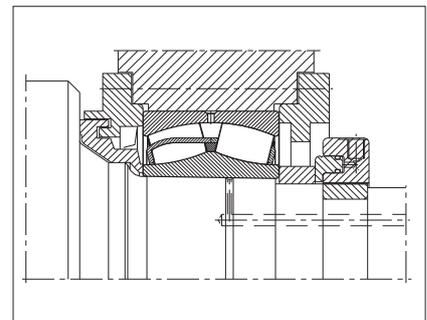
Das gefettete Pendelrollenlager wird in das Einbaustück gesetzt und festgespannt. Dann wird das Einbaustück zusammen mit dem Pendelrollenlager auf den Walzenzapfen geschoben, bis es satt auf dem Zapfen sitzt. Zum weiteren Aufpressen benutzt man das Hydraulikverfahren. Zu diesem Zweck müssen die Walzenzapfen Ölnuten und Ölzuführungskanäle haben. Zum Aufpressen verwendet man zweckmäßigerweise eine Hydraulikmutter. Einzelheiten über das hydraulische Aufpressen und die Hydraulikmutter sind in den Publikationen IS1 und TPI 196 zu finden.

Das Pendelrollenlager wird so weit aufgepresst, dass es an dem Labyrinthring anliegt, Bild 69. Damit der vorgeschriebene Aufschiebeweg eingehalten wird, muss vorausgesetzt werden, dass die Breite des Labyrinthrings auf den tatsächlichen Durchmesser des kegeligen Walzensitzes abgestimmt ist.

Die Hydraulikmutter nimmt man dann ab. Auf den Walzenzapfen wird die Walzenmutter gesetzt, festgeschraubt und gesichert. Der Einbau ist damit beendet.

Ausbau von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Die Wellenmutter wird um einige Gewindegänge gelöst, mindestens um den Aufschiebeweg des Lagers. Presst man nun Öl zwischen die Passflächen, so rutscht das Lager – sobald sich ein durchgehender Ölfilm aufgebaut hat – schlagartig vom Wellensitz. Wenn dann die Wellenmutter abgeschraubt ist, kann das Einbaustück zusammen mit dem Pendelrollenlager vom Walzenzapfen abgehoben und anschließend wieder auf einer anderen Walze montiert werden.



69: Das Pendelrollenlager wird mit einer Hydraulikmutter unter Benutzung des Hydraulikverfahrens aufgeschoben

Montage und Wartung

Reservehaltung · Statistische Erfassung · Industrieservice

Reservehaltung

Damit kostspielige Betriebsunterbrechungen vermieden werden, empfiehlt es sich, dafür zu sorgen, dass für jedes Gerüst immer dreieinhalb komplette Lagersätze zur Verfügung stehen. Davon sitzt ein Lagersatz auf den Walzen, die in dem Gerüst eingebaut sind. Ein zweiter gehört zu den Walzen, die nachgeschliffen werden. Ein weiterer Satz Walzen einschließlich der zugehörigen Lager sollte jederzeit zum Einsatz bereitstehen. Damit bei Lagerausfällen diese drei Sätze wieder komplettiert werden können, sollte man außerdem einen halben Lagersatz in Reserve haben. Bei Zylinderrollenlagern mit festem Sitz der Innenringe kann es ratsam sein, zusätzliche Innenringe zu beschaffen, die man auf die Walzenzapfen montiert. Müssen die Walzen oft gewechselt werden – z. B. bei Profilwalzwerken –, spart man damit die häufige Demontage der Innenringe.

Statistische Erfassung

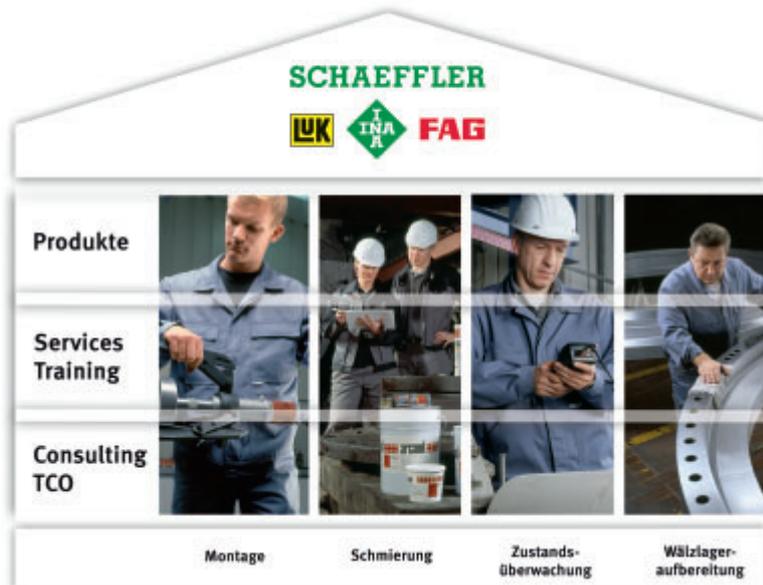
Wenn die Lager angeliefert werden, legt man zweckmäßigerweise für jedes Lager eine Karteikarte an und trägt darin alle wichtigen Daten ein. Die Eintragungen sind durch weitere Betriebsdaten, z. B. gemessene Temperaturen und Walzdrücke, zu ergänzen. Auf diese Weise erhält man eine wichtige Unterlage, nach der die Betriebsbedingungen und die Laufleistung des Lagers besser beurteilt werden können, als es bei der Berechnung aufgrund der Belastungsannahmen möglich ist.

Industrieservice

Im Rahmen des Industrieservices bietet Schaeffler hochwertige Produkte, Dienstleistungen und Schulungen an, Bild 70. Der Katalog IS1 für „Montage und Instandhaltungen“ gibt eine Übersicht über das Angebotsspektrum:

- Montage
- Schmierung
- Zustandsüberwachung
- Wälzlageraufbereitung

Die Mitarbeiter von Schaeffler helfen Ihnen gerne weltweit, die richtigen Produkte, Dienstleistungen und Schulungen auszuwählen.



70: Portfolio

Montage und Wartung

Aufbewahrung von Wälzlagern

Aufbewahrung von Wälzlagern

Die Leistungsfähigkeit moderner Wälzlager bewegt sich an der Grenze des technisch Machbaren. Nicht nur die Werkstoffe, auch Maß- und Lauf toleranzen, Oberflächengüten und die Schmierung sind auf maximale Funktion optimiert, so dass bereits kleine Abweichungen in Funktionsbereichen, die beispielsweise durch Korrosion verursacht werden, das Leistungsvermögen beeinträchtigen können. Um die volle Leistungsfähigkeit von Wälzlagern zu erhalten, müssen Korrosionsschutz, Verpackung, Aufbewahrung und Handling aufeinander abgestimmt sein.

Korrosionsschutz und Verpackung sind Teil des Lagers und so optimiert, dass sie möglichst alle Eigenschaften des Produktes gleichzeitig konservieren. Neben dem Schutz der Oberfläche vor Korrosion sind das Notlaufschmierung, Reibung, Schmierstoffverträglichkeit, Geräuschverhalten, Alterungsbeständigkeit und Verträglichkeit mit Wälzlagerkomponenten (Käfig- und Dichtungswerkstoff).

Ausgebaute und zeitweilig nicht benötigte Lager müssen ausgewaschen, sofort konserviert und verpackt werden. Zum Auswaschen ist zweckmäßigerweise Waschpetroleum zu verwenden. Zur Konservierung werden kleinere Lager in Korrosionsschutzöl getaucht, größere werden sorgfältig damit besprüht. Anstatt die Lager anschließend zu verpacken, kann man sie auch in Öl aufbewahren.

Wenn man Einbaustücke mit den darin eingebauten Lagern nicht sofort wieder benötigt, muss geprüft werden, ob Wasser eingedrungen ist. Ist das der Fall, so ist die Fettfüllung selbstverständlich zu erneuern oder – z. B. bei Ölnebelschmierung – die Lagerung zu reinigen und zu konservieren. Für die Aufbewahrung werden die Seiten der Einbaustücke mit Abdeckscheiben verschlossen.

Aufbewahrungsbedingungen für Wälzlager

Grundvoraussetzung ist ein geschlossener Lagerraum, in dem keine aggressiven Medien einwirken, wie Abgase von Fahrzeugen oder Gase, Nebel, Aerosole von Säuren, Laugen oder Salzen! Direktes Sonnenlicht ist zu vermeiden, da es neben schädlicher UV-Strahlung zu großen Temperaturschwankungen in der Verpackung führen kann! Die Temperatur soll konstant, die Luftfeuchtigkeit möglichst niedrig sein! Temperatursprünge und erhöhte Luftfeuchtigkeit führen zu Schweißwasserbildung!

Folgende Bedingungen sind einzuhalten:

- frostfreie Lagerung, das heißt eine Temperatur +5 °C (vermeidet Reifbildung, bis zu 12 Stunden am Tag sind bis maximal +2 °C erlaubt)
- Maximaltemperatur +40 °C (um übermäßiges Abfließen von Korrosionsschutzölen zu vermeiden)
- relative Luftfeuchtigkeit 65 % (bei Temperaturänderungen maximal bis zu 12 Stunden am Tag bis zu 70 %)!

Temperatur und Luftfeuchtigkeit müssen permanent überwacht werden! Dies kann durch Datenlogger erfolgen! Die Messungen dürfen nicht länger als 2 Stunden auseinander liegen!

Es sind mindestens 2 Messpunkte zu wählen: Der höchste Punkt und der tiefste Punkt mit der Nähe zur Außenwand, an dem Ware gelagert werden kann!

Größere Lager, deren Ringe eine verhältnismäßig geringe Wanddicke haben, sollen nicht stehend, sondern liegend und auf dem ganzen Umfang unterstützt aufbewahrt werden!

Notizen

Notizen

Auswahl weiterer FAG-Publikationen

Die folgende Aufstellung gibt eine Auswahl aus dem Angebot an FAG-Veröffentlichungen. Weiteres Informationsmaterial auf Anfrage.

Anwendungen:

GL1	Großlagerkatalog
PLS	Die Lagerlösung für Strangführungsrollen
TPI 129	Stützrollen für Vielwalzen-Kaltwalzwerke
TPI 148	Wälzlagerungen für Konverter
TPI 157	Geteilte Zylinderrollenlager für die Lagerung von Walzwerks-Antriebswellen
TPI 176	Schmierung von Wälzlagern
TPI 218	Abgedichtete Pendelrollenlager
WL 41 140	Wälzlager für Walzgerüste
WL 43 165	Geteilte Pendelrollenlager
WL 83 102	Wälzlagerschäden

Instandhaltung:

IS1	Montage und Instandhaltung von Wälzlagern
TPI 170	FAG DTECT X1s
TPI 207	Aufbereitung und Reparatur von Wälzlagern
TPI 214	FAG SmartCheck
TPI WL 80-64	FAG Detector III
TPI WL 80-69	FAG ProCheck
WL 80 366	FAG Wear Debris Monitor
WL 80 368	Heiße Bilder in der Instandhaltung
WL 80 372	FAG DTECT X1s Flyer
WL 80 374	Bringt Licht ins Dunkel

Montage:

MH1	Montagehandbuch
MON 90	Montageanweisung für fettgeschmierte geteilte FAG-Pendelrollenlager und Gehäuse
PDB 27	Induktive FAG-Anwärmgeräte HEATER
TPI 138	Wälzlagertoleranzen
TPI 168	Wälzlagerfette Arcanol
TPI 180	FAG Geräte zum thermischen Ausbau
TPI 182	FAG-Geräte zum Ausrichten
TPI 195	FAG Druckerzeuger
TPI 196	FAG Hydraulikmuttern
TPI 200	FAG-Anwärmgeräte zum Einbau von Wälzlagern
WL 80-56	FAG Werkzeuge zum mechanischen Einbau und Ausbau von Wälzlagern
WL 80 112	Wälzlager-Montage
WL 80 154	Montageanleitung: Vierreihige Kegelrollenlager
WL 80 369	Neue Freiheiten in der Lagererwärmung
WL 80 376	FAG Mittelfrequenzanwärmgerät
WL 80 382	FAG CONCEPT8 – Kompakte Kleinschmieranlage für Fett und Öl

Schaeffler Technologies

AG & Co. KG

Postfach 1260

97419 Schweinfurt

Georg-Schäfer-Straße 30

97421 Schweinfurt

Telefon +49 9721 91-0

Telefax +49 9721 91-3435

E-Mail FAInfo@schaeffler.com

www.schaeffler.com

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen. Technische Änderungen behalten wir uns vor.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Ausgabe: 2015, April

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

WL 17 200 D-D