SCHAEFFLER

Montagehandbuch

Montage von Rotativlagern

Montagehandbuch

Montage von Rotativlagern

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: 2017, Dezember

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit
unserer Genehmigung.

Vorwort

Schaeffler ist ein weltweit führender Anbieter von Wälzlagern, lagerspezifischem Zubehör sowie umfangreichen Serviceprodukten und -leistungen. Schaeffler verfügt mit annähernd 100 000 serienmäßig gefertigten Produkten über ein extrem breites Portfolio, das Anwendungsfälle aus allen vorhandenen Industriebranchen sicher abdeckt.

Katalog MH 1, Montagehandbuch

Wälzlager sind hochwertige Güter und erfordern deshalb eine sorgsame Handhabung. Der Einsatz geeigneter Hilfsmittel sowie Sorgfalt und Sauberkeit bei der Montage und Demontage tragen wesentlich zur Erhöhung der Wälzlagerverfügbarkeit und -lebensdauer bei. Durch das breitgefächerte Produkt- und Dienstleistungsportfolio lassen sich Gebrauchsdauer und Leistungsfähigkeit von Produktionsanlagen steigern und die Gesamtkosten reduzieren.

Der vorliegende Katalog MH 1 gibt wichtige Hinweise für den sachgemäßen Umgang mit rotativen Lagerungen bei der Montage, Demontage und Wartung. Weiterführende Informationen zu den jeweiligen Lagerbauarten, Werkzeugen und Verfahren finden Sie in den spezifischen Produktbroschüren.
Bei weiteren Fragen zum Thema Lagerungstechnik stehen Ihnen die Mitarbeiter von Schaeffler weltweit gerne zur Verfügung.

Katalog HR 1, Wälzlager

Der Katalog HR 1 beschreibt die für Erstausrüster, Handel und Ersatzbedarf notwendigen Wälzlager nach DIN ISO, das spezifische Wälzlager-Zubehör sowie weitere Wälzlager-Bauarten und Ausführungsvarianten.

Er zeigt, welche Produkte für eine Lagerung in Frage kommen, was bei ihrer Auslegung zu berücksichtigen ist, welche Toleranzen für die Umgebungskonstruktion notwendig sind und wie die Lagerung abgedichtet wird. Er informiert ausführlich über die Berechnung der Lagerlebensdauer, über Temperaturen und Belastungen, über Schmierstoffe, die sich für die Lagerung am besten eignen, und nicht zuletzt darüber, wie die Produkte korrekt eingebaut und gewartet werden.

Katalog IS 1, Montage und Instandhaltung

Der Katalog IS 1 richtet sich in erster Linie an Instandhalter und Betreiber von Anlagen, bei denen Wälzlager und andere rotierende Maschinenelemente hinsichtlich Produkt- und Prozessqualität kritisch sind. Verantwortliche für Instandhaltungs- und Produktionsprozesse müssen sich bei ihrer täglichen Arbeit auf die Qualität ihrer Werkzeuge und die Kompetenz ihrer Servicepartner verlassen können.

Dieser Katalog gibt eine Übersicht über:

- Montage
- Schmierung
- Zustandsüberwachung
- Service-Dienstleistungen.

Vorwort

Global Technology Network

Schaeffler bietet sein breitgefächertes Produkt- und Serviceportfolio weltweit an. Mit dem Global Technology Network kombiniert Schaeffler seine lokale Kompetenz in der Region mit dem Wissen und der Innovationskraft seiner Experten weltweit unter einem Dach. Durch die lokalen Kompetenzzentren „Schaeffler Technology Center“ bringen wir unser Leistungsspektrum mit Engineering- und Service-Know-how direkt in Ihre Nähe. Durch diese Kombination erfahren Sie überall auf der Welt eine optimale Betreuung und erhalten durch unser gebündeltes Wissen innovative, maßgeschneiderte Lösungen von höchster Qualität. Dies ermöglicht Ihnen, die Gesamtkosten Ihrer Maschinen und Anlagen nachhaltig zu senken und damit die Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

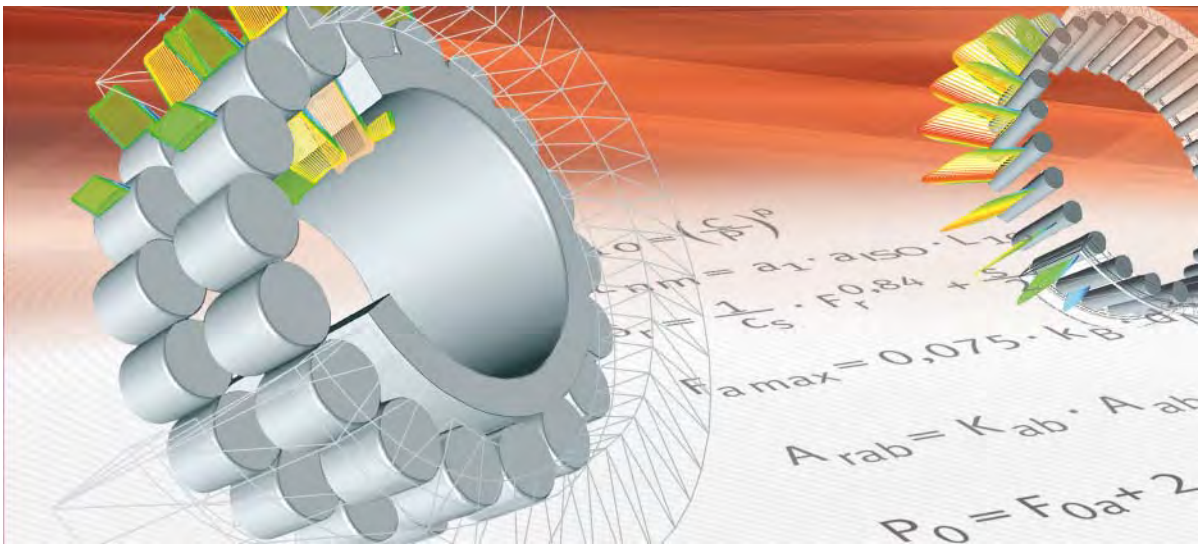
Bild 1
Leistungsspektrum

Weitere Informationen

- www.schaeffler.de/gtn
- ***medias***.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Technische Grundlagen	6
Lagerbauarten	9
Lageranordnungen	11
Passungen	19
Lagerluft und Betriebsspiel	22
Form- und Lagetoleranzen	28
Sicherheitshinweise	31
Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau	34
Maß- und Formprüfung	36
Schmierung	43
Aufbewahrung von Wälzlagern	50
Dichtungen	52
Lagergehäuse	59
Einbau von Wälzlagern	67
Einbauverfahren	70
Einbau von besonderen Bauformen	88
Ausbau von Wälzlagern	110
Dienstleistungen	120
Tabellen	132
Maß- und Toleranzsymbole	134
Wellen- und Gehäusepassungen	138
Normaltoleranzen	150
Kantenabstände	163
Radiale Lagerluft	170
Axiale Lagerluft	180
Radialluftverminderung	182
FAG-Wälzlagerfette Arcanol – Chemisch-physikalische Daten	188
Hinweise zur Anwendung	192



Technische Grundlagen

Lagerbauarten
Lageranordnungen
Passungen
Lagerluft und Betriebsspiel
Form- und Lagetoleranzen
Sicherheitshinweise
Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau
Maß- und Formprüfung
Schmierung
Aufbewahrung von Wälzlagern
Dichtungen
Lagergehäuse

Technische Grundlagen

Seite

Lagerbauarten

Wälzlager ... 9
Hauptanforderungen an die Lager ... 9
Wälzlagerbauformen ... 10

Lageranordnungen

Lageranordnungen ... 11
Fest-Loslagerung ... 11
Angestellte Lagerung ... 14
Schwimmende Lagerung ... 18

Passungen

Kriterien für die Wahl der Passung ... 19
Sitz für Axiallager ... 19
Umlaufverhältnisse ... 20
Toleranzfelder ... 21

Lagerluft und Betriebsspiel

Radiale Lagerluft ... 22
Hüllkreis ... 24

Betriebsspiel ... 25
Größe des Betriebsspiels ... 25
Betriebsspiel berechnen ... 25

Axiale Lagerluft ... 27

Form- und Lagetoleranzen

Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzflächen ... 28
Genauigkeit der Lagersitzflächen ... 28

Sicherheitshinweise

Hinweise zur Montage von Wälzlagern ... 31

Allgemeine Sicherheitsbestimmungen ... 31
Qualifikation des Personals ... 31
Persönliche Schutzausrüstung ... 31
Sicherheitsvorschriften ... 32

Transportvorschriften ... 33

Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau

Arbeitsbedingungen ... 34
Richtlinien für den Einbau ... 34

Behandlung der Wälzlager vor dem Einbau ... 35

Sauberkeit bei der Montage ... 35

Anschlussteile ... 35

Maß- und Formprüfung

Vermessen des Lagersitzes ... 36
Zylindrische Sitzflächen ... 36
Kegelige Sitzflächen ... 38
Hüllkreis ... 40

Technische Grundlagen

Seite

Schmierung

Grundlagen ... 43
- Aufgaben des Schmierstoffes ... 43
- Wahl der Schmierungsart ... 44
- Gestaltung der Schmierstoffleitungen ... 45

Schmierfette ... 46
- Erst- und Neubefettung ... 46
- Wälzlagerfette Arcanol ... 49

Schmieröl ... 49

Weitere Informationen ... 49

Aufbewahrung von Wälzlagern

Korrosionsschutz und Verpackung ... 50

Aufbewahrungsbedingungen ... 50

Aufbewahrungszeiten ... 51

Dichtungen

Einteilung von Dichtungen ... 52
- Berührungslose und berührende Dichtungen ... 52

Einbauraum und Randbedingungen einer Dichtstelle ... 54
- Einbauraum ... 54
- Dichtungslauffläche ... 54

Montagehinweise ... 55
- Montage von Dichtungen ... 55
- Montage von O-RIngen ... 58

Demontage von Dichtungen ... 58

Lagergehäuse

Gehäusebauformen ... 59

Gehäuse in Fest- und Loslagerausführung ... 60

Gehäuse mit Festringen ... 61

Gehäusedichtungen ... 61

Montage ... 62

Ringschrauben ... 63

Beschaffenheit der Aufspannfläche ... 64

Anziehdrehmomente für Verbindungsschrauben ... 64

Anziehdrehmomente für Fußschrauben ... 65

Horizontale Fixierung ... 66

Lagerbauarten

Wälzlager

Rotatorische Wälzlager haben die Aufgabe (Funktion), Teile, die relativ zueinander beweglich sind, zu führen und gegenüber der Umgebung abzustützen. Dabei nehmen sie Kräfte auf und übertragen diese in die Anschlusskonstruktion. Sie übernehmen damit Trag- und Führungsaufgaben und stellen so die Verbindung zwischen ruhenden und bewegten Maschinenteilen her.

Die Funktion „Tragen“ beinhaltet, Kräfte und Momente zwischen den relativ zueinander bewegten Teilen zu übertragen.

Bei der Funktion „Führen“ steht im Vordergrund, die Position relativ zueinander bewegter Teile in angemessener (meist hoher) Genauigkeit festzulegen.

Hauptanforderungen an die Lager

Die technische Realisierung orientiert sich an den beiden Hauptforderungen:

- Die Funktion muss sichergestellt sein beziehungsweise möglichst lange erfüllt werden
- Der Bewegungswiderstand (Lagerreibung) soll möglichst gering sein, um den Energieaufwand für die Bewegung zu verringern (Energieeffizienz).

Lagerbauarten

Wälzlagerbauformen

Eine Übersicht der typischen Lagerarten für drehende Bewegungen zeigt folgendes Schema, *Bild 1*.

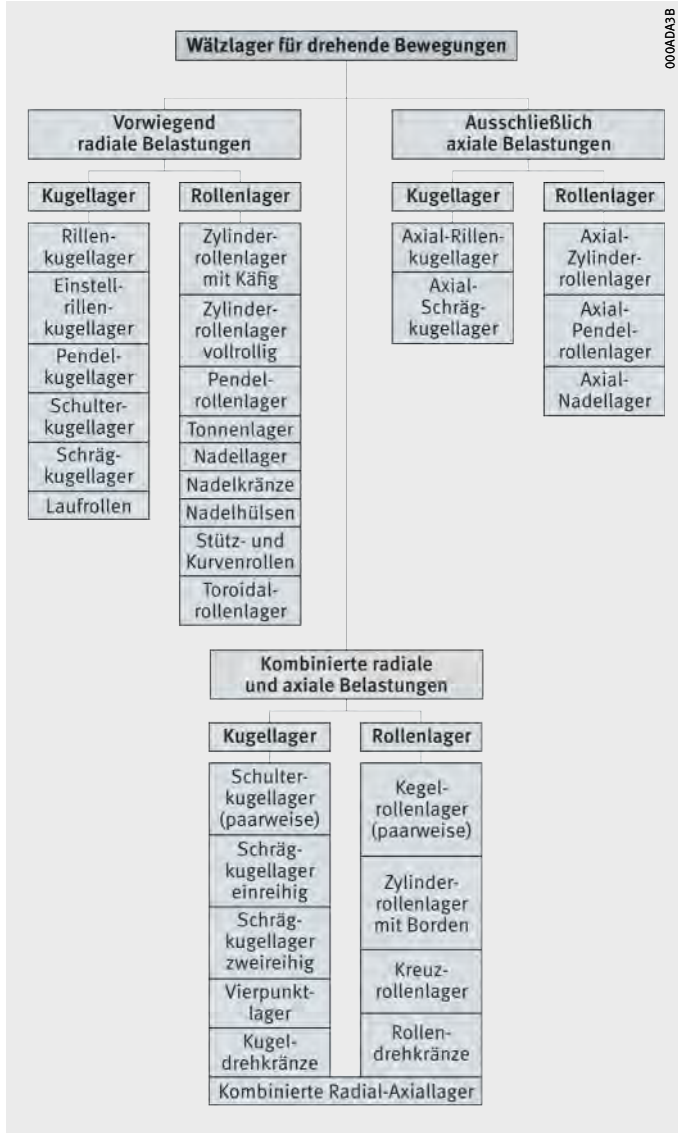


Bild 1
Übersicht
der Wälzlagerbauformen

Lageranordnungen

Lageranordnungen

Zur Führung und Abstützung einer umlaufenden Welle sind mindestens zwei Lager erforderlich, die in einem bestimmten Abstand voneinander angeordnet sind. Je nach Anwendung wählt man zwischen einer Fest-Loslagerung, einer angestellten Lagerung oder einer schwimmenden Lagerung.

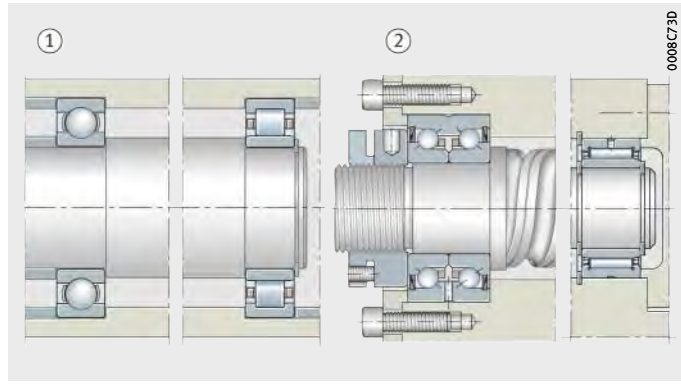
Fest-Loslagerung

Bei einer Welle, die in zwei Radiallagern abgestützt ist, stimmen die Abstände der Lagersitze auf der Welle und im Gehäuse durch Fertigungstoleranzen häufig nicht überein. Auch durch Erwärmung im Betrieb verändern sich die Abstände. Diese Abstandsunterschiede werden im Loslager ausgeglichen. Beispiele für Fest-Loslagerungen zeigen *Bild 1* bis *Bild 7*, Seite 14.

Loslager

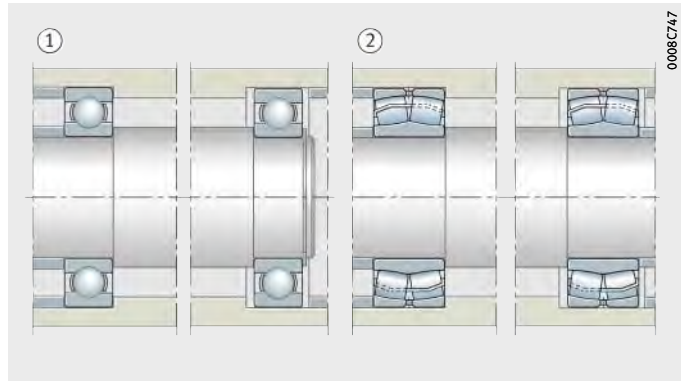
Ideale Loslager sind Zylinderrollenlager mit Käfig N und NU sowie Nadellager, *Bild 1* ②, ④. Bei ihnen kann sich der Rollenkranz auf der Laufbahn des bordlosen Lagerrings verschieben.

Alle anderen Lagerbauarten, wie Rillenkugellager und Pendelrollenlager, wirken nur dann als Loslager, wenn ein Lagerring verschiebbar gepasst ist, *Bild 2*. Der mit Punktlast beaufschlagte Lagerring wird deshalb lose gepasst; meist ist dies der Außenring, siehe Seite 20.



① Rillenkugellager
als Festlager und
Zylinderrollenlager NU als Loslager
② Axial-Schrägkugellager ZKLN
als Festlager und
Nadellager NKIS als Loslager

Bild 1
Fest-Loslager-Anordnungen



① Rillenkugellager
als Fest- und Loslager
② Pendelrollenlager
als Fest- und Loslager

Bild 2
Fest-Loslager-Anordnungen

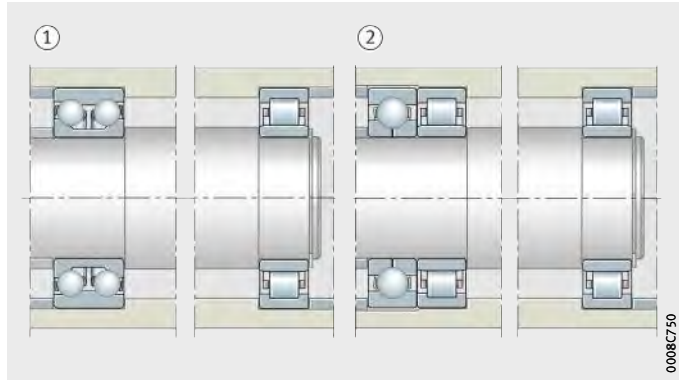
Lageranordnungen

Festlager

Das Festlager führt die Welle axial und überträgt äußere Axialkräfte. Um Axialverspannungen zu vermeiden, wird bei Wellen mit mehr als zwei Lagern nur ein Festlager eingesetzt. Welche Lagerbauart als Festlager gewählt wird, hängt davon ab, wie hoch die Axialkräfte sind und wie genau die Welle axial geführt werden muss.

Mit einem zweireihigen Schrägkugellager, *Bild 3* ①, erzielt man zum Beispiel eine engere axiale Führung als mit einem Rillenkugellager oder Pendelrollenlager. Auch ein Paar spiegelbildlich angeordneter Schrägkugellager oder Kegelrollenlager, *Bild 4*, bietet als Festlager eine sehr enge axiale Führung.

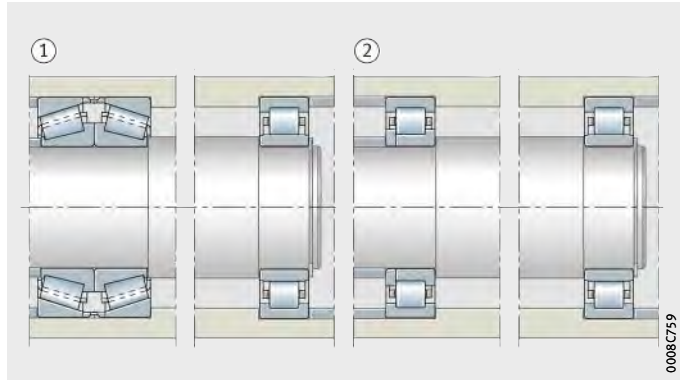
Bei Getrieben wird manchmal ein Vierpunktlager direkt neben einem Zylinderrollenlager so eingebaut, dass eine Festlagerstelle entsteht, *Bild 3* ②. Das Vierpunktlager, dessen Außenring radial nicht unterstützt ist, kann nur axiale Kräfte übertragen. Das Zylinderrollenlager übernimmt die Radialkraft.



① Zweireihiges Schrägkugellager als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager
② Vierpunktlager und Zylinderrollenlager als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager

Bild 3
Fest-Loslager-Anordnungen

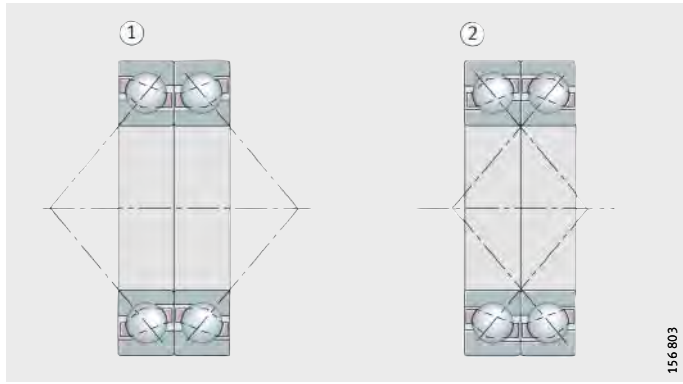
Bei niedrigerer Axialkraft kann auch ein Zylinderrollenlager mit Käfig NUP als Festlager verwendet werden, *Bild 4* ②.



① Zwei Kegelrollenlager als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager
② Zylinderrollenlager NUP als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager

Bild 4
Fest-Loslager-Anordnungen

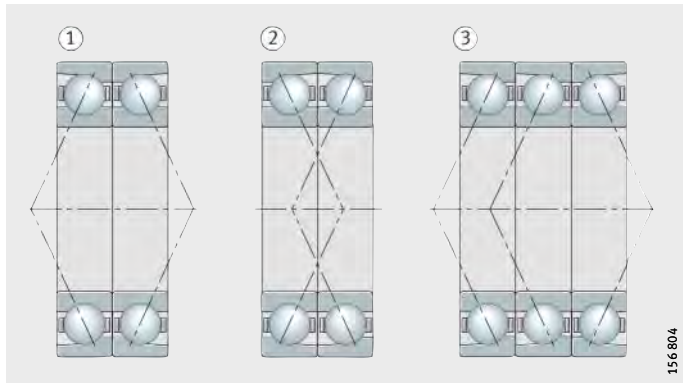
Besonders vorteilhaft sind Schrägkugellager der Universalausführung, *Bild 5*. Die Lager können ohne Passscheiben in O- oder X-Anordnung beliebig gepaart werden. Schrägkugellager der Universalausführung sind so abgestimmt, dass sie beim Einbau in X- oder O-Anordnung geringe Axialluft haben (Ausführung UA), spielfrei sind (UO) oder leichte Vorspannung haben (UL).



Schrägkugellagerpaar
der Universalausführung
① O-Anordnung
② X-Anordnung

Bild 5
Festlager-Anordnungen

Spindellager der Universalausführung UL, *Bild 6*, haben beim Einbau in X- oder O-Anordnung leichte Vorspannung (Ausführungen mit stärkerer Vorspannung auf Anfrage).

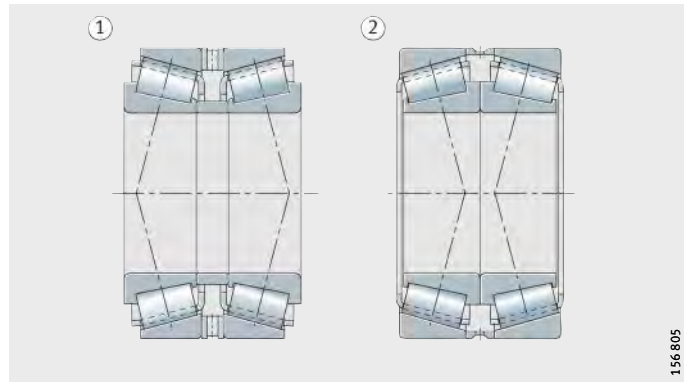


Spindellager
der Universalausführung
① O-Anordnung
② X-Anordnung
③ Tandem-O-Anordnung

Bild 6
Festlager-Anordnungen

Keine Anstell- und Passarbeiten bei zusammengepassten Kegelrollenlagern

Auch zusammengepasste Kegelrollenlager als Festlager (313..-N11CA), *Bild 7* ②, erleichtern den Einbau.
Sie sind mit entsprechender Axialluft so zusammengepasst, dass Anstell- und Passarbeiten nicht erforderlich sind.



Kegelrollenlagerpaar
① O-Anordnung
② X-Anordnung

Bild 7
Festlager-Anordnungen

Angestellte Lagerung

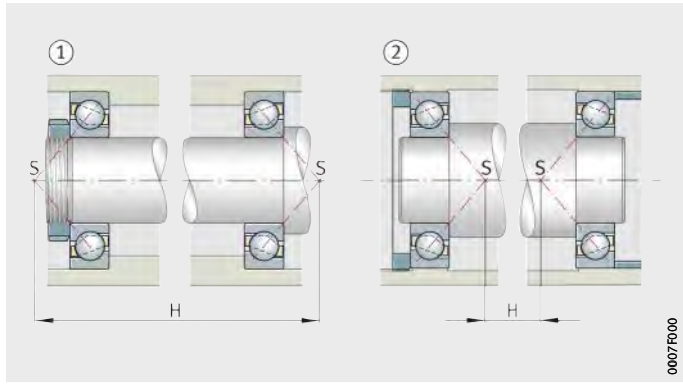
Diese Lagerungen bestehen meist aus zwei spiegelbildlich angeordneten Schrägkugel- oder Kegelrollenlagern, *Bild 8*, Seite 15. Bei der Montage wird ein Lagerring auf seinem Sitz so weit verschoben, bis die Lagerung das gewünschte Spiel oder die notwendige Vorspannung hat.

Einsatzbereich

Durch diese Einstellmöglichkeit eignet sich die angestellte Lagerung besonders, wenn eine enge Führung notwendig ist, beispielsweise bei Ritzellagerungen mit spiralverzahnten Kegelrädern und Spindellagerungen bei Werkzeugmaschinen oder innerhalb der Rotorlagerung einer Windkraftanlage.

X- und O-Anordnung

Grundsätzlich wird zwischen der O-Anordnung, *Bild 8* ①, und der X-Anordnung, *Bild 8* ②, der Lager unterschieden.
Bei der O-Anordnung zeigen die von den Drucklinien gebildeten Kegel mit ihren Spitzen S nach außen, bei der X-Anordnung nach innen. Die Stützbasis H, also der Abstand der Druckkegelspitzen zueinander, ist bei der O-Anordnung größer als bei der X-Anordnung. Die O-Anordnung ergibt daher das geringere Kippspiel.



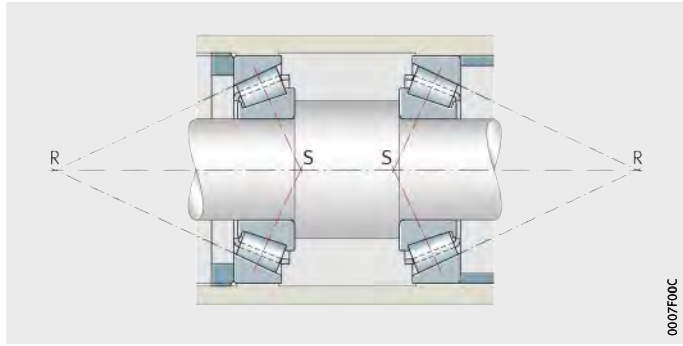
S = Spitzen der Druckkegel
H = Stützabstand

Schrägkugellager
① O-Anordnung
② X-Anordnung

Bild 8
Angestellte Lagerung

Einfluss der Wärmedehnung bei X- oder O-Anordnung

Bei der Einstellung der Axialluft ist die Wärmedehnung zu berücksichtigen. Bei der X-Anordnung, *Bild 9*, führt ein Temperaturgefälle von der Welle zum Gehäuse immer zu einer Luftverminderung (Voraussetzungen: gleiche Werkstoffe von Welle und Gehäuse, gleiche Temperatur von Innenringen und gesamter Welle, gleiche Temperatur von Außenringen und gesamtem Gehäuse).



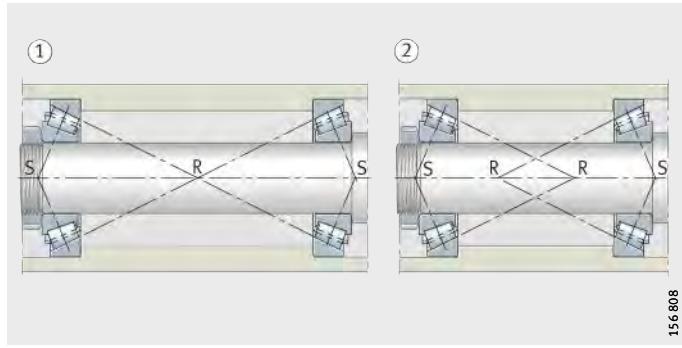
S = Spitzen der Druckkegel
R = Rollkegelspitzen

Bild 9
Angestellte Kegelrollenlager in X-Anordnung

Lageranordnungen

Bei der O-Anordnung unterscheidet man drei Fälle:

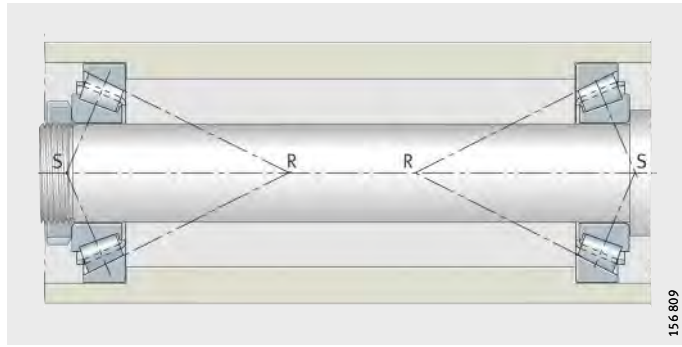
- Die Rollkegelspitzen R, das heißt die Schnittpunkte der verlängerten Außenringlaufbahn mit der Lagerachse, fallen zusammen:
  die eingestellte Lagerluft bleibt erhalten, *Bild 10* ①
- Die Rollkegelspitzen R überschneiden sich bei kurzem Lagerabstand: die Axialluft wird kleiner, *Bild 10* ②
- Die Rollkegelspitzen R berühren sich nicht bei großem Lagerabstand: die Axialluft wird größer, *Bild 11*.



S = Spitzen der Druckkegel
R = Rollkegelspitzen

① Schnittpunkte fallen zusammen
② Schnittpunkte überschneiden sich

Bild 10
Angestellte Kegelrollenlager in O-Anordnung



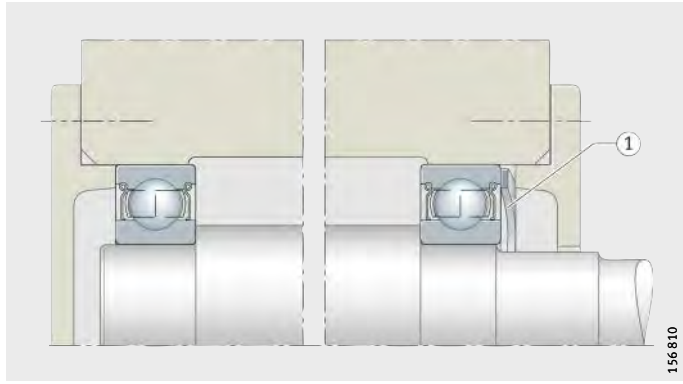
S = Spitzen der Druckkegel
R = Rollkegelspitzen

Schnittpunkte überschneiden sich nicht

Bild 11
Angestellte Kegelrollenlager in O-Anordnung

Elastische Anstellung

Angestellte Lagerungen erhält man auch durch Vorspannung mit Federn, *Bild 12* ①. Diese elastische Art der Anstellung gleicht die Wärmedehnungen aus. Man wendet sie auch an, wenn Lagerungen durch Stillstand-Erschütterungen gefährdet sind.



Rillenkugellager
mit Federscheibe vorgespannt
① Federscheibe

Bild 12
Angestellte Lagerung
mit Federscheibe

Lageranordnungen

Schwimmende Lagerung

Die schwimmende Lagerung ist eine wirtschaftliche Lösung, wenn keine enge axiale Führung der Welle verlangt wird, *Bild 13*. Ihr Aufbau gleicht der angestellten Lagerung.

Die Welle kann sich bei schwimmender Lagerung jedoch um das Axialspiel s gegenüber dem Gehäuse verschieben. Der Wert s wird in Abhängigkeit von der geforderten Führungsgenauigkeit so festgelegt, dass die Lager auch bei ungünstigen thermischen Verhältnissen nicht axial verspannt werden.

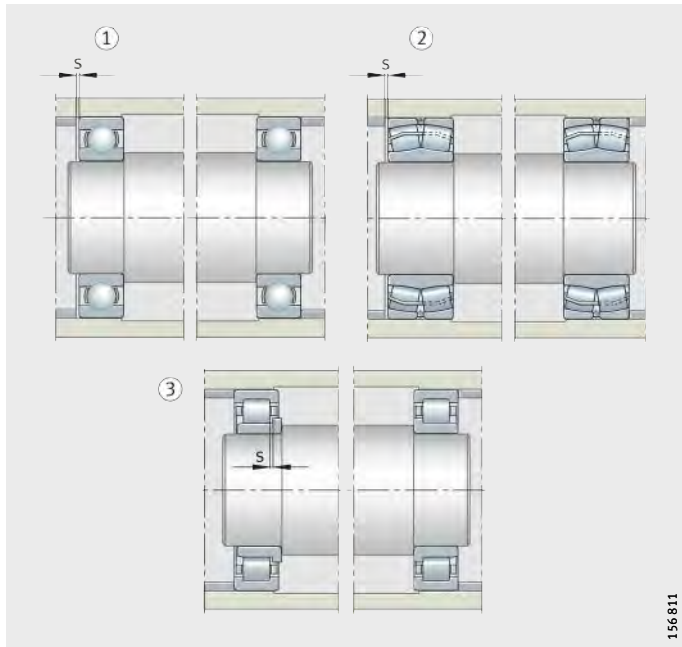
Geeignete Lager

Geeignete Lagerbauarten für die schwimmende Anordnung sind zum Beispiel Rillenkugellager, Pendelkugellager, Pendelrollenlager.

Bei beiden Lagern ist je ein Ring, gewöhnlich ein Außenring, verschiebbar zu passen.

Bei schwimmenden Lagerungen und Zylinderrollenlagern mit Käfig NJ findet der Längenausgleich in den Lagern statt. Innen- und Außenring können fest gepasst werden, *Bild 13* ③.

Kegelrollenlager und Schrägkugellager eignen sich nicht für eine schwimmende Anordnung, da sie angestellt werden müssen, um einwandfrei zu laufen.



s = Axialspiel

① Zwei Rillenkugellager
② Zwei Pendelrollenlager
③ Zwei Zylinderrollenlager NJ

Bild 13
Schwimmende Lagerungen

Kriterien für die Wahl der Passung

Wälzlager werden nach ihrer Funktion auf der Welle und im Gehäuse in radialer, axialer und tangentialer Richtung befestigt. Die radiale und tangentiale Fixierung wird meist durch Kraftschluss erreicht, also durch eine feste Passung der Lagerringe. Axial befestigt man die Lager in der Regel formschlüssig.

Für die Wahl der Passung ist zu berücksichtigen:

- Die Lagerringe müssen auf ihrem Umfang gut unterstützt werden, damit die Tragfähigkeit des Lagers voll genutzt werden kann
- Die Ringe dürfen auf ihren Gegenstücken nicht wandern, da sonst die Sitze beschädigt werden
- Ein Ring des Loslagers muss sich Längenänderungen von Welle und Gehäuse anpassen, also axial verschiebbar sein
- Die Lager müssen sich einfach ein- und ausbauen lassen.

Die gute Unterstützung der Lagerringe auf ihrem Umfang erfordert eine feste Passung. Auch die Forderung, dass die Ringe nicht wandern, fordert einen festen Sitz. Sind nicht zerlegbare Lager ein- und auszubauen, kann nur ein Lagerring fest gepasst werden.

Bei Zylinderrollenlagern N, NU und Nadellagern können beide Ringe fest gepasst werden, da der Längenausgleich im Lager erfolgt und man die Ringe getrennt montieren kann.

Durch feste Passungen und ein Temperaturgefälle vom Innen- zum Außenring vermindert sich die Radialluft des Lagers! Das ist bei der Wahl der Radialluft zu berücksichtigen!

Wird für die Anschlusskonstruktion ein anderer Werkstoff als Gusseisen oder Stahl verwendet, dann müssen für den Festsitz zusätzlich der Elastizitätsmodul und die unterschiedlichen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe berücksichtigt werden!

Für Gehäuse aus Aluminium, dünnwandige Gehäuse und Hohlwellen sind gegebenenfalls engere Passungen zu wählen, um den gleichen Kraftschluss wie bei Gusseisen, Stahl oder Vollwellen zu erreichen!

Höhere Belastungen, besonders Stöße, fordern ein größeres Passungsübermaß und engere Formtoleranzen!

Sitz für Axiallager

Axiallager, die nur Axiallasten aufnehmen, dürfen nicht radial geführt werden (ausgenommen Axial-Zylinderrollenlager mit einem Freiheitsgrad in radialer Richtung durch ebene Laufbahnen). Bei rillenförmigen Laufbahnen ist dieser Freiheitsgrad nicht gegeben und muss durch den losen Sitz der still stehenden Scheibe geschaffen werden. Für die umlaufende Scheibe wird meist ein fester Sitz gewählt.

Nehmen Axiallager auch Radialkräfte auf, zum Beispiel Axial-Pendelrollenlager, so sind Passungen wie für Radiallager zu wählen.

Die Anlageflächen der Gegenstücke müssen senkrecht zur Drehachse stehen (Planlauftoleranz nach IT5 oder besser), damit sich die Belastung gleichmäßig auf alle Wälzkörper verteilt.

Passungen

Umlaufverhältnisse

Das Umlaufverhältnis kennzeichnet die Bewegung eines Lagerringes im Verhältnis zur Lastrichtung und liegt als Umfangs- oder Punktlast vor, siehe Tabelle.

Punktlast

Steht der Ring relativ zur Belastungsrichtung still, treten keine Kräfte auf, die den Ring relativ zu seiner Sitzfläche verschieben. Eine solche Belastung wird als Punktlast bezeichnet.

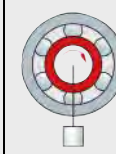
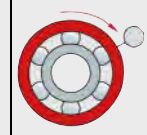
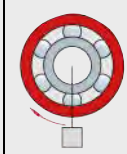
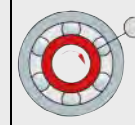
Die Gefahr, dass die Sitzfläche beschädigt wird, besteht nicht und eine lose Passung ist möglich.

Umfangslast

Treten Kräfte auf, die den Ring relativ zu seiner Sitzfläche verschieben wollen, wird bei einer Umdrehung des Lagers jeder Punkt der Laufbahn belastet. Eine Belastung mit dieser Eigenschaft wird als Umfangslast bezeichnet.

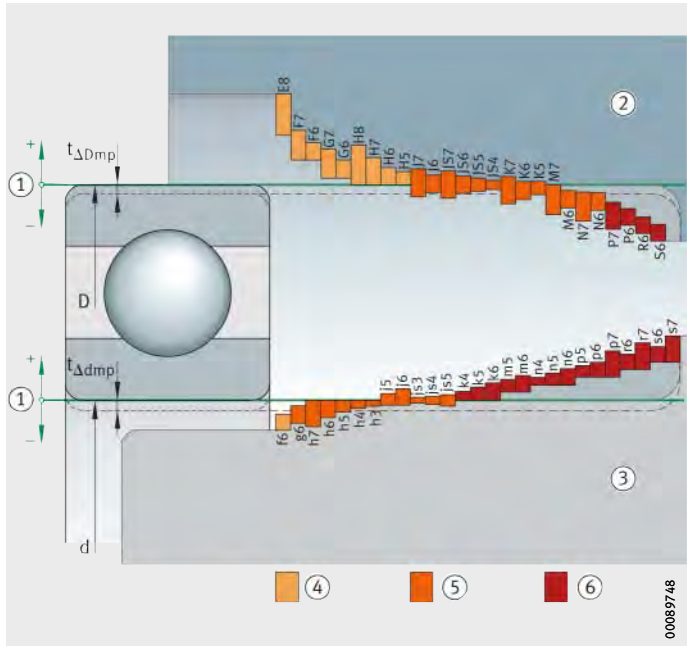
Da hier die Lager-Sitzfläche beschädigt werden kann, sollte eine feste Passung vorgesehen werden!

Umlaufverhältnisse

Bewegungs-verhältnis	Beispiel	Schema	Belastungs-fall	Passung
Innenring rotiert Außenring steht still Lastrichtung unveränderlich	Welle mit Gewichts-belastung		Umfangslast für den Innenring	Innenring: Feste Passung notwendig Außenring: Lose Passung zulässig
Innenring steht still Außenring rotiert Lastrichtung rotiert mit dem Außenring	Naben-lagerung mit großer Unwucht		und Punktlast für den Außenring	
Innenring steht still Außenring rotiert Lastrichtung unveränderlich	Kfz-Vorderrad Laufrolle (Naben-lagerung)		Punktlast für den Innenring	Innenring: Lose Passung zulässig Außenring: Feste Passung notwendig
Innenring rotiert Außenring steht still Lastrichtung rotiert mit dem Innenring	Zentrifuge Schwingsieb		und Umfangslast für den Außenring	

Toleranzfelder

Die ISO-Toleranzen sind in Form von Toleranzfeldern festgelegt. Sie sind bestimmt durch ihre Lage zur Nulllinie (= Toleranzlage) und durch ihre Größe (= Toleranzqualität, siehe ISO 286-1:1988). Die Toleranzlage wird durch Buchstaben bezeichnet (große für Gehäuse, kleine für Wellen). Eine schematische Darstellung der gebräuchlichsten Wälzlagerpassungen zeigt *Bild 1*.



$t_{\Delta Dmp}$ = Toleranz-Lageraußendurchmesser
$t_{\Delta dmp}$ = Toleranz-Lagerbohrung

① Nulllinie
② Gehäusebohrung
③ Wellendurchmesser
④ Lose Passung
⑤ Übergangspassung
⑥ Feste Passung

Bild 1
Passungen für Wälzlager

Das Passungsübermaß oder Passungsspiel für Wellen und Gehäuse ist abhängig vom jeweiligen Bohrungsdurchmesser, siehe Tabelle, Seite 138, und Tabelle, Seite 146.

Radiale Lagerluft

Die radiale Lagerluft gilt für Lager mit Innenring und wird am ausgebauten Lager ermittelt. Sie ist das Maß, um das sich der Innenring gegenüber dem Außenring in radialer Richtung von einer Grenzstellung zur gegenüberliegenden verschieben lässt, *Bild 1*.

Die Gruppen sind in DIN 620-4 beziehungsweise ISO 5753-1 festgelegt und werden in DIN 620-4 durch Zeichen beschrieben, die aus dem Buchstaben C und einer Zahl bestehen.
ISO 5753-1 bezeichnet die Gruppen mit „Group“ und einer Zahl, *Bild 1* und Tabelle.

CN, C2, C3, C4, C5 = Gruppen der radialen Lagerluft nach DIN 620-4

Group N, 2, 3, 4, 5 = Gruppen der radialen Lagerluft nach ISO 5753-1

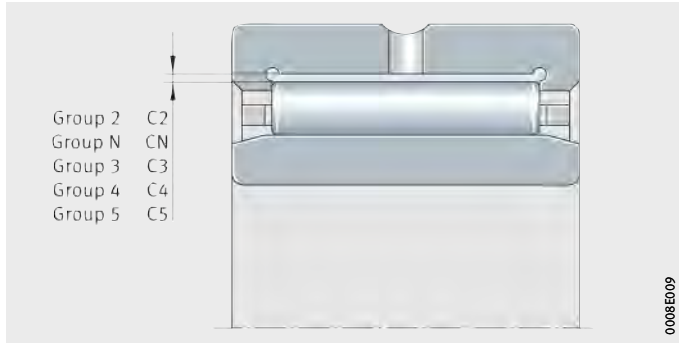


Bild 1
Radiale Lagerluft

Gruppen der radialen Lagerluft

Lagerluftgruppe nach		Bedeutung	Einsatzspektrum
DIN 620-4	ISO 5753-1		
CN	Group N	Radiale Lagerluft normal Group N wird in den Lagerbezeichnungen nicht angegeben	Für normale Betriebsverhältnisse bei Wellen- und Gehäusetoleranzen, siehe Seite 138
C2	Group 2	Lagerluft < Group N	Für starke Wechselbelastungen in Verbindung mit Schwenkbewegungen
C3	Group 3	Lagerluft > Group N	Für Presspassungen der Lagerringe und größeres Temperaturgefälle zwischen Innen- und Außenring
C4	Group 4	Lagerluft > Group 3	
C5	Group 5	Lagerluft > Group 4	

Die radiale Lagerluft eines Lagers ist abhängig vom jeweiligen Bohrungsdurchmesser und der Bauform, siehe Tabellen ab Seite 170.

Die Lagerluft von Pendelrollenlagern, Zylinderrollenlagern und Toroidalrollenlagern wird meist mittels Fühlerlehren in vertikaler Position bestimmt, *Bild 7*, Seite 73. Hierfür ist es wichtig, dass die Ringe zueinander zentriert und die Rollen innerhalb des Lagers richtig ausgerichtet sind. Dies kann zum Beispiel durch mehrmaliges Drehen des Lagers erreicht werden.

Bei der Messung der Lagerluft vor der Lagermontage sollte man sich über die vorgegebene Radialluft-Toleranz des jeweiligen Lagers informieren. Zur Bestimmung der tatsächlichen Lagerluft wird nun eine Fühlerlehre zwischen Rolle und Lagerlaufbahn durchgezogen.

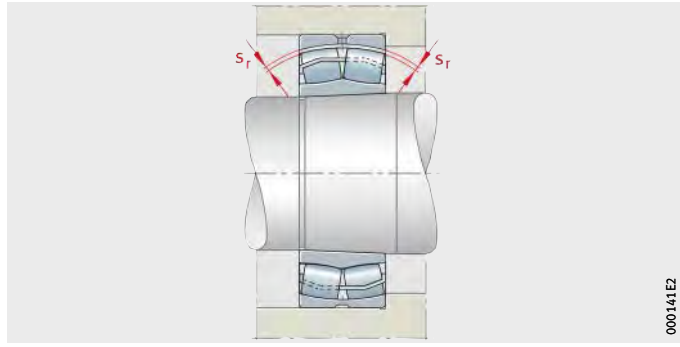
Bei mehrreihigen Lagern muss die Radialluft gleichzeitig über alle Rollenreihen gemessen werden!

Hierfür wird zuerst ein Messblättchen verwendet, welches etwas dünner ist als der Mindestwert der anfänglichen Lagerluft.
Beim Durchziehen zwischen Laufbahn und Rolle muss das Blättchen vorsichtig hin- und herbewegt werden. Dieser Vorgang ist mit immer dickeren Messblättchen so lange zu wiederholen, bis ein gewisser Widerstand zu spüren ist. Bei besonders großen oder dünnwandigen Lagern kann die elastische Verformung der Ringe die ermittelte Lagerluft beeinflussen!

Die Messung erfolgt immer in der lastfreien Zone.
Während der Montage sollte die Radialluft laufend gemessen werden, bis der vorgegebene Wert erreicht ist.

Die Bestimmung der Radialluft sollte bei ungefähr +20 °C erfolgen! Zudem kann bei besonders dünnwandigen Lagerringen die elastische Verformung der Ringe die ermittelte Lagerluft beeinflussen!

Bei Pendelrollenlagern muss die Radialluft gleichzeitig über beide Wälzkörperreihen gemessen werden, *Bild 2*. Nur bei gleichen Luftwerten über beide Rollenreihen ist gewährleistet, dass der Innenring nicht seitlich zum Außenring versetzt ist. Ein Fluchten der Stirnflächen ist wegen der Breitentoleranz der Ringe kein sicherer Maßstab.



s_r = Radialluft

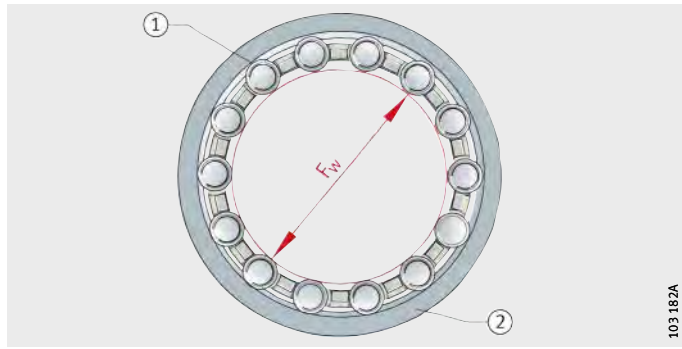
Bild 2
Radialluft
eines Pendelrollenlagers

Bei Zylinderrollenlagern können Innen- und Außenring einzeln eingebaut werden. Ist der Innenring vom Lager abziehbar, so kann man statt der Radialluftverminderung die Aufweitung des Innenrings mit einem Außenmikrometer messen, *Bild 3*.

Bild 3
Aufweitung
mit Außenmikrometer messen

Hüllkreis

Für Lager ohne Innenring gilt der Hüllkreis F_w. Dieser ist der innere Begrenzungskreis der Nadelrollen bei spielfreier Anlage an der Außenlaufbahn, *Bild 4*. Im nicht eingebauten Zustand der Lager liegt er im Toleranzfeld F6 (nicht bei Nadelhülsen, -büchsen).



F_w = Hüllkreisdurchmesser

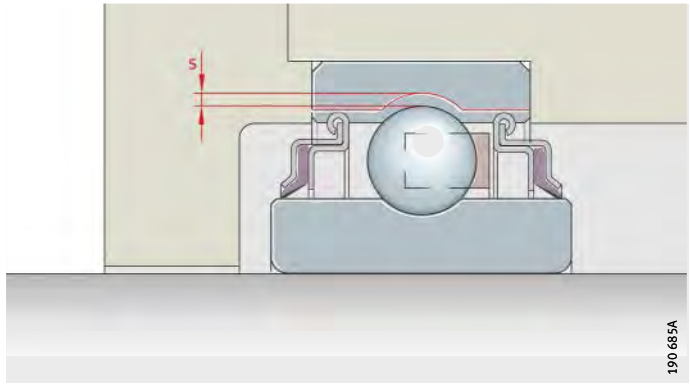
① Nadelrolle
② Außenlaufbahn

Bild 4
Hüllkreis

Betriebsspiel

Das Betriebsspiel wird am eingebauten und betriebswarmen Lager ermittelt. Es ist das Maß, um das sich die Welle in radialer Richtung von einer Grenzstellung zur gegenüberliegenden verschieben lässt, *Bild 5*.

Das Betriebsspiel ergibt sich aus der radialen Lagerluft und der Veränderung der radialen Lagerluft durch Passungsübermaß und Temperatureinflüsse im eingebauten Zustand.



s = Betriebsspiel

Bild 5
Betriebsspiel

Größe des Betriebsspiels

Die Größe des Betriebsspiels hängt von den Betriebs- und Einbaubedingungen des Lagers ab. Ein größeres Betriebsspiel ist beispielsweise notwendig bei Wärmezufuhr über die Welle, bei Wellendurchbiegung und Fluchtungsfehlern.

Ein kleineres Betriebsspiel als Group N ist nur in Sonderfällen anzuwenden, zum Beispiel bei Genauigkeitslagerungen.

Das normale Betriebsspiel wird mit der Lagerluft Group N, bei größeren Lagern überwiegend mit Group 3 erreicht, wenn die empfohlenen Wellen- und Gehäusetoleranzen eingehalten werden, siehe Seite 138.

Betriebsspiel berechnen

Das Betriebsspiel ergibt sich aus:

$$s = s_r - \Delta s_p - \Delta s_T$$

s µm
Radiales Betriebsspiel des eingebauten, betriebswarmen Lagers

s_r µm
Radiale Lagerluft

Δs_p µm
Passungsbedingte Minderung der radialen Lagerluft

Δs_T µm
Temperaturbedingte Minderung der radialen Lagerluft.

Passungsbedingte Minderung der radialen Lagerluft

Die radiale Lagerluft verringert sich passungsbedingt durch die Aufweitung des Innenrings und die Einschnürung des Außenrings:

$$\Delta s_P = \Delta d + \Delta D$$

Δd µm
Aufweitung des Innenrings
ΔD µm
Einschnürung des Außenrings.

Aufweitung des Innenrings

Die Aufweitung des Innenrings errechnet sich aus:

$$\Delta d \approx 0{,}9 \cdot U \cdot d/F \approx 0{,}8 \cdot U$$

U µm
Theoretisches Übermaß der Passteile bei Festsitz. Das theoretische Übermaß der Passteile bei Festsitz wird bestimmt aus den mittleren Abmaßen sowie den oberen oder unteren Abmaßen der von der Gutseite her um $^1/_3$ eingeengten Toleranzfelder der Passteile. Hiervon den Betrag abziehen, um den sich die Teile beim Zusammenfügen glätten
d mm
Bohrungsdurchmesser des Innenrings
F mm
Laufbahndurchmesser des Innenrings.

Bei sehr dünnwandigen Gehäusen und Gehäusen aus Leichtmetall muss die Verminderung der radialen Lagerluft durch Einpressversuche bestimmt werden!

Einschnürung des Außenrings

Die Einschnürung des Außenrings errechnet sich aus:

$$\Delta D \approx 0{,}8 \cdot U \cdot E/D \approx 0{,}7 \cdot U$$

E mm
Laufbahndurchmesser des Außenrings
D mm
Außendurchmesser des Außenrings.

Temperaturbedingte Minderung der radialen Lagerluft

Die radiale Lagerluft ändert sich merklich durch ein größeres Temperaturgefälle zwischen dem Innen- und Außenring:

$$\Delta s_T = \alpha \cdot d_M \cdot 1000 \cdot (\vartheta_{IR} - \vartheta_{AR})$$

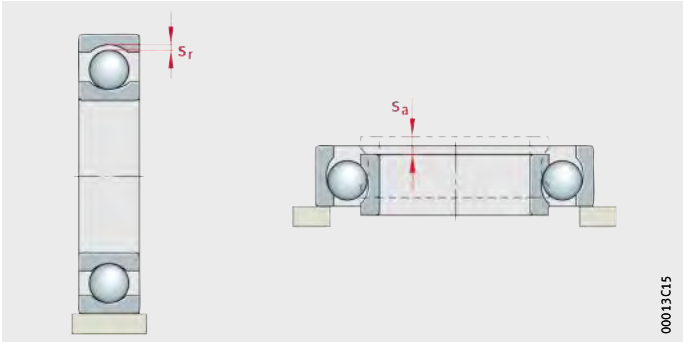
Δs_T µm
Temperaturbedingte Minderung der radialen Lagerluft
α K^{-1}
Ausdehnungskoeffizient von Stahl: $\alpha = 0{,}000011\ K^{-1}$
d_M mm
Mittlerer Lagerdurchmesser (d + D)/2
ϑ_{IR} °C, K
Temperatur des Innenrings
ϑ_{AR} °C, K
Temperatur des Außenrings
(übliche Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenring: 5 K bis 10 K).

Bei schnell anlaufenden Wellen ist eine größere radiale Lagerluft vorzusehen, weil hier kein ausreichender Temperaturausgleich zwischen Lager, Welle und Gehäuse stattfindet!

Δs_T kann in diesem Fall deutlich größer sein als bei Dauerbetrieb!

Axiale Lagerluft

Die axiale Lagerluft s_a ist das Maß, um das sich ein Lagerring gegenüber dem anderen ohne Belastung längs der Lagerachse verschieben lässt, *Bild 6*.



s_a = Axiale Lagerluft
s_r = Radiale Lagerluft

Bild 6
Axiale Lagerluft im Vergleich zur radialen Lagerluft

Bei verschiedenen Lagerbauarten hängen die radiale Lagerluft s_r und die axiale Lagerluft s_a voneinander ab. Anhaltswerte für den Zusammenhang zwischen der Radial- und Axialluft zeigt für einige Lagerbauarten die Tabelle.

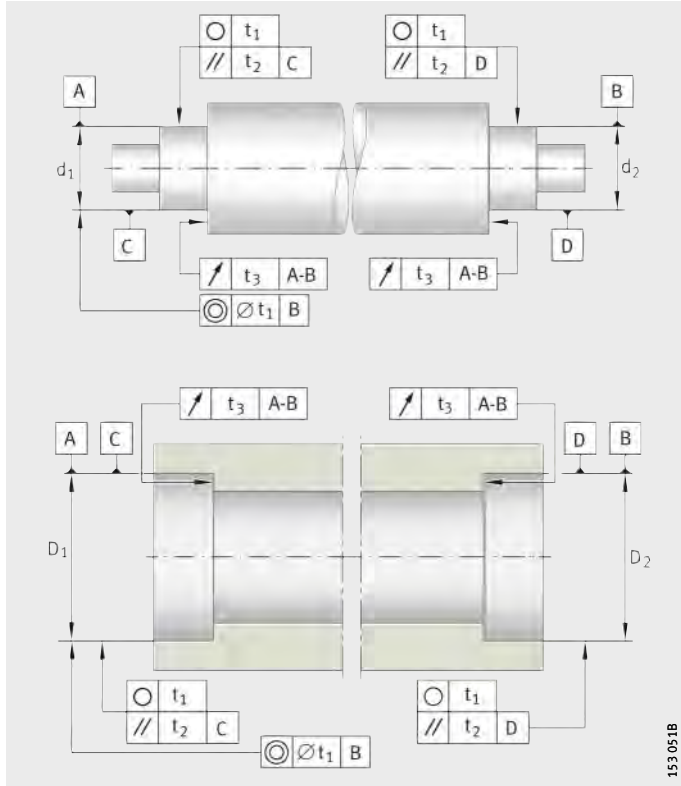
Zusammenhang zwischen Axial- und Radialluft

Lagerbauart			Verhältnis axialer zu radialer Lagerluft s_a/s_r
Pendelkugellager			$2{,}3 \cdot Y_0$
Pendelrollenlager			$2{,}3 \cdot Y_0$
Kegelrollenlager	einreihig, paarweise angeordnet		$4{,}6 \cdot Y_0$
	paarweise zusammengepasst (N11CA)		$2{,}3 \cdot Y_0$
Schrägkugellager	zweireihig	Reihe 32 und 33	1,4
		Reihe 32..-B und 33..-B	2
	einreihig	Reihe 72..-B und 73..-B, paarweise angeordnet	1,2
Vierpunktlager			1,4

Axiale Lagerluft für zweireihige FAG-Schrägkugellager und FAG-Vierpunktlager, siehe Tabellen ab Seite 180.

Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzflächen

Für die gewünschte Passung müssen die Lagersitze und Passflächen der Wellen- und Gehäusebohrung bestimmte Toleranzen einhalten, *Bild 1* und Tabelle, Seite 29.



t_1 = Rundheit
t_2 = Parallelität
t_3 = Planlauf der Anlageschultern

Bild 1
Form- und Lagetoleranzen

Genauigkeit der Lagersitzflächen

Den Genauigkeitsgrad für die Toleranzen der Lagersitze auf der Welle und im Gehäuse zeigt die Tabelle, Seite 29.

Zweiter Lagersitz

Die Lagetoleranzen für einen zweiten Lagersitz auf der Welle (d_2) beziehungsweise im Gehäuse (D_2) (ausgedrückt durch die Koaxialität nach DIN ISO 1101) müssen sich an der Winkeleinstellbarkeit des Lagers orientieren. Dabei sind Fluchtungsfehler durch elastische Verformungen der Welle und des Gehäuses zu berücksichtigen.

Gehäuse

Bei geteilten Gehäusen müssen die Trennfugen gratfrei sein.

Die Genauigkeit der Lagersitze wird durch die Genauigkeit des gewählten Lagers bestimmt.

Richtwerte für die Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzstellen

Toleranzklasse der Lager		Lager-sitz-fläche	Grundtoleranzgrade			
nach ISO 492	nach DIN 620		Durch-messer-toleranz	Rundheits-toleranz t_1	Parallelitäts-toleranz t_2	Gesamt-planlauf-toleranz der Anlage-schulter t_3
Normal 6X	PN (P0) P6X	Welle	IT6 (IT5)	Umfangslast IT4/2	IT4/2	IT4
				Punktlast IT5/2	IT5/2	
		Gehäuse	IT7 (IT6)	Umfangslast IT5/2	IT5/2	IT5
				Punktlast IT6/2	IT6/2	
5	P5	Welle	IT5	Umfangslast IT2/2	IT2/2	IT2
				Punktlast IT3/2	IT3/2	
		Gehäuse	IT6	Umfangslast IT3/2	IT3/2	IT3
				Punktlast IT4/2	IT4/2	
4	P4 P4S[1] SP[1]	Welle	IT4	Umfangslast IT1/2	IT1/2	IT1
				Punktlast IT2/2	IT2/2	
		Gehäuse	IT5	Umfangslast IT2/2	IT2/2	IT2
				Punktlast IT3/2	IT3/2	
	UP[1]	Welle	IT3	Umfangslast IT0/2	IT0/2	IT0
				Punktlast IT1/2	IT1/2	
		Gehäuse	IT4	Umfangslast IT1/2	IT1/2	IT1
				Punktlast IT2/2	IT2/2	

ISO-Grundtoleranzen (IT-Qualitäten) nach ISO 286-1:1988.

[1] Nicht in DIN 620.

Rauheit der Lagersitze

Die Rauheit der Lagersitze ist auf die Toleranzklasse der Lager abzustimmen. Der Mittenrauwert Ra darf nicht zu groß werden, damit der Übermaßverlust in Grenzen bleibt. Die Wellen sind zu schleifen, Bohrungen feinzudrehen. Richtwerte dazu zeigt die Tabelle.

Bohrungs- und Wellentoleranzen sowie zulässige Rauheitswerte sind auch in Konstruktions- und Sicherheitshinweisen der Produktkapitel angegeben. Die Richtwerte für die Rauheit entsprechen DIN 5425-1.

Richtwerte für die Oberflächengüte der Lagersitze

Durchmesser des Lagersitzes d (D) mm		Empfohlener Mittenrauwert Ra und Rauheitsklassen für geschliffene Lagersitze Durchmessertoleranz entsprechend[1] µm			
über	bis	IT7	IT6	IT5	IT4
–	80	1,6	0,8	0,4	0,2
80	500	1,6	1,6	0,8	0,4
500	1 250	3,2[2]	1,6	1,6	0,8

[1] Werte für IT-Qualitäten nach DIN ISO 286-1:2010-11.

[2] Beim Lagereinbau mit Hydraulikverfahren Ra = 1,6 µm nicht überschreiten.

Hinweise zur Montage von Wälzlagern

Bei der Montage und Demontage von Wälzlagern müssen wichtige Sicherheitshinweise beachtet werden, damit diese sicher und fachgerecht erfolgen können. Diese Montageanleitung soll dem Monteur helfen, Wälzlager sicher und fachgerecht zu montieren.

Das Ziel dieser Sicherheitshinweise ist:

- Personen- und Sachschäden, die durch Fehler bei der Montage entstehen können, zu vermeiden
- Durch fachgerechte Montage eine lange Gebrauchsdauer des eingebauten Lagers zu ermöglichen.

Weitere Informationen

Bei Fragen zur Montage stehen die Experten des Industrieservices von Schaeffler zur Verfügung:

- mounting-services@schaeffler.com

Allgemeine Sicherheitsbestimmungen

Bei der Montage und Demontage von Wälzlagern kommen meist hohe Kräfte, Drücke und Temperaturen zum Einsatz. Aufgrund dieser Risikofaktoren sollten Wälzlager ausschließlich von qualifiziertem Personal montiert und demontiert werden.

Qualifikation des Personals

Qualifiziertes Personal bedeutet:

- Ist zum Einbau der Wälzlager und angrenzenden Komponenten autorisiert
- Hat alle erforderlichen Kenntnisse zur Montage und Demontage der Bauteile
- Ist mit den Sicherheitsbestimmungen vertraut.

Persönliche Schutzausrüstung

Die persönliche Schutzausrüstung soll das Personal vor Gesundheitsschäden schützen. Sie besteht aus Sicherheitsschuhen, Sicherheitshandschuhen und gegebenenfalls einem Schutzhelm und ist im Interesse der eigenen Sicherheit zu verwenden.

Abhängig vom Montageort und der Maschine oder Anlage, in der die Wälzlager verbaut werden, kann eine Ergänzung der persönlichen Schutzausrüstung erforderlich sein. Dabei sind die dort geltenden Bestimmungen des Arbeitsschutzes zu beachten.

Sicherheitshinweise

Sicherheitsvorschriften

Zur Vermeidung von Personen- und Sachschäden bei der Montage sind die folgenden Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Grundlegende Vorschriften

Der Arbeitsbereich ist von Stolperfallen frei zu halten.

Schwere Bauteile wie Gehäuseober- und -unterteil, Dichtungen, Deckel und Wälzlager sind vor Umkippen oder Herabfallen zu sichern.

Beim Absetzen und beim Zusammenfügen schwerer Bauteile ist besonders auf die Gliedmaßen zu achten, um Quetschungen zu vermeiden.

Sämtliche Montage- und Wartungsarbeiten dürfen nur bei still stehender Maschine oder Anlage durchgeführt werden.

Schmierstoffe

Die zur Befettung verwendeten Schmierstoffe können gesundheitsgefährdende Bestandteile aufweisen. Zu jedem Schmierstoff gibt es ein Sicherheitsdatenblatt, das über die Gefahren aufklärt.

Vermeiden Sie direkten Körperkontakt zum Schmierstoff und benutzen Sie Schutzhandschuhe!

Umgebungsbedingte Gefahren

Abhängig von den Umgebungsbedingungen können am Montageort Sicherheitsrisiken bestehen, die nicht unmittelbar vom Wälzlager ausgehen, aber während der Montage des Wälzlagers zu beachten sind. Beispiele sind gesundheitsgefährdende Stäube oder das Arbeiten in großer Höhe. Auch die Maschine oder Anlage, in der das Wälzlager montiert wird, kann eine Quelle von Gefahren sein, zum Beispiel durch bewegliche Maschinen- oder Anlagenteile.

Vor Beginn der Montage ist eine örtliche Sicherheitsfachkraft hinzuzuziehen. Alle Sicherheitsvorschriften, die in Zusammenhang mit dem Montageort und der bei der Montage betroffenen Maschine oder Anlage gelten, sind einzuhalten.

Entsorgung

Mit Schmierfett oder Lösungsmitteln getränkte Lappen, überschüssiges Schmierfett, Verpackungsmaterial sowie alle anderen bei der Montage und Demontage angefallenen Abfälle müssen umweltgerecht entsorgt werden. Dabei sind die jeweiligen gesetzlichen Vorschriften einzuhalten.

Transportvorschriften

Zur Vermeidung von Personen- und Sachschäden beim Transport sind die folgenden Transportvorschriften zu beachten.

Wälzlager sind vor dem Transport gegen Ausschwenken oder Auseinanderfallen zu sichern, *Bild 1*!

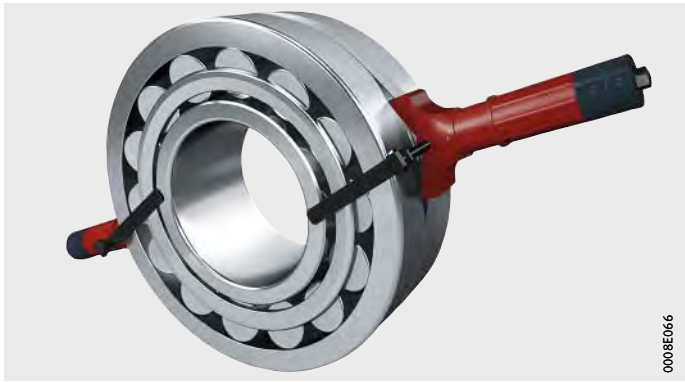


Bild 1
Sicheres Hebewerkzeug mit Ausschwenkschutz

Zum Heben schwerer Bauteile sind geeignete technische Hilfsmittel zu verwenden. Das Montagepersonal muss mit der fachgerechten Verwendung der Hilfsmittel vertraut sein und alle Sicherheitsvorschriften für den Umgang mit schwebenden Lasten beachten.

Zu beachten sind:

- Nicht unter oder im Schwenkbereich von schwebenden Lasten aufhalten
- Nur zugelassene und ausreichend tragfähige Hebezeuge und Anschlagmittel verwenden
- Anschlagmittel unter Last nicht ungeschützt über scharfe Kanten ziehen, nicht knoten und nicht verdrehen
- Schwebende Lasten nie unbeaufsichtigt lassen.

Arbeitsbedingungen

Vor dem Ein- und Ausbau der Wälzlager muss alles für einen reibungslosen Arbeitsablauf vorbereitet werden.

Anhand der Werkstattzeichnung macht man sich mit dem Aufbau der Konstruktion und mit der Reihenfolge vertraut, in der die einzelnen Teile zusammengefügt werden. Bereits vor Beginn der Montage sollte man ein Schema der einzelnen Arbeitsgänge aufstellen und sich Klarheit über die erforderlichen Anwärmtemperaturen, die Kräfte zum Auf- und Abziehen der Lager und die erforderliche Fettmenge verschaffen.

Bei größeren Arbeiten sollte eine Montageanleitung vorhanden sein, in der alle Arbeiten genau beschrieben sind. Die Anleitung enthält auch Einzelheiten zu Transportmitteln, Montagevorrichtungen, Messwerkzeugen, Art und Menge des Schmierstoffs und eine genaue Beschreibung des Montagevorgangs.

Richtlinien für den Einbau

Die folgenden Richtlinien sind unbedingt zu berücksichtigen:

- Montageplatz weitgehend staubfrei und sauber halten
- Lager vor Staub, Schmutz und Feuchtigkeit schützen. Verunreinigungen beeinflussen den Lauf und die Gebrauchsdauer der Wälzlager nachteilig
- Sich vor Beginn der Montage anhand der Zusammenstellungszeichnung mit der Konstruktion vertraut machen
- Vor dem Einbau prüfen, dass das zur Montage bereitgestellte Lager mit den Angaben auf der Zeichnung übereinstimmt
- Gehäusebohrung und Wellensitz auf Maß-, Form-, Lagegenauigkeit und Sauberkeit prüfen
- Prüfen, dass keine Kanten die Montage der Lagerringe auf die Welle oder in die Gehäusebohrung stören. Eine Schlupffase von 10° bis 15° ist hierfür vorteilhaft
- Korrosionsschutz an den Sitz- und Anlageflächen abwischen, aus kegeligen Lagerbohrungen auswaschen
- Zylindrische Sitzflächen der Lagerringe sollten hauchdünn mit Arcanol-Montagepaste eingeschmiert werden
- Lager nicht unterkühlen. Schwitzwasserbildung kann zu Korrosion in den Lagern und Lagersitzen führen
- Nach dem Einbau die Wälzlager mit Schmierstoff versorgen
- Funktionsprüfung der Lagerung durchführen!

Behandlung der Wälzlager vor dem Einbau

Korrosionsschutzmittel ölig konservierter Lager sind mit Ölen und Fetten auf Mineralölbasis verträglich und mischbar. Die Verträglichkeit ist zu prüfen, wenn synthetische Schmierstoffe oder andere Verdicker als Lithium- oder Lithiumkomplexseifen eingesetzt werden. Bei Unverträglichkeit Korrosionsschutzöl vor der Befettung auswaschen, besonders bei Schmierstoffen auf Basis PTFE/Alkoxifluorether und Polyharnstoffen als Verdicker. Im Zweifel beim Hersteller des Schmierstoffs rückfragen. Beim Auswaschen besteht die Gefahr der Einbringung von Schmutz in das Lager.

An den Sitz- und Anlageflächen (besonders bei kegeligen Lagerbohrungen) wird das Korrosionsschutzöl unmittelbar vor der Montage abgewischt, um einen sicheren Sitz zu gewährleisten.

Bei der thermischen Lagermontage ist die maximal zulässige Temperatur des Korrosionsschutzmittels zu beachten.

Gebrauchte und verschmutzte Lager sind vor dem Einbau sorgfältig in Waschpetroleum auszuwaschen und anschließend sofort wieder einzuölen oder einzufetten.

Wälzlager dürfen nachträglich nicht bearbeitet werden.
Zum Beispiel dürfen keine Schmierbohrungen, Nuten, Anschliffe oder dergleichen angebracht werden, da hierbei Spannungen in den Ringen frei werden, die zur vorzeitigen Zerstörung des Lagers führen. Außerdem besteht Gefahr, dass Späne oder Schleifstaub in das Lager gelangen.

Beim Auswaschen der Lager ist auf höchste Sauberkeit zu achten!

Sauberkeit bei der Montage

Wälzlager sind unter allen Umständen vor Schmutz und Feuchtigkeit zu schützen, da sogar kleinste Teilchen, die in das Lager eindringen, die Laufflächen beschädigen. Aus diesem Grund muss der Montageplatz staubfrei und trocken sein. Er darf zum Beispiel nicht in der Nähe von Schleifmaschinen liegen. Der Gebrauch von Pressluft ist zu vermeiden. Auch auf die Sauberkeit der Welle und des Gehäuses sowie aller anderen Teile ist zu achten. Gussstücke müssen frei von Formsand sein. Die inneren Gehäuseflächen sollten nach dem Reinigen mit einem Schutzanstrich versehen werden, der verhindert, dass sich kleinste Teilchen während des Betriebes ablösen.
An den Sitzstellen des Lagers auf der Welle und im Gehäuse sind Rostschutzüberzüge und Farbrückstände sorgfältig zu entfernen. Bei Drehteilen ist darauf zu achten, dass Grate entfernt und alle scharfen Kanten gebrochen werden.

Anschlussteile

Alle zur Lagerung gehörenden Teile sind vor dem Zusammenbau auf ihre Maß- und Formgenauigkeit zu kontrollieren.

Zum Beispiel beeinträchtigen nicht eingehaltene Lagersitztoleranzen, unrunde Gehäuse und Wellen sowie schiefe Anlageflächen den einwandfreien Lauf eines Wälzlagers und können zum vorzeitigen Ausfall führen.

Vermessen des Lagersitzes

Ein wesentlicher Arbeitsschritt für eine erfolgreiche Lagermontage ist die vorherige Vermessung der verwendeten Bauteile. Hierbei kommen verschiedene Messgeräte zum Einsatz. Bei allen Messungen ist zu beachten, dass das Messgerät annähernd die gleiche Temperatur hat wie die zu messenden Teile.

Zylindrische Sitzflächen

Die Maßgenauigkeit von zylindrischen Lagersitzen und deren Rundheit sollte mit Hilfe von Mikrometern an verschiedenen Messpunkten überprüft werden, *Bild 1* und *Bild 4*, Seite 37.

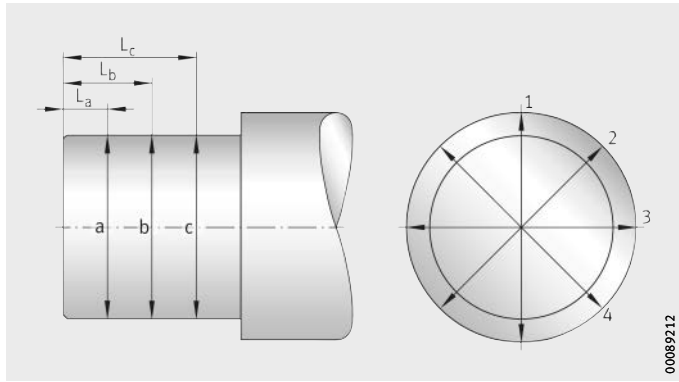
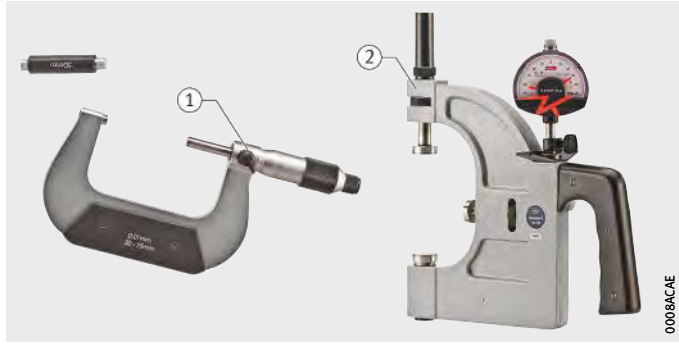


Bild 1
Überprüfen der Zylinderform einer Welle

Eine sichere Positionierung und eine einwandfreie Messung zylindrischer Sitzflächen gewährleistet das Bügelmessgerät, *Bild 2*. Auf der Maßscheibe ist der Durchmesser gekennzeichnet, an dem das Gerät eingestellt werden muss.



① Außenmikrometer
② Bügelmessgerät

Bild 2
Messmittel zum Messen von Wellendurchmessern

Zum Messen von Bohrungen benutzt man entweder handelsübliche Innenmikrometer oder sogenannte Vergleichsmessgeräte, *Bild 3*. Der dargestellte Maßring wird zur Kalibrierung des Messwerkzeuges verwendet.

① Innenmikrometer
② Vergleichsmessgerät mit Maßring

Bild 3
Messmittel zum Messen von Bohrungen

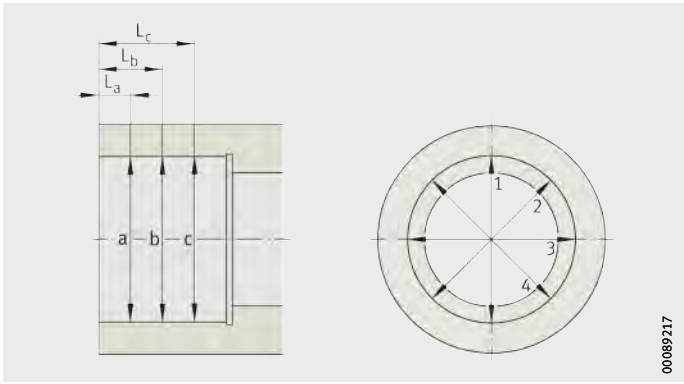


Bild 4
Überprüfen der Zylinderform von einem Gehäuse

Kegelige Sitzflächen

Damit der Innenring fest auf der Welle sitzt, muss der Kegel der Welle genau mit dem Kegel der Innenringbohrung übereinstimmen.

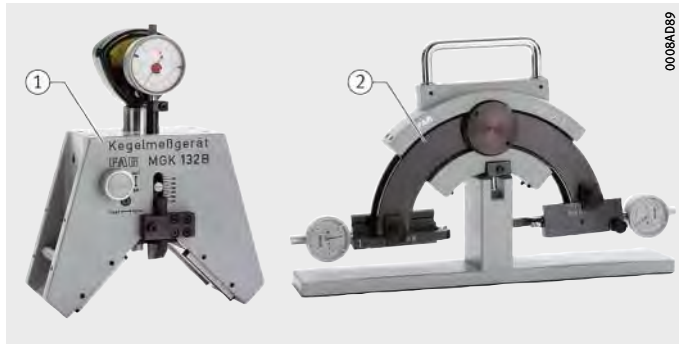
Der Kegel der Wälzlagerringe ist genormt. Er beträgt bei den meisten Lagerreihen 1:12. Abhängig von den Anforderungen und der Lagerbreite sind auch Lager mit einem Kegel 1:30 möglich.

Das einfachste Messmittel für kleine, kegelige Lagersitzstellen ist der Kegellehrring, *Bild 5*. Durch Touchieren stellt man fest, ob Welle und Lehrring übereinstimmen, und korrigiert so lange, bis der Lehrring auf seiner ganzen Breite trägt.

Die Innenringe von Lagern sollten nicht als Lehrringe benutzt werden!

Bild 5
Touchieren mit einem Kegellehrring

Für die genaue Überprüfung von kegeligen Wellensitzflächen hat Schaeffler die Kegelmessgeräte FAG MGK 133 und FAG MGK 132 entwickelt, *Bild 6*. Anhand eines Vergleichskegels oder -segments werden Kegel und Durchmesser der Lagersitzstelle exakt gemessen. Beide Geräte sind leicht zu handhaben, denn das Werkstück braucht für die Messung nicht aus der Bearbeitungsmaschine genommen zu werden.



① Kegelmessgerät FAG MGK 132
② Kegelmessgerät FAG MGK 133

Bild 6
Kegelmessgeräte FAG MGK 132 und FAG MGK 133

Mit dem Kegelmessgerät FAG MGK 133 misst man Kegel, die kürzer als 80 mm sind. Je nach Gerätegröße kann der Außendurchmesser des Kegels 27 mm bis 205 mm betragen.

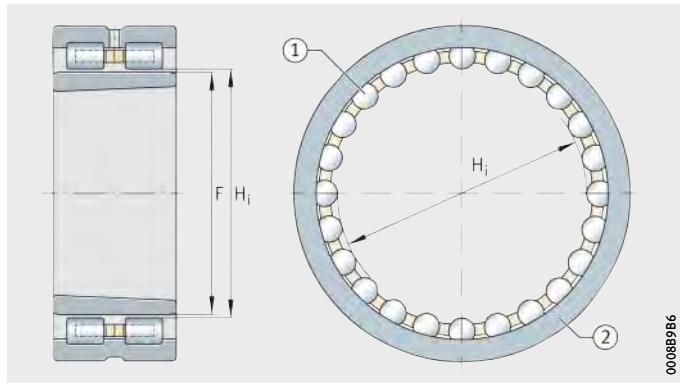
Das Kegelmessgerät FAG MGK 132 eignet sich für Kegellängen ab 80 mm und Kegeldurchmesser von 90 mm bis 820 mm.

Hüllkreis

Die Radialluft eines eingebauten Zylinderrollenlagers ergibt sich aus dem Unterschied zwischen dem Rollenhüllkreisdurchmesser und dem Laufbahndurchmesser des bordlosen Rings.

Hüllkreismessgerät FAG MGI 21

Bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Innenring NNU49SK ergibt sich die Radialluft oder die Vorspannung aus der Differenz der Durchmesser des Innenhüllkreises H_i und der Laufbahn F. Unter dem Innenhüllkreis versteht man den Kreis, der alle Rollen von innen berührt, wenn sie an der Außenringlaufbahn anliegen, *Bild 7*.



H_i = Innenhüllkreis
F = Laufbahndurchmesser

① Wälzkörper
② Außenring

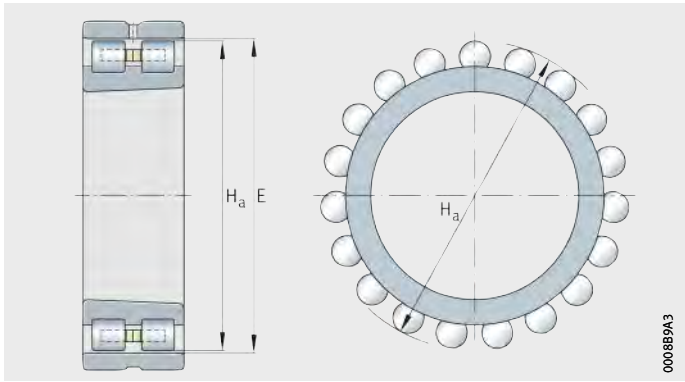
Bild 7
Innenhüllkreis bei Zylinderrollenlagern NNU49SK (abziehbarer Innenring)

Der Innenhüllkreis wird mit dem MGI 21 gemessen; in Verbindung mit einem Bügelmessgerät lässt sich die Radialluft des eingebauten Lagers bestimmen, *Bild 8*. Das Maß des Hüllkreisdurchmessers wird auf das Bügelmessgerät übertragen. Das Hüllkreismessgerät FAG MGI 21 verwendet man bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Innenring, zum Beispiel FAG NNU49SK.

Bild 8
Hüllkreismessgerät FAG MGI 21

Hüllkreismessgerät FAG MGA 31

Bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Außenring NN30ASK ergibt sich die Radialluft oder die Vorspannung aus der Differenz der Durchmesser der Laufbahn E und des Außenhüllkreises H_a. Unter dem Außenhüllkreis versteht man den Kreis, der alle Rollen von außen berührt, wenn sie an der Innenringlaufbahn anliegen, *Bild 9*.



E = Laufbahn
H_a = Außenhüllkreis

Bild 9
Außenhüllkreis bei Zylinderrollenlagern NN30ASK (abziehbarer Außenring)

Der Außenhüllkreis wird mit dem MGA 31 gemessen; in Verbindung mit einem Bohrungsmessgerät lässt sich die Radialluft des eingebauten Lagers bestimmen, *Bild 10*.

Das Maß des Laufbahndurchmessers wird mit dem Bohrungsmessgerät auf das Hüllkreismessgerät übertragen. Das Hüllkreismessgerät FAG MGA 31 verwendet man bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Außenring, zum Beispiel FAG NN30ASK.

Bild 10
Hüllkreismessgerät FAG MGA 31

Die beiden gegenüberliegenden Stahlsegmente des Hüllkreismessgeräts sind die Messflächen. Das eine Segment ist fest mit dem Gerät verbunden, das andere radial beweglich; diese Bewegung wird auf den Feinzeiger übertragen.

Beim Messen muss der Lageraußenring im Gehäuse montiert sein. Hat man den Durchmesser der Außenringlaufbahn mit dem Bohrungsmessgerät ermittelt, wird das Maß auf das Hüllkreismessgerät übertragen.

Der Innenring, mit dem der Rollenkranz durch den Käfig zusammengehalten ist, wird zunächst formschlüssig auf den kegeligen Wellensitz geschoben. Dann setzt man das Hüllkreismessgerät auf den Rollenkranz und presst den Innenring so weit auf, bis der Feinzeiger das gewünschte Maß zeigt.

Pluswerte bedeuten Vorspannung, Minuswerte Radialluft; der Wert Null ergibt ein spielfreies Lager.

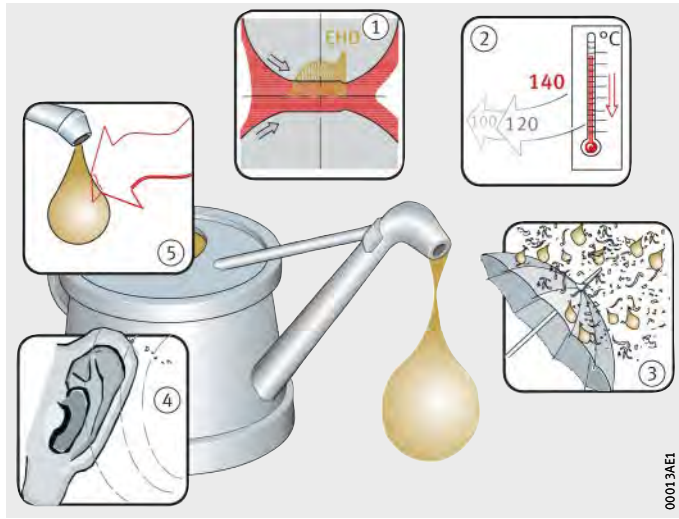
Grundlagen

Schmierung und Wartung sind wichtig für die zuverlässige Funktion und lange Gebrauchsdauer der Wälzlager.

Aufgaben des Schmierstoffes

Der Schmierstoff soll, *Bild 1*:

- An den Kontaktflächen einen ausreichend tragfähigen Schmierfilm ausbilden und dort damit Verschleiß und vorzeitige Ermüdung vermeiden ①
- Bei Ölschmierung die Wärme ableiten ②
- Bei Fettschmierung das Lager zusätzlich nach außen gegen feste und flüssige Verunreinigungen abdichten ③
- Das Laufgeräusch dämpfen ④
- Vor Korrosion schützen ⑤.



① Tragfähigen Schmierfilm ausbilden
② Bei Ölschmierung Wärme ableiten
③ Bei Fettschmierung das Lager nach außen gegen Verunreinigungen abdichten
④ Laufgeräusch dämpfen
⑤ Vor Korrosion schützen

Bild 1
Aufgaben des Schmierstoffs

Schmierung

Wahl der Schmierungsart

Bei der Konstruktion ist möglichst früh festzulegen, ob die Lager mit Fett oder Öl geschmiert werden.

Für die Art der Schmierung und die Schmierstoffmenge sind entscheidend:

- Die Betriebsbedingungen
- Die Bauform und Größe des Lagers
- Die Anschlusskonstruktion
- Die Schmierstoffführung.

Kriterien für Fettschmierung

Bei Fettschmierung sind folgende Kriterien zu betrachten:

- Sehr geringer konstruktiver Aufwand
- Die Dichtwirkung
- Die Depotwirkung
- Hohe Gebrauchsdauer bei geringem Wartungsaufwand (unter Umständen Lebensdauer-Schmierung möglich)
- Bei Nachschmierung gegebenenfalls Auffangraum für Altfett und Zuführungskanäle berücksichtigen
- Keine Wärmeabfuhr durch den Schmierstoff
- Kein Ausspülen von Verschleiß- und sonstigen Partikeln.

Kriterien für Ölschmierung

Bei Ölschmierung sind zu betrachten:

- Gute Schmierstoffverteilung und -versorgung des Kontaktes
- Wärmeabfuhr aus dem Lager möglich (wichtig vor allem bei hohen Drehzahlen und Belastungen)
- Ausspülen von Verschleißpartikeln
- Bei Minimalmengenschmierung sehr geringe Reibungsverluste
- Aufwändigere Zuführung und Abdichtung erforderlich.

Bei extremen Betriebsbedingungen (zum Beispiel sehr hohe Temperaturen, Vakuum, aggressive Medien) sind auch Sonderschmierverfahren wie Feststoffschmierung möglich.

Gestaltung der Schmierstoffleitungen

Die Zuführleitungen und Schmierbohrungen in den Gehäusen und Wellen, *Bild 2* und *Bild 3*, müssen:

- Direkt zur Schmierbohrung des Wälzlagers führen
- Möglichst kurz sein
- Mit einer eigenen Leitung für jedes Lager ausgestattet sein.

Auf befüllte Leitungen achten, *Bild 2*; Leitung eventuell entlüften!

Hinweise der Schmieranlagenhersteller beachten!

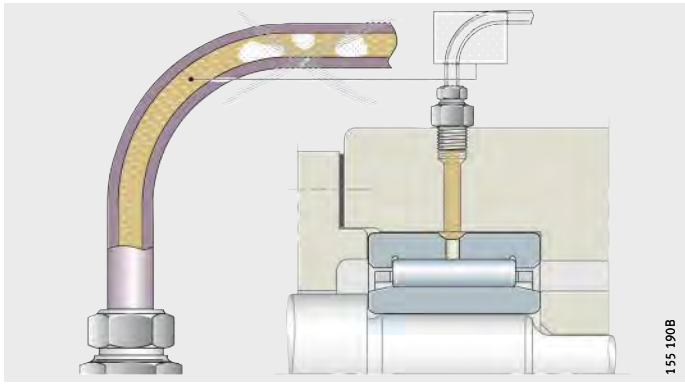


Bild 2
Schmierstoffleitungen

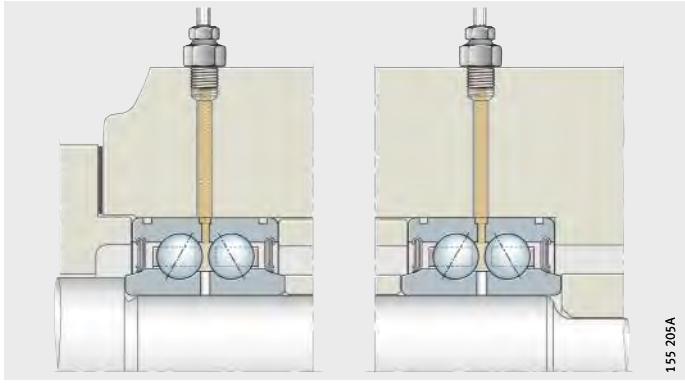


Bild 3
Anordnung der Leitungen bei mehreren Lagern auf einer Welle

Schmierung

Schmierfette

Die optimale Lager-Gebrauchsdauer kann durch die Auswahl geeigneter Schmierfette erreicht werden. Zu berücksichtigen sind die anwendungstechnischen Einflussgrößen Lagertyp, Drehzahl, Temperatur und Belastung. Außerdem sind Einflussgrößen wie die Umgebungsbedingungen, Kunststoffbeständigkeit, gesetzliche und umweltbedingte Vorgaben sowie die Kosten zu beachten.

Spezifikation durch DIN oder Lastenheft

Die nach DIN 51825 genormten Schmierfette K sind bevorzugt zu verwenden. Diese Norm formuliert jedoch nur Mindestanforderungen an Schmierfette. Das bedeutet, dass Schmierfette einer DIN-Klasse Qualitätsunterschiede aufweisen können und für die entsprechende Anwendung auch unterschiedlich gut geeignet sein können. Die Wälzlagerhersteller spezifizieren die Fette daher häufig auch über Lastenhefte, die das Anforderungsprofil an das Fett ausführlicher beschreiben.

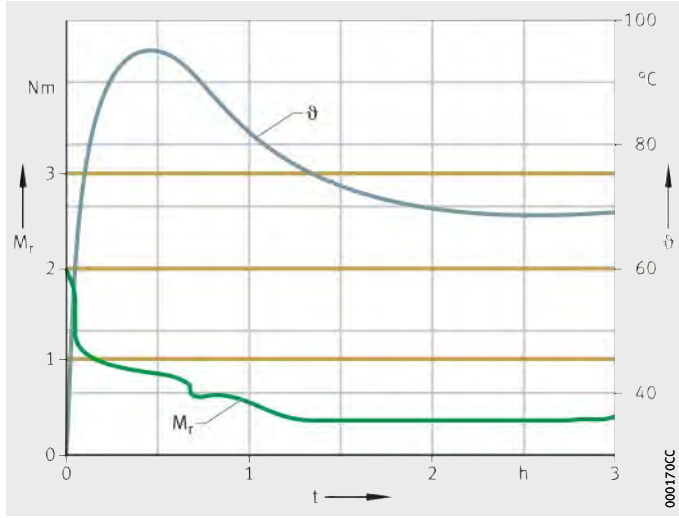
Erst- und Neubefettung

Beim Befetten der Lager sind folgende Hinweise zu beachten:

- Lager so befüllen, dass alle Funktionsflächen sicher Fett erhalten
- Vorhandenen Gehäuseraum neben dem Lager nur so weit mit Fett füllen, dass das aus dem Lager verdrängte Fett noch genügend Platz hat. Eine Umlaufteilnahme des Fettes soll damit vermieden werden. Schließt an das Lager ein größerer und nicht befüllter Gehäuseraum an, sollten Deck- oder Dichtscheiben sowie Stauscheiben dafür sorgen, dass eine angemessene Fettmenge (ähnlich der Menge, die für den normalen Füllungsgrad gewählt wird) in Lagernähe verbleibt. Empfohlen wird eine Fettfüllung von zirka 90% des ungestörten freien Lagervolumens. Damit ist das Volumen im Inneren des Wälzlagers gemeint, das nicht von umlaufenden Teilen (Wälzkörper, Käfig) berührt wird
- Bei sehr schnell umlaufenden Lagern, beispielsweise Spindellagern, wird im Allgemeinen eine geringere Fettmenge gewählt (zirka 60% des ungestörten freien Lagervolumens beziehungsweise zirka 30% des gesamten freien Lagervolumens), um die Fettverteilung beim Anlauf der Lager zu erleichtern
- Die Dichtwirkung einer Spaltdichtung wird durch die Bildung eines stabilen Fettkragens verbessert. Eine kontinuierliche Nachschmierung unterstützt diesen Effekt
- Über einen richtigen Füllungsgrad werden ein günstiges Reibungsverhalten und ein geringer Fettverlust erreicht
- Bei einer Druckdifferenz zwischen beiden Seiten des Lagers kann eine Luftströmung das Fett und das abgegebene Grundöl aus dem Lager herausfördern, andererseits aber auch Schmutz in das Lager transportieren. In solchen Fällen ist ein Druckausgleich über Durchbrüche und Bohrungen an den Anbauteilen erforderlich

- Langsam umlaufende Lager ($n \cdot d_M < 50\,000\ min^{-1} \cdot mm$) und deren Gehäuse sind komplett mit Fett zu füllen. Die auftretende Walkreibung ist hier vernachlässigbar. Wichtig ist, dass das eingebrachte Fett durch Dichtungen und Stauscheiben im Lager oder in Lagernähe gehalten wird. Das Fett in Lagernähe bewirkt durch einen Depoteffekt grundsätzlich eine Verlängerung der Schmierfrist. Ein direkter Kontakt zum Fett im Lager ist jedoch Voraussetzung (Fettbrücke). Durch gelegentliche Erschütterung wird außerdem wieder Frischfett aus der Umgebung in das Lager gelangen (interne Nachschmierung)
- Wenn eine hohe Temperatur am Lager zu erwarten ist, sollte neben einem angepassten Fett zusätzlich ein Fettdepot mit einer zum Lager hin freien, möglichst großen, Öl abgebenden Fläche vorgesehen werden. Für das Depot ist eine Menge günstig, die dem Zwei- bis Dreifachen des normalen Füllungsgrades entspricht. Das Depot ist entweder auf einer Seite des Lagers oder besser zu gleichen Teilen beidseitig vorzusehen
- Beidseitig mit Dichtscheiben oder Deckscheiben abgedichtete Lager werden erstbefettet geliefert. Die üblich eingebrachte Fettmenge füllt zirka 90% des ungestörten freien Lagervolumens aus. Diese Füllmenge wird auch bei hohen Drehzahlkennwerten ($n \cdot d_M > 400\,000\ min^{-1} \cdot mm$) gut im Lager gehalten.
  Bei höheren Drehzahlkennwerten bitte bei Schaeffler rückfragen.
  Ein höherer Füllungsgrad bei abgedichteten Lagern führt zu einer höheren Reibung und zu einem kontinuierlichen Fettverlust, bis sich der normale Füllungsgrad eingestellt hat.
  Bei Behinderung des Fettaustritts ist mit einem erheblichen Drehmoment- und Temperaturanstieg zu rechnen.
  Lager mit drehendem Außenring erhalten ebenfalls weniger Fett (50% der Normalfüllung)

Bei höheren Drehzahlkennwerten kann sich bei nicht abgestimmter Fettmenge während der Anlaufphase, oft auch über mehrere Stunden, eine erhöhte Lagertemperatur einstellen, *Bild 4*. Die Temperatur ist umso höher und die Phase der erhöhten Temperatur umso länger, je stärker die Lager und die Räume neben den Lagern mit Fett gefüllt sind und je mehr der freie Fettaustritt erschwert wird. Abhilfe bringt ein sogenannter Intervalleinlauf mit entsprechend festgelegten Stillstandszeiten zur Abkühlung. Bei geeigneten Fetten und Fettmengen tritt Beharrung schon nach sehr kurzer Zeit ein.



Rillenkugellager, frisch befettet

M_r = Reibungsmoment
t = Zeit
ϑ = Temperatur

Bild 4
Reibungsmoment und Temperatur

Wälzlagerfette Arcanol

Wälzlagerfette Arcanol unterliegen einer 100%-Qualitätskontrolle, *Bild 5*. Die Kontrollverfahren bei Schaeffler gehören zu den anspruchsvollsten am Markt. Damit erfüllen Wälzlagerfette Arcanol höchste Qualitätsanforderungen.

Die verschiedenen Fette decken nahezu alle Anwendungen ab. Sie werden durch erfahrene Anwendungstechniker entwickelt und von den besten Herstellern am Markt produziert. Je nach Anwendung werden verschiedene Fette verwendet, siehe Tabelle, Seite 188.

Bild 5
Analyse zum Temperaturverhalten von Fetten

Schmieröl

Zur Schmierung von Wälzlagern sind grundsätzlich Mineralöle und Syntheseöle geeignet, siehe Tabelle, Seite 188. Schmieröle auf Mineralölbasis werden heute am häufigsten verwendet.
Diese Mineralöle müssen mindestens die Anforderungen nach DIN 51517 (Schmieröle) erfüllen.

Sonderöle, oft synthetische Öle, werden eingesetzt, wenn extreme Betriebsbedingungen vorliegen. Besondere Anforderungen an die Beständigkeit des Öles bei erschwerten Bedingungen sind zum Beispiel Temperatur oder Strahlung. Namhafte Ölhersteller weisen die Wirksamkeit der Additive im Wälzlager nach. Besondere Bedeutung haben zum Beispiel wirksame Verschleißschutzadditive für den Betrieb von Wälzlagern im Mischreibungsbereich.

Weitere Informationen

- Weitere Informationen bezüglich der Aufbewahrung, Mischbarkeit und Auswahl von Schmierstoffen finden Sie in der TPI 176, Schmierung von Wälzlager.

Aufbewahrung von Wälzlagern

Korrosionsschutz und Verpackung

Das Leistungsvermögen moderner Wälzlager bewegt sich an den Grenzen des technisch Machbaren. Nicht nur die Werkstoffe, sondern auch Maßgenauigkeiten, Toleranzen, Oberflächengüten und die Schmierung sind auf maximale Funktion optimiert. Bereits die kleinsten Abweichungen in Funktionsbereichen, verursacht zum Beispiel durch Korrosion, können das Leistungsvermögen beeinträchtigen.

Um die volle Leistungsfähigkeit von Wälzlagern zu erhalten, müssen Korrosionsschutz, Verpackung, Aufbewahrung und Handhabung aufeinander abgestimmt sein. Sie sind von Schaeffler dahin gehend optimiert, möglichst alle Eigenschaften des Produktes gleichzeitig zu konservieren. Neben dem Schutz der Oberflächen vor Korrosion sind hier vor allem Eigenschaften wie Notlaufschmierung, Reibung, Schmierstoffverträglichkeit, Geräuschverhalten, Alterungsbeständigkeit und Verträglichkeit mit Wälzlagerkomponenten (Messingkäfig, Kunststoffkäfig, Elastomerdichtung) wichtig. Korrosionsschutz und Verpackung sind von Schaeffler auf diese Eigenschaften abgestimmt. Die Lager müssen so lange wie möglich in der Originalverpackung aufbewahrt werden.

Aufbewahrungsbedingungen

Grundvoraussetzung für die Aufbewahrung ist ein geschlossener Lagerraum, in dem keine aggressiven Medien einwirken können, wie zum Beispiel Abgase von Fahrzeugen oder Gase, Nebel oder Aerosole von Säuren, Laugen oder Salzen. Ebenso ist direktes Sonnenlicht zu vermeiden. Die Lager müssen liegend und nicht stehend aufbewahrt werden.

Die Aufbewahrungstemperatur sollte möglichst konstant sein und die Luftfeuchtigkeit möglichst niedrig. Temperatursprünge und erhöhte Luftfeuchtigkeit führen zu Kondenswasserbildung.

Folgende Bedingungen sind einzuhalten:

- Frostfreie Lagerung bei einer Mindesttemperatur von +5 °C (sichere Vermeidung von Reifbildung, bis zu 12 Stunden am Tag bis +2 °C erlaubt)
- Maximaltemperatur +40 °C (Vermeidung übermäßigen Ablaufens von Korrosionsschutzölen)
- Relative Luftfeuchtigkeit kleiner 65% (bei Temperaturänderungen maximal bis zu 12 Stunden am Tag bis zu 70% erlaubt).

Temperatur und Luftfeuchtigkeit müssen permanent überwacht werden!

Aufbewahrungszeiten

Wälzlager sollten nicht länger als 3 Jahre aufbewahrt werden. Dies gilt sowohl für offene als auch für befettete Wälzlager mit Deckel oder Dichtung. Speziell die befetteten Wälzlager sollten möglichst nicht zu lange aufbewahrt werden, weil Schmierfette ihr chemisch-physikalisches Verhalten während der Aufbewahrung verändern können. Auch wenn die Mindestleistungsfähigkeit erhalten bleibt, können doch Sicherheitsreserven des Schmierfettes abgebaut werden. In der Regel sind Wälzlager auch nach Überschreiten der zulässigen Aufbewahrungszeiten noch verwendbar, wenn die Aufbewahrungsbedingungen während des Einlagerns und des Transports eingehalten wurden. Werden die Aufbewahrungszeiten überschritten, empfiehlt sich vor Verwendung des Lagers zumindest eine Überprüfung auf Korrosion, den Zustand des Korrosionsschutzöles und gegebenenfalls den Zustand des Schmierfettes.

Dichtungen

Einteilung von Dichtungen

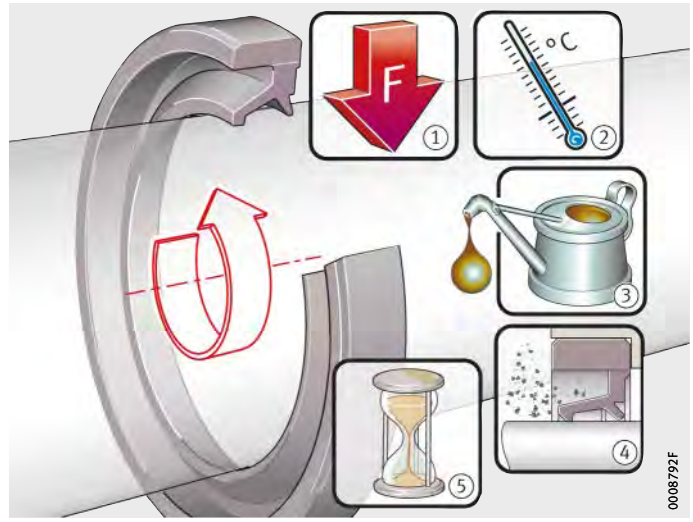
Dichtungen sind ausschlaggebend für den Schutz der Lager vor Verunreinigung. So können durch unzureichende Dichtungen Verunreinigungen in die Lager eindringen oder unzulässig viel Schmierstoff aus den Lagern austreten. Verschmutzte oder trocken laufende Lager fallen weit vor ihrer Ermüdungslebensdauer aus.

Berührungslose und berührende Dichtungen

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen berührungslosen und berührenden Dichtungen in der Anschlusskonstruktion und im Lager.

Berührungslose Dichtungen

Berührungslose Dichtungen sind zum Beispiel Spaltdichtungen, Labyrinthdichtungen, Stauscheiben oder Deckscheiben. Bei der Montage dieser Dichtungsformen ist ein besonderes Augenmerk auf die Größe des Dichtspalts nach der Montage und während der Anwendung zu legen. Der resultierende Dichtspalt im Betrieb wird durch äußere Einflüsse wie zum Beispiel Temperaturunterschiede, Belastungen und Verformungen maßgeblich beeinflusst, *Bild 1*.



① Belastung
② Temperaturunterschiede
③ Schmierstoffe
④ Verunreinigungen
⑤ Alterung

Bild 1
Einflüsse auf die Gebrauchsdauer von Dichtungen

Bei einer Fettschmierung des Lagers sind die auftretenden Dichtungsspalte mit dem gleichen Schmierfett zu füllen, welches auch innerhalb der Lagerung verwendet wird. Ein zusätzlicher Fettkragen an der Außenseite der Dichtung schützt das Lager vor Verunreinigungen.

Berührende Dichtungen

Berührende Dichtungen sind zum Beispiel Filzringe, V-Ringe oder Wellendichtringe mit einer oder mehreren Lippen. Sie liegen meist mit radialer Anpresskraft an der Lauffläche an. Die Anpresskraft sollte gering sein, damit das Reibungsmoment und die Temperatur nicht zu sehr ansteigen. Auch der Schmierungszustand auf der Lauffläche, die Rauheit der Lauffläche und die Gleitgeschwindigkeit beeinflussen das Reibungsmoment, die Temperatur und den Verschleiß der Dichtung. Auch die sachgemäße Montage der Abdichtung hat einen entscheidenden Einfluss auf die mögliche Gebrauchsdauer des Lagers.

Abgedichtete Lager

Abgedichtete Wälzlager werden abhängig von der jeweiligen Lagerbauart und Baureihe mit unterschiedlichen Dichtungskonzepten ausgeführt.

Bei nahezu allen Lagern, die bei Lieferung bereits abgedichtet sind, sollte von einer Demontage der Dichtung Abstand genommen werden. Für den Fall, dass eine vormontierte Dichtung nicht ordnungsgemäß arbeitet, muss das gesamte Lager ausgetauscht werden.

Abgedichtete Lager dürfen nicht in einem Ölbad angewärmt werden, und die Anwärmtemperatur darf +80 °C nicht übersteigen.

Einbauraum und Randbedingungen einer Dichtstelle

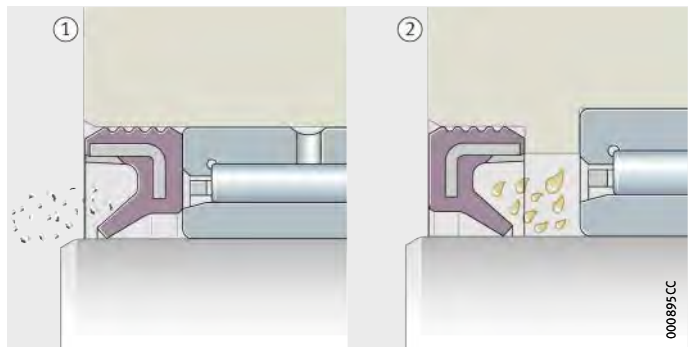
In diesem Abschnitt wird auf den Einbauraum und die Randbedingungen von Dichtringen und Radial-Wellendichtringen (RWDR) eingegangen.

Einbauraum

Um bei einer Dichtung die optimale Dichtwirkung zu erreichen, muss besonders der Einbauraum entsprechend modelliert werden. Dafür dienen unter anderem die DIN 3760 Radial-Wellendichtringe und die DIN 3761 Radial-Wellendichtringe für Kraftfahrzeuge. Für die Gestaltung der Welle und der Bohrung an einer Dichtstelle dient im Besonderen die DIN 3761-2. Die Angaben über den Einbauraum, die sich hier nur auf Radial-Wellendichtringe beziehen, sind auch auf Dichtringe übertragbar.

Im Allgemeinen gelten folgende Grundregeln:

- Die Anschlusskonstruktion ist so auszuführen, dass die Dichtlippen in axialer Richtung freiliegen
- Dichtringe sachgemäß handhaben und montieren. Nur dadurch ist eine lange und störungsfreie Dichtfunktion sichergestellt
- Einbaulage der Dichtlippe beachten, *Bild 2*.



① Dichtlippe nach außen
② Dichtlippe nach innen

Bild 2
Einbau nach Funktionsart der Dichtung

Dichtungslauffläche

Die Dichtungslaufflächen sind ein wichtiger Faktor für die Lebensdauer einer Dichtung.

Eigenschaften von Dichtungslaufflächen

Dichtungslauffläche	Oberflächenrauheit	Mindesthärte
Gleitfläche für Radialdichtungen (Abdichtung bei Drehbewegung)	Ra = 0,2 µm – 0,8 µm	600 HV beziehungsweise 55 HRC
	Rz = 1 µm – 4 µm	
	$Rz_{1\,max}$ ≦ 6,3 µm	
Gleitfläche für Stangen und Kolbendichtungen (Abdichtung bei Axialbewegung)	Ra = 0,05 µm – 0,3 µm	600 HV beziehungsweise 55 HRC
	Rmr(0) 5% Rmr(0,25×Rz) 70%	
	$Rz_{1\,max}$ ≦ 2,5 µm	
Berührflächen (statische Abdichtung)	R ≦ 1,6 µm	–
	Rz ≦ 10 µm	
	$Rz_{1\,max}$ ≦ 16 µm	

Montagehinweise

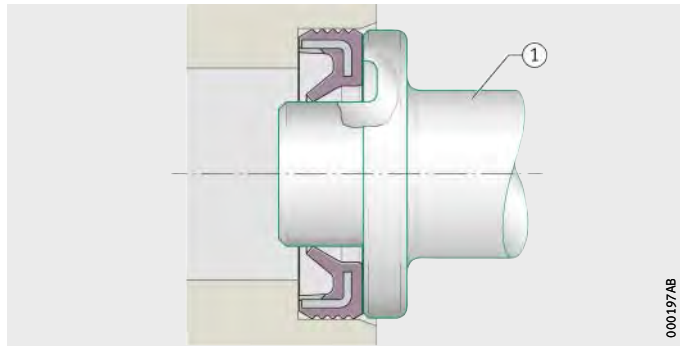
Unabhängig von der Dichtungsart oder der Dichtungsform ist bei jeder Montage darauf zu achten, dass die Dichtung dabei nicht verletzt wird. Auch bei direktgedichteten Lagern muss bei der Lagermontage darauf geachtet werden, dass die vormontierte Dichtscheibe in keinem Fall verletzt oder gar verformt wird.

Montage von Dichtungen

Bei der Gestaltung der axialen Anschlusskonstruktion ist darauf zu achten, dass die Dichtlippen in axialer Richtung freiliegen.

So bauen Sie Dichtungen richtig ein:

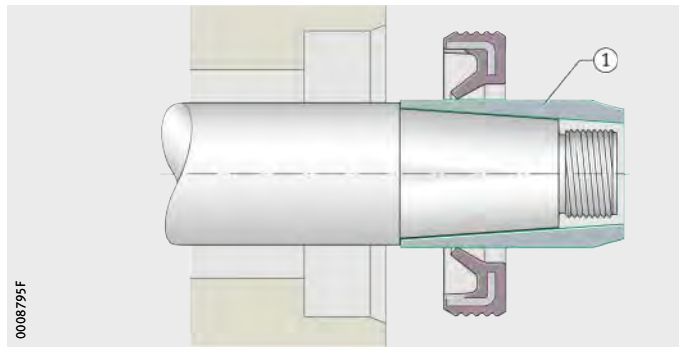
- Dichtlippe gegen eindringenden Staub und Schmutz nach außen richten, *Bild 2*, ①, Seite 54
- Dichtlippe gegen austretenden Schmierstoff nach innen richten, *Bild 2*, ②, Seite 54. Bei Dichtringen SD ist die Seite mit der Schutzlippe beschriftet. Sie soll von innen nachgeschmiert werden, deshalb muss die Lippe nach außen zeigen
- Die Lauffläche auf der Welle und Dichtlippe fetten oder ölen. Dadurch ist beim Anfahren die Reibungsleistung niedriger. Bei Dichtringen mit ummanteltem Versteifungsring – Dichtring G – die Außenfläche vor dem Einpressen ölen. Dadurch wird die Montage ins Gehäuse erleichtert
- Dichtringe mit Einpressvorrichtung und geeignetem Einpresswerkzeug sorgfältig in die Gehäusebohrung pressen, *Bild 3*.



① Einpresswerkzeug

Bild 3
Einbau mit Einpresswerkzeug

- Dichtlippe vor Beschädigung schützen.
  Dazu scharfkantige Wellenenden, Nuten, Verzahnungen und Gewinde durch Montagehülsen abdecken, *Bild 4*
- Dichtringe so montieren, dass die Einpresskraft möglichst nahe am Außendurchmesser angreift.
  Dichtringe SD haben ein Übermaß am Außendurchmesser. Dadurch wird der Festsitz nach dem Einpressen der Ringe eventuell in der Gehäusebohrung erreicht. Die Ringe nehmen in der Bohrung ihre geometrisch richtige Form an.



① Montagehülse

Bild 4
Einbau mit Montagehülse

- Dichtringe rechtwinklig zur Wellenachse und Gehäusebohrung montieren, *Bild 5*.

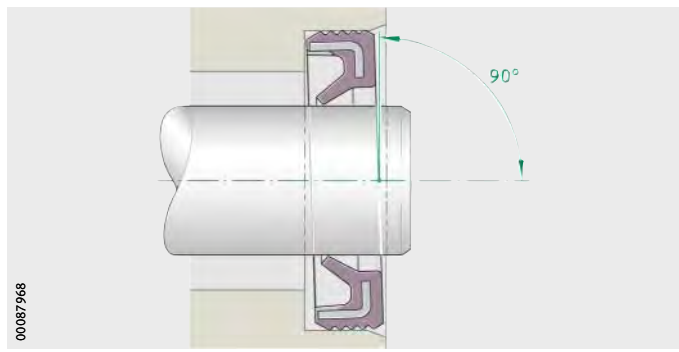


Bild 5
Rechtwinkligkeit –
Lager des Dichtrings
zur Wellenachse/Gehäusebohrung

Maximale Abweichung der Rechtwinkligkeit zwischen Dichtring und Wellenachse im eingebauten Zustand nicht überschreiten, siehe Tabelle! Größere Abweichungen beeinflussen die Dichtwirkung!

- Bei Dichtringen SD den Raum zwischen Dicht- und Schutzlippe mit Schmierfett füllen, *Bild 6*
- Nach dem Einbau die Dichtringe einlaufen lassen und die Dichtfunktion prüfen. Eine geringe Leckage (Fett- oder Flüssigkeitsfilm) zur Schmierung der Dichtlippenkontaktfläche ist erwünscht.

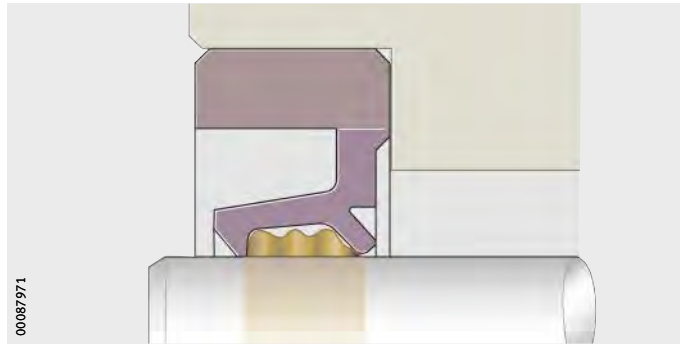


Bild 6
Fettfüllung
zwischen Dicht- und Schutzlippe

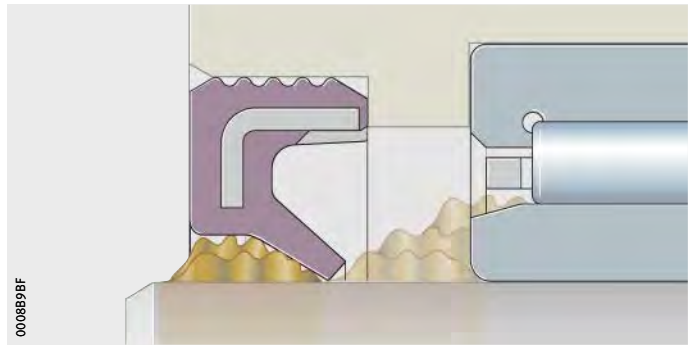


Bild 7
Fettkragen
zum Unterstützen der Dichtwirkung

Maximale Abweichung der Rechtwinkligkeit

Wellendurchmesser d mm	Maximale Abweichung mm
d < 25	0,1
d ≧ 25	0,2

Dichtungen

Montage von O-Ringen

Bei einem O-Ring ist die richtige Platzierung in der Nut sehr wichtig.

Um den O-Ring bei der Montage nicht zu verletzen, sollten scharfe Kanten vermieden werden. Eine Einführschräge eliminiert nicht nur eine scharfe Kante, sondern begünstigt auch noch das Einpressen des O-Rings. Dabei sollte die Einführschräge im Winkelbereich zwischen 10° und 20° sein.

Dabei ist zu beachten:

- Vor der Montage müssen die Schnurstärke und der Innendurchmesser des O-Rings kontrolliert werden
- Die Dichtstelle muss sauber und frei von Partikeln sein
- Auf keinen Fall darf der O-Ring in die Nut geklebt werden! Alternativ kann ein Montagefett verwendet werden, wenn eine chemische Verträglichkeit festgestellt wurde
- Bei der Montage darf der O-Ring nicht über scharfe Kanten, Gewinde, Nuten und Einschübe getrieben werden
- Die Verwendung von scharfen oder spitzen Werkzeugen ist nicht erlaubt
- Durch den Einbau darf der O-Ring nicht mehr als 5% bis 6% gedehnt werden
- Die Überdehnung des Innendurchmessers während der Montage sollte nicht über 50% liegen
- Es ist sicherzustellen, dass der O-Ring während der Montage nicht verdreht montiert ist
- Verwenden Sie für die Demontage eines O-Rings immer ein spezielles Demontagewerkzeug.

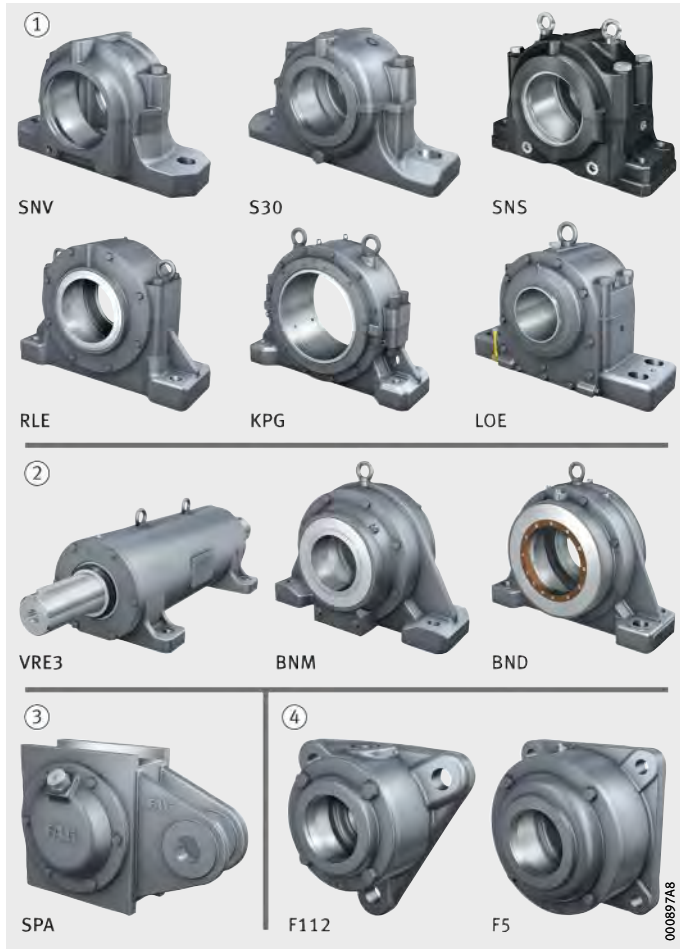
Demontage von Dichtungen

Nach dem Lösen eines Dichtkontakts, zum Beispiel bei der Demontage eines Deckels oder eines Radial-Wellendichtringes, muss die Dichtung ersetzt werden. Da die Dichtung bereits durch die Erstmontage im Dichtkontakt war und dadurch eine Verformung erfahren hat, kann bei einer erneuten Verwendung der Dichtung die Dichtheit nicht gewährleistet werden. Darüber hinaus werden die meisten Dichtungen bei der Demontage ohnehin stark deformiert oder sogar zerstört. Bei der Demontage ist darauf zu achten, dass die Dichtungslauffläche nicht beschädigt wird.

Lagergehäuse

Gehäusebauformen

Gehäuse werden meist als Stehlagergehäuse (geteilt oder ungeteilt) oder als Flanschlagergehäuse ausgeführt. Allerdings kommen in den unterschiedlichsten Anwendungen auch eine Vielzahl an Sondergehäusen zum Einsatz. Sie werden überwiegend aus Grauguss und Sphäroguss gefertigt und bilden zusammen mit dem zugehörigen Lager und den Dichtungen eine gemeinsame Einheit.



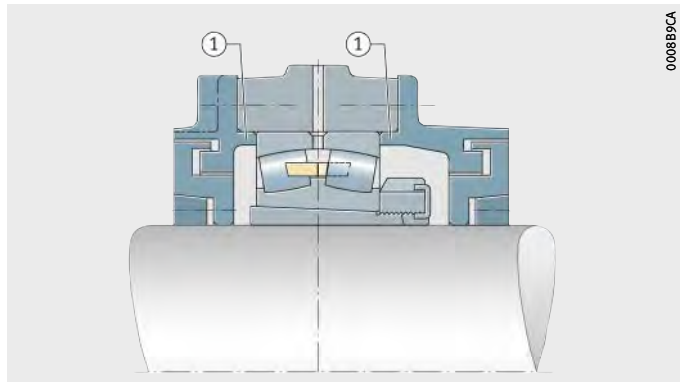
① Geteilte Stehlagergehäuse
② Ungeteilte Stehlagergehäuse
③ Ungeteiltes SPA-Gehäuse
④ Flanschlagergehäuse

Bild 1
Lagergehäuse

Gehäuse in Fest- und Loslagerausführung

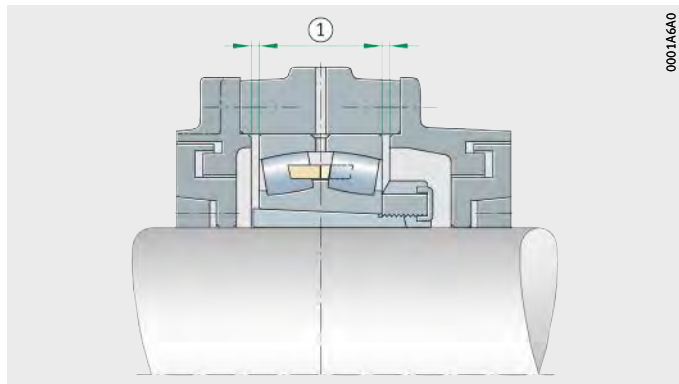
Bei diesem Gehäusekonzept zur Realisierung von Fest- oder Loslagerung muss das Gehäuse je nach Bedarf in einer Festlagerausführung oder einer Loslagerausführung ausgeführt sein.
Dies gilt für die Gehäuse RLE, KPG, KPGZ, LOE, BNM, BND und SPA.

Bei der Festlagerausführung werden die Lager zwischen den Deckeln der Gehäuse axial eingespannt, *Bild 2*. Bei der Loslagerausführung haben die Deckel kürzere Zentrieransätze. Dadurch kann sich das Lager axial verschieben, *Bild 3*.



① Zentrieransätze der Deckel fixieren das Lager axial

Bild 2
Gehäuse in Festlagerausführung



① Lager ist axial verschiebbar

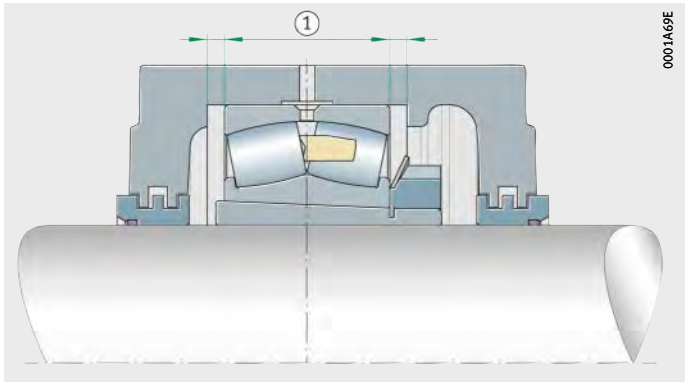
Bild 3
Gehäuse in Loslagerausführung

Gehäuse mit Festringen

Bei vielen Gehäusen sind die Lagersitze so gestaltet, dass das Lager axial verschiebbar ist und dadurch als Loslager wirkt, *Bild 4*.

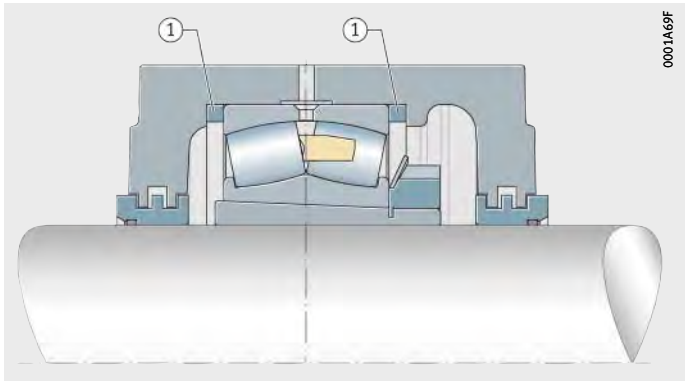
Bei diesem Gehäusekonzept wird zur Realisierung einer Festlagerung ein sogenannter Festring verwendet, *Bild 5*. Dies gilt für die Gehäuse SNV, S30, SNS und F5.

Durch das Einlegen von Festringen werden die Lager axial fixiert. Die Festringe werden in der Regel zu beiden Seiten des Lagers ins Gehäuse eingelegt. Meist ist eine gerade Anzahl von Festringen vorgegeben, wodurch ein mittiger Sitz des Lagers im Gehäuse erreicht wird. In einigen Fällen ist ein einziger Festring ausreichend.



① Lager ist axial verschiebbar

Bild 4
Loslagerung,
keine Festringe eingelegt



① Festringe fixieren das Lager axial

Bild 5
Festlagerung
durch eingelegte Festringe

Gehäusedichtungen

In Lagergehäusen werden meist Wälzlager wie Pendelrollenlager, Tonnenlager und Rillenkugellager eingebaut, die über keine eigene Abdichtung verfügen. Deshalb muss die Abdichtung der Lagerstelle durch das Gehäuse erfolgen. Zur Abdichtung des Gehäuses gegen die Welle stehen je nach Einsatzbedingungen berührende Dichtungen, berührungsfreie Dichtungen und Kombinationen aus diesen zur Verfügung. Auch können diese Dichtungen entweder in geteilter oder in ungeteilter Form bestellt werden.

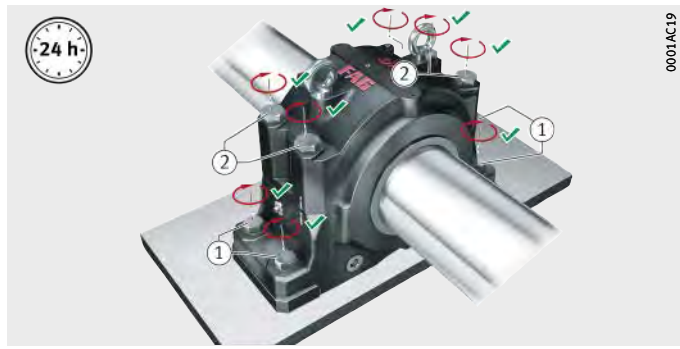
Montage

Für die meisten Gehäuse-Baureihen von Schaeffler liegen Montageanleitungen vor. In manchen Fällen bestehen auch anwendungsspezifische Anleitungen. Die fachgerechte Montage hat entscheidenden Einfluss auf die erreichbare Lagerlebensdauer.

Besonderheiten bei der Gehäusemontage

Bei der Montage von Gehäusen ist Folgendes zu beachten:

- Anschlussmaße und kritische Abmessungen sind vor dem Beginn der Montage zu überprüfen
- Ober- und Unterteile von verschiedenen Gehäusen dürfen nicht vertauscht werden
- Vor der Montage sollten sämtliche Schmierbohrungen gesäubert werden
- Schrauben müssen trocken und frei von Schmierstoffen sein
- Die Gehäusebohrung ist dünn mit Montagepaste einzuschmieren
- Bei geteilten Lagern werden zuerst die Fußschrauben und anschließend die Deckelschrauben auf das erforderliche Drehmoment angezogen
- Die vorgegebene maximale Schmierstoffmenge darf nicht überschritten werden
- Nach der Montage ist die präzise Ausrichtung und das Anziehdrehmoment der Schrauben erneut zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren, *Bild 6*.



① Fußschrauben
② Verbindungsschrauben

Bild 6
Anziehdrehmomente prüfen

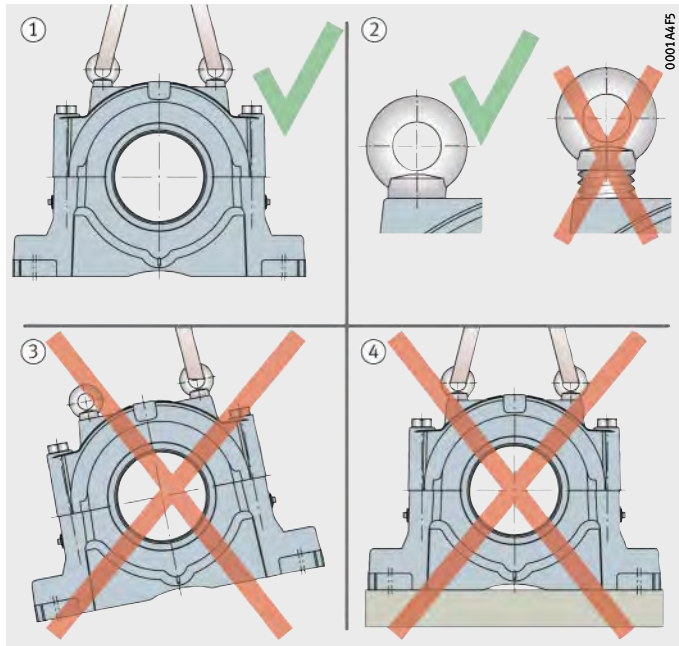
Ringschrauben

Bei vielen Gehäusen ist der Gehäusekörper mit ein oder zwei Ringschrauben nach DIN 580 ausgestattet. Diese sind als Anschlagpunkte für den Ein- und Ausbau des Gehäuses vorgesehen. Die Tragfähigkeit der Ringschrauben ermöglicht das Heben des Gehäuses, bei vielen Gehäusen einschließlich eines eingebauten Lagers, jedoch ohne Welle. Angaben dazu sind der Beschreibung des jeweiligen Gehäuses zu entnehmen.

Korrekte Verwendung der Ringschrauben im Gehäusekörper

Vorgaben zur Verwendung der Ringschrauben als Anschlagpunkte, *Bild 7*:

- Ringschrauben immer ganz ins Gehäuse einschrauben
- Sind für den Gehäusekörper mehrere Ringschrauben vorgesehen, immer alle Ringschrauben gleichzeitig als Anschlagpunkte verwenden
- Ringschrauben nur zum Heben des Gehäuses und, wenn für dieses Gehäuse erlaubt, des eingebauten Lagers verwenden. Eine höhere Belastung durch zusätzlich am Gehäuse befestigte Anbauteile ist nicht zulässig.



① Korrekte Verwendung der Ringschrauben als Anschlagpunkte
② Ringschrauben ganz einschrauben
③ Immer alle Ringschrauben gleichzeitig verwenden
④ Keine Zusatzbelastung durch Anbauteile

Bild 7
Korrekte Verwendung der Ringschrauben im Gehäusekörper

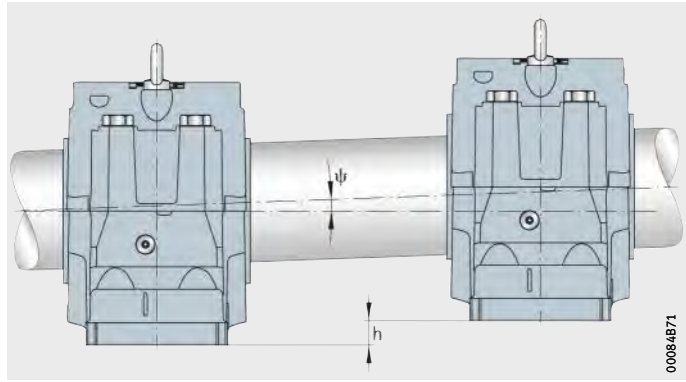
Lagergehäuse

Beschaffenheit der Aufspannfläche

Anforderungen an die Aufspannfläche, auf der das Gehäuse montiert wird:

- Ausreichend stabil, um die im Betrieb auftretenden statischen und dynamischen Beanspruchungen dauerhaft zu ertragen
- Oberflächenrauheit Ra ≦ 12,5
- Ebenheitstoleranz nach DIN EN ISO 1101 von IT7, gemessen über die Diagonale
- Farbfrei.

Ein Niveauunterschied zwischen den Aufspannflächen der Lagergehäuse führt zu einem Fluchtungsfehler der Welle, *Bild 8*.



ψ = Fluchtungsfehler der Welle
h = Niveauunterschied zwischen den Aufspannflächen

Bild 8
Fluchtungsfehler der Welle

Der zulässige Fluchtungsfehler hängt vom Gehäuse und der Dichtungsvariante ab. Die Niveauunterschiede sind so auszugleichen, dass der zulässige Fluchtungsfehler nicht überschritten wird. Dazu können Ausgleichsscheiben verwendet werden.

Zusätzlich muss sichergestellt sein, dass die verbauten Lager die auftretenden Fluchtungsfehler ausgleichen können.

Anziehdrehmomente für Verbindungsschrauben

Bei geteilten Gehäusen ist das erforderliche Anziehdrehmoment der Verbindungsschrauben für die obere und untere Gehäusehälfte anhand des Schaeffler-Katalogs GK 1, Lagergehäuse, zu ermitteln. Der Anziehvorgang sollte schrittweise und über Kreuz erfolgen.

Anziehdrehmomente für Fußschrauben

Fußschrauben dienen zur Verschraubung der Gehäuse auf der Aufspannfläche. Sie gehören nicht zum Lieferumfang der Gehäuse.

Die folgende Tabelle enthält Anziehdrehmomente für metrische Regelgewinde nach DIN 13, DIN 962 und DIN ISO 965-2 sowie Kopfauflagemaße nach DIN EN ISO 4014, DIN EN ISO 4017, DIN EN ISO 4032, DIN EN ISO 4762, DIN 6912, DIN 7984, DIN 7990 und DIN EN ISO 8673.

Die maximalen Anziehdrehmomente gelten bei 90%iger Ausnutzung der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffs 8.8 und bei einer Reibungszahl von 0,14. Wir empfehlen, die Fußschrauben mit zirka 70% dieser Werte anzuziehen, siehe Tabelle.

Anziehdrehmomente für Fußschrauben mit metrischem Gewinde nach DIN 13, DIN 962 und DIN ISO 965-2

Schrauben-Nenngröße	Maximales Anziehdrehmoment Nm	Empfohlenes Anziehdrehmoment Nm
M6	11,3	8
M8	27,3	20
M10	54	35
M12	93	65
M16	230	160
M20	464	325
M24	798	550
M30	1 597	1 100
M36	2 778	1 950
M42	3 991	2 750
M48	6 021	4 250
M56	9 650	6 750
M64	14 416	10 000
M72	21 081	14 500
M80	29 314	20 500
M90	42 525	29 500
M100	59 200	41 000

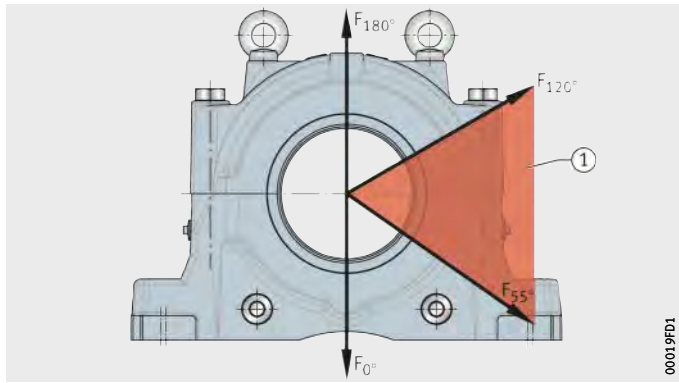
Horizontale Fixierung

Bei Stehlagergehäusen kann zusätzlich zu den Fußschrauben eine horizontale Fixierung des Gehäuses erforderlich sein.

Eine solche horizontale Fixierung ist erforderlich, wenn eine der folgenden Bedingungen vorliegt:

- Der Lastwinkel liegt zwischen 55° und 120°, *Bild 9*
- Es liegt eine axiale Belastung vor.

Je nach Gehäuse kann die Fixierung durch Anschläge in Lastrichtung oder durch Stifte vorgenommen werden.



① Bereich des Lastwinkels, der eine horizontale Fixierung des Gehäuses erfordert

Bild 9
Lastrichtungen an einem Stehlagergehäuse

Einbau von Wälzlagern

Einbauverfahren
Einbau von besonderen Bauformen

Einbau von Wälzlagern

Einbauverfahren

Seite

Einbau 70

Mechanischer Einbau 71
- Einbau bei zylindrischen Sitzen 71
- Einbau bei kegeligen Sitzen 73

Thermischer Einbau 78
- Induktives Anwärmgerät 80
- Heizplatte 81
- Ölbad 81
- Wärmeschrank 81
- Mittelfrequenztechnik 81

Hydraulischer Einbau 83
- Hydraulikmutter 83
- Druckölverfahren 85
- Kegelige Welle 86
- Abziehhülse 86
- Spannhülse 87
- Handpumpe 87

Einbau von besonderen Bauformen

Seite

Merkmale ... 88

Einbau von Schrägkugellagern und Kegelrollenlagern ... 88

Einbau von Axiallagern ... 91

Einbau von Werkzeugmaschinenlagerungen ... 92
- Hochgenauigkeitslager ... 92
- Einbau von Rundtischlagern ... 94
- Einbau von Lagern für Gewindetriebe ZKLF, ZKLN, ZKRN, ZARF, ZARN ... 94

Einbau von Toroidalrollenlagern ... 94
- Messen der Radialluft ... 95
- Freiräume an den Lagerstirnseiten und Anschlussmaße ... 95
- Axiale Positionierung des Lagers ... 96
- Hinweise zur Montage ... 96

Einbau von TAROL-Lagern ... 96

Einbau von vierreihigen Kegelrollenlagern ... 98

Einbau von Nadellagern ... 99
- Nadellager mit Borden ... 99
- Nadellager ohne Borde ... 100
- Einstell-Nadellager ... 101
- Kombinierte Nadellager ... 101

Einbau von Nadelhülsen und Nadelbüchsen ... 102
- Radiale und axiale Befestigung ... 102
- Montage mit Einpressdorn ... 103

Einbau von Nadelkränzen ... 104

Einbau von Seilscheibenlagern ... 104
- Richtlinien für den Einbau ... 105
- Einbau mit vormontiertem Sicherungsring ... 105

Einbau von Laufrollen ... 106
- Einbau von Stützrollen ... 106
- Einbau von Kurvenrollen ... 107
- Einschlag-Schmiernippel für Kurvenrollen ... 107
- Axiale Befestigung der Kurvenrollen ... 108
- Kurvenrollen mit Exzenter ... 108
- Inbetriebnahme und Nachschmierung ... 109

Einbauverfahren

Einbau

Wegen der verschiedenen Bauarten und Größen können Wälzlager nicht alle nach der gleichen Methode montiert werden. Man unterscheidet zwischen mechanischen, hydraulischen und thermischen Verfahren.

Beim Einbau nicht zerlegbarer Lager, *Bild 1*, müssen die Montagekräfte immer an dem fest gepassten Ring angreifen. Am lose gepassten Ring angreifende Kräfte würden von den Wälzkörpern übertragen, wodurch Laufbahnen und Wälzkörper beschädigt werden könnten. Ein Anwärmen des Gehäuses führt zu einer Aufweitung des Lagersitzes und erleichtert dadurch den Montagevorgang erheblich.

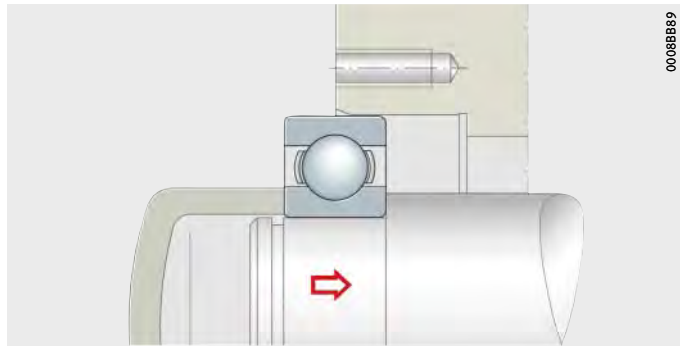


Bild 1
Einbau eines nicht zerlegbaren Lagers

Bei zerlegbaren Lagern, *Bild 2*, ist der Einbau einfacher; beide Ringe können einzeln montiert werden. Eine schraubende Drehung beim Zusammenbau hilft, Schürfmarken zu vermeiden.

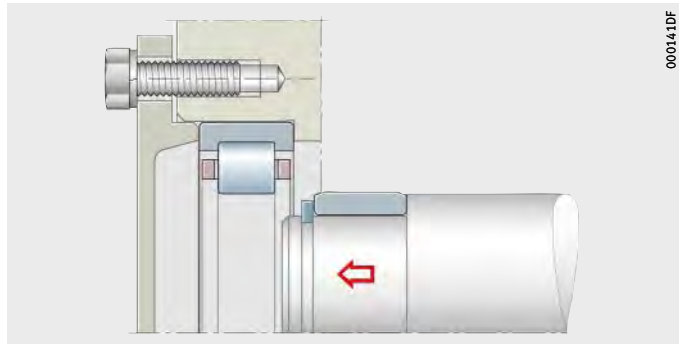


Bild 2
Einbau eines zerlegbaren Lagers

Mechanischer Einbau

Kleinere Wälzlager können bei einem nicht allzu strammen Lagersitz oftmals rein mechanisch montiert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass die hierbei aufgebrachten Kräfte nicht zu einer Beschädigung der Lager oder deren Sitzflächen führen. Die Verwendung geeigneter Werkzeuge und Einhaltung bestimmter Vorgaben hilft dies zu vermeiden.

Einbau bei zylindrischen Sitzen

Lager bis etwa 80 mm Bohrungsdurchmesser können bei einem zylindrischen Festsitz auf die Welle gepresst werden. Es empfiehlt sich, hierzu eine mechanische oder hydraulische Presse zu verwenden, *Bild 3*.

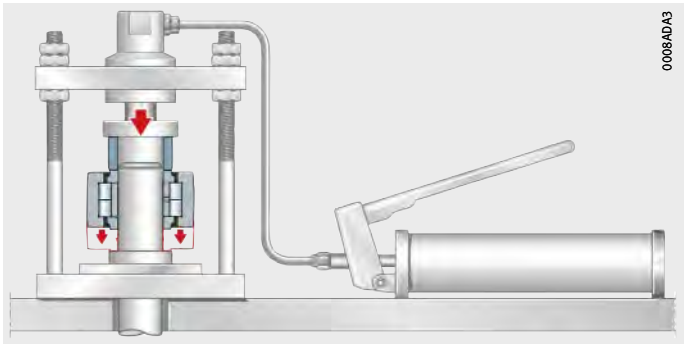


Bild 3
Einbau durch hydraulische Presse

Steht keine Presse zur Verfügung, dann kann man Lager mit einem Bohrungsdurchmesser bis 50 mm bei nicht zu starken Passungen auch mit leichten Hammerschlägen auf die Welle treiben.
Da die gehärteten Lagerringe empfindlich gegen Schlagbeanspruchung sind, empfiehlt sich die Verwendung von Schlagbüchsen aus Aluminium und Schlagringen aus Kunststoff, bei denen die Montagekräfte durch Formschluss übertragen werden. Auch Buchsen, Zwischenringe, Dichtungen und ähnliche Teile lassen sich auf diese Weise montieren, *Bild 4*.

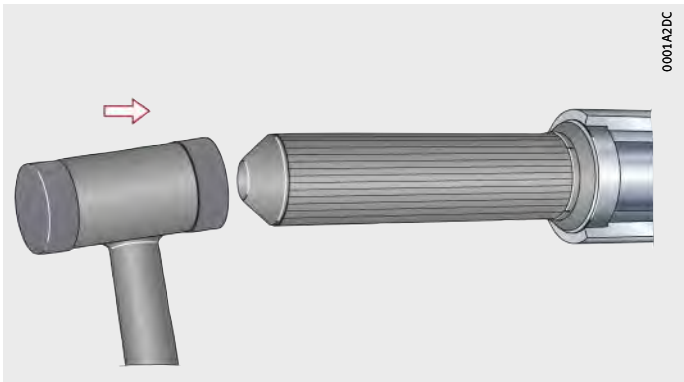
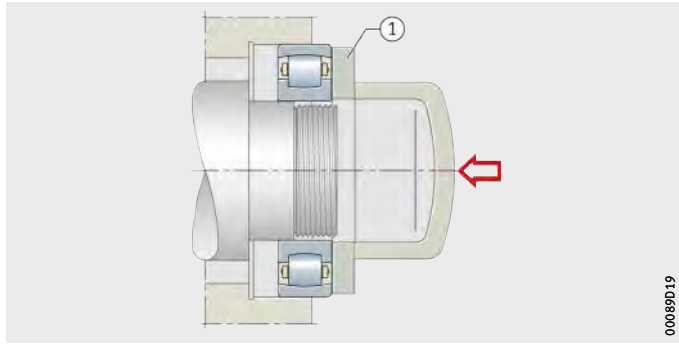


Bild 4
Einbau mit Schlagbuchse

Einbauverfahren

Bei den Abmessungen der Schlagbuchse oder des Schlagrings ist darauf zu achten, dass die Montagekräfte über einen möglichst großen Umfang aufgebracht werden, aber auch keine Gefahr besteht, dass der Käfig oder die Wälzkörper beschädigt werden.

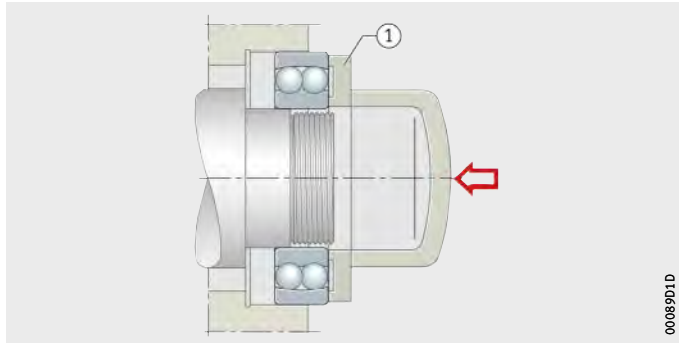
Soll ein Lager gleichzeitig auf die Welle gepresst und in das Gehäuse eingeführt werden, dann muss man eine Scheibe verwenden, die an beiden Lagerringen anliegt; dadurch wird ein Verkanten des Außenrings im Gehäuse vermieden, *Bild 5*.



① Montagescheibe

Bild 5
Gleichzeitiges Aufpressen mit Montagescheibe

Bei einigen Lagern stehen die Wälzkörper oder der Lagerkäfig seitlich vor. Hier ist die Scheibe auszudrehen, *Bild 6*.



① Montagescheibe

Bild 6
Aufpressen von Pendelkugellagern mit angepasster Montagescheibe

Sind sehr feste Passungen vorgeschrieben, dann sollte man auch kleine Lager warm montieren, siehe Seite 78.

Bei Gehäusen aus Leichtmetall oder mit einer Presspassung könnten die Sitzflächen verletzt werden, wenn der Außenring in die Gehäusebohrung gepresst wird. In diesem Fall ist das Gehäuse anzuwärmen.

Einbau bei kegeligen Sitzen

Lager mit kegeliger Bohrung werden entweder unmittelbar auf der kegeligen Welle oder mit einer Spann- oder Abziehhülse auf der zylindrischen Welle befestigt.

Vor der Montage sind die Lagerbohrung sowie die Sitzflächen von Welle und Hülse zu reinigen. Ebenso sollten keine Montagepaste oder ähnliche Schmiermittel verwendet werden. Eine Schmierstoffschicht würde zwar die Reibung verringern und damit den Einbau erleichtern; im Betrieb wird der Schmierstoff jedoch allmählich aus der Passfuge herausgequetscht. Dadurch geht der feste Sitz verloren, der Ring oder die Hülse beginnt zu wandern und die Oberflächen fressen.

Beim Aufschieben des Lagers auf den Kegel wird der Innenring aufgeweitet und die Radialluft dadurch verringert. Die Radialluftverminderung ist deswegen ein Maß für den Sitzcharakter des Innenrings.

Die Radialluftverminderung ergibt sich aus der Differenz zwischen der Radialluft vor und nach dem Lagereinbau. Die Radialluft muss zunächst vor dem Einbau gemessen werden; beim Aufpressen auf den Kegel ist die Radialluft dann ständig zu kontrollieren, bis die notwendige Luftverminderung und damit der erforderliche Festsitz erreicht ist, *Bild 7*.

Bild 7
Messen der Radialluft mit Fühlerlehren

Bei abgedichteten Lagern entfällt die Messung der Radialluft!

Anstelle der Radialluftverminderung kann der axiale Verschiebeweg auf dem Kegel gemessen werden. Bei dem normalen Kegel 1:12 der Innenringbohrung entspricht der Verschiebeweg etwa dem Fünfzehnfachen der Radialluftverminderung. In dem Faktor 15 ist berücksichtigt, dass sich das Übermaß der Passflächen nur zu 75% bis 80% als Aufweitung der Innenringlaufbahn auswirkt.

Falls weder die Radialluftverminderung oder der Verschiebeweg sicher ermittelt werden können, sollte das Lager nach Möglichkeit außerhalb des Gehäuses aufgezogen werden. Das Lager darf dabei nur so weit aufgepresst werden, dass es sich noch leicht dreht und der Außenring sich leicht von Hand ausschwenken lässt. Der Monteur muss ein Gefühl dafür haben, wann das aufgesetzte Lager noch frei läuft.

Wird ein demontiertes Lager wieder eingebaut, genügt es nicht, die Haltemutter in ihre frühere Stellung zu bringen. Nach längeren Betriebszeiten lockert sich nämlich der Sitz, weil sich das Gewinde setzt und sich die Sitzflächen glätten. Die Radialluftverminderung, der Verschiebeweg oder die Aufweitung muss also auch in diesem Fall gemessen werden.

Zum Aufpressen des Lagers auf den Kegelsitz oder zum Einpressen einer Abziehhülse benutzt man mechanische oder hydraulische Vorrichtungen. Welche Montageart im Einzelfall zu wählen ist, hängt von den Einbauverhältnissen ab.

Hakenschlüssel

Hakenschlüssel eignen sich zum Anziehen beziehungsweise Lösen von Nutmuttern (Präzisionsmuttern) auf Wellen, Spann- oder Abziehhülsen, *Bild 8*. Mithilfe der Hakenschlüssel kann man kleine und mittelgroße Wälzlager auf kegeligen Wellensitzen, auf Spannhülsen oder Abziehhülsen montieren. Wenn kein Drehmoment vorgegeben ist, sind für Nutmuttern beziehungsweise Präzisionsmuttern Gelenk-Hakenschlüssel, Gelenk-Zapfenschlüssel und Gelenk-Stirnlochschlüssel verwendbar.

Bild 8
Hakenschlüssel

Kleine Lager mit Spannhülse werden mit der Spannhülsenmutter und einem Hakenschlüssel auf den kegeligen Sitz der Hülse geschoben, *Bild 9*.

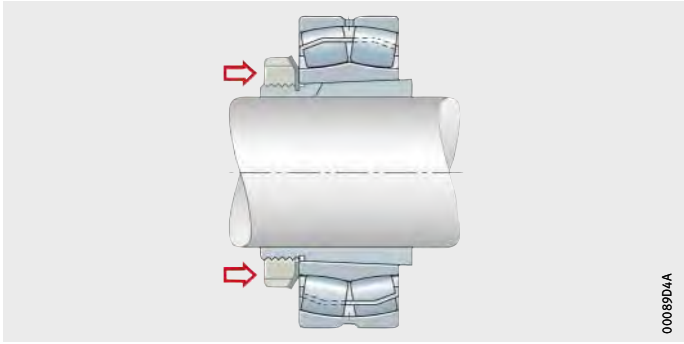


Bild 9
Aufpressen eines Pendelrollenlagers auf eine Spannhülse mit der Spannhülsenmutter

Kleine Abziehhülsen werden mit der Wellenmutter in den Spalt zwischen Welle und Innenring gepresst, *Bild 10*.

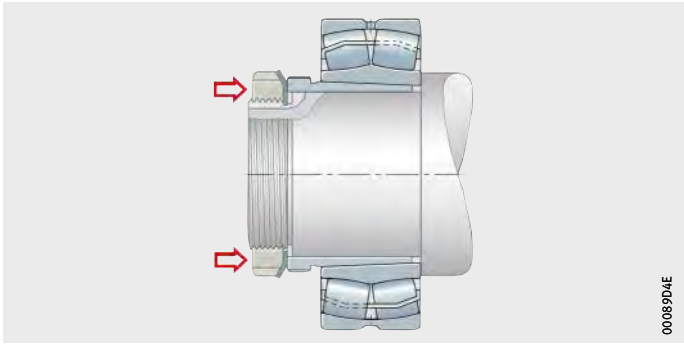


Bild 10
Einpressen einer Abziehhülse mit der Wellenmutter

Doppelhakenschlüssel

Die Doppelhakenschlüsselsätze sind für den Einbau von kleineren Pendelkugel- und Pendelrollenlagern auf Spannhülsen bestimmt. Sie enthalten Drehmomentschlüssel zur genauen Bestimmung der Montageausgangsstellung vor dem Aufschieben des Lagers.

Auf jeden Doppelhakenschlüssel sind Verdrehwinkel eingraviert, so dass Aufschiebeweg und Radialluftverminderung exakt eingestellt werden können, *Bild 11*.

Das Messen der Radialluft gerade bei kleineren Pendelkugellagern und Pendelrollenlagern ist sehr aufwendig. Ist das Lager in einem Gehäuse eingebaut, ist das Messen der Radialluft in manchen Fällen nicht möglich.

Oft wird daher auf eine Messung verzichtet und mit der bisher üblichen Methode die Radialluft nur grob geschätzt. Dabei wird das Wälzlager auf die Spannhülse so weit aufgepresst, bis sich der Außenring noch frei drehen lässt und beim Ausschwenken ein leichter Widerstand zu spüren ist.

Bei der von uns empfohlenen Methode kann die Radialluft sehr genau eingestellt werden. Die Radialluft wird in zwei Schritten verringert. Zuerst wird die Nutmutter mit einem vorgegebenen Anziehdrehmoment leicht angezogen. Dadurch wird eine exakt definierte Ausgangsposition erreicht und im zweiten Schritt wird die Radialluft sehr genau eingestellt.

Dann wird die Nutmutter um einen festgelegten Winkel angezogen. Nun ist die Radialluft um die empfohlenen 60% bis 70% verringert.

Bild 11
Montage mittels Doppelhakenschlüssel

Wellenmutter mit Druckschrauben

Bei größeren Lagern sind zum Anziehen der Mutter erhebliche Kräfte notwendig. In solchen Fällen erleichtert die in *Bild 12* gezeigte Wellenmutter mit Druckschrauben den Einbau. Zwischen Mutter und Hülse sollte ein Distanzring eingelegt werden, um Beschädigungen an der Hülse zu vermeiden.

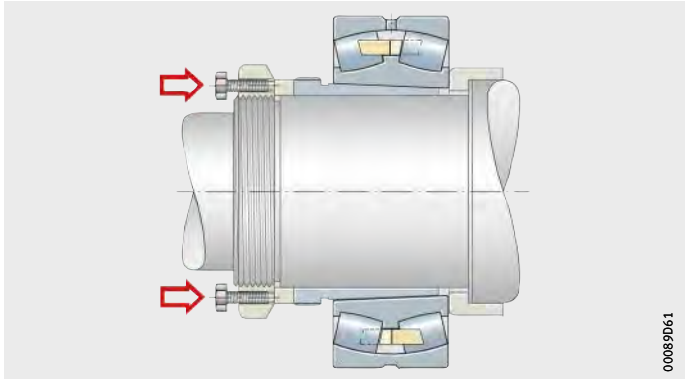


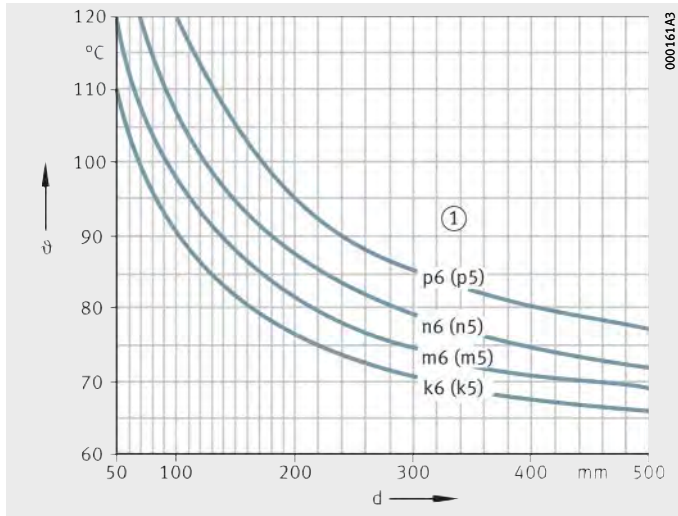
Bild 12
Montage mittels Wellenmutter mit Druckschrauben

Damit das Lager oder die Hülse nicht verkanten, zieht man die Mutter zunächst nur so weit an, bis Mutter und Montagering satt anliegen. Die auf dem Umfang gleichmäßig verteilten Druckschrauben aus vergütetem Stahl – ihre Anzahl richtet sich nach den erforderlichen Kräften – werden dann so lange gleichmäßig im Kreis angezogen, bis die geforderte Radialluftverminderung erreicht ist.
Da die Kegelverbindung selbsthemmend ist, kann die Vorrichtung dann abgenommen und das Lager mit der eigentlichen Haltemutter gesichert werden. Das Prinzip lässt sich auch bei Lagern anwenden, die auf einer Spannhülse oder unmittelbar auf einem kegeligen Zapfen befestigt werden.

Bei der Montage größerer Lager ist es angebracht, zum Aufschieben des Lagers oder zum Einpressen der Hülse hydraulische Verfahren zu benutzen. Weitere Informationen zu dieser Vorgehensweise finden Sie auf Seite 83.

Thermischer Einbau

Lager mit zylindrischer Bohrung sind vor dem Einbau anzuwärmen, wenn ein Festsitz auf der Welle vorgesehen ist und der Aufwand für mechanisches Aufpressen zu hoch ist. Die für die Montage erforderliche Temperatur zeigt *Bild 13*. Die Angaben gelten für maximales Passungsübermaß, eine Raumtemperatur von +20 °C und die Sicherheits-Übertemperatur von 30 K.



ϑ = Anwärmtemperatur
d = Durchmesser des Lagers

① Wellentoleranz

Bild 13
Temperatur

Beim Anwärmen der Lager muss die Temperatur genau kontrolliert werden. Ein zu großer Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Komponenten kann zu Verspannungen innerhalb des Lagers und dadurch zu Beschädigungen führen. Bei allen nicht zerlegbaren Wälzlagern, zum Beispiel Pendelrollenlagern, gilt, dass die vorhandene Radialluft durch den Temperaturunterschied der Lagerkomponenten relativ schnell aufgebraucht wird und sich die Wälzkörper in die Laufbahn der kälteren Komponente drücken können. Zudem darf üblicherweise eine maximale Anwärmtemperatur von +120 °C nicht überschritten werden, damit sich das Gefüge und die Härte des Lagers nicht ändern. Des weiteren ist die maximale Temperatur des Konservierungsmittel zu beachten.

Lager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid sowie abgedichtete oder bereits gefettete Lager dürfen beim Einbau bis maximal +80 °C angewärmt werden, jedoch nicht im Ölbad.

Nach dem Erwärmen werden die Teile schnell und ohne Verkanten in einem Zug bis zum Anschlag an der Sitzstelle aufgeschoben. Eine leicht schraubende Drehung beim Aufsetzen auf die Welle erleichtert das zügige Montieren. Beim Einbau der erwärmten Teile sind Schutzhandschuhe zu tragen, *Bild 14*.

Bei strammen Passungen in Gehäusen, also bei Umfangslast für den Außenring, kann zur Unterstützung auch das Gehäuse erwärmt werden.

Bild 14
Aufziehen angewärmter Lagerteile

Nach dem Aufschieben ist der Innenring sofort gegen seine axiale Anlage zu spannen und bis zum Erkalten unter Spannung zu halten, damit er danach satt anliegt. Auch zwischen zwei nebeneinandersitzenden Ringen darf kein Spalt bleiben.

Induktives Anwärmgerät

Schnell, sicher und vor allem sauber werden Wälzlager mit induktiven Anwärmgeräten, die nach dem Transformatorprinzip arbeiten, auf Montagetemperatur gebracht. Die Geräte werden vor allem bei Serienmontagen eingesetzt.

Mit den Anwärmgeräten erwärmt man Wälzlager aller Bauarten, auch gefettete und abgedichtete Lager. Das kleinste Anwärmgerät wird für Lager ab 10 mm Bohrung verwendet, *Bild 15*.
Das maximale Lagergewicht für das hier abgebildete Anwärmgerät beträgt zum Beispiel 50 kg.

Bild 15
Kleines Anwärmgerät

Der Einsatzbereich des größten Anwärmgeräts beginnt bei 90 mm Bohrung, *Bild 16*. Das schwerste Werkstück darf 1 600 kg betragen.

Bild 16
Großes Anwärmgerät

Nach dem Anwärmvorgang erfolgt eine automatische Entmagnetisierung des Lagers. Weitere Details zu induktiven Anwärmgeräten sind der TPI 200, FAG-Anwärmgeräte zum Einbau von Wälzlagern, zu entnehmen.

Heizplatte

Auf temperaturgeregelten Heizplatten werden Wälzlager oder kleine Maschinenteile durch Kontaktwärme aufgewärmt. Hierbei ist jedoch auf eine gleichmäßige Erwärmung des gesamten Lagers zu achten.

Zwischen eine nicht temperaturgeregelte Heizplatte und den Innenring eines Lagers mit Polyamidkäfig legt man einen Ring oder eine Scheibe ein.

Ölbad

Außer abgedichteten, gefetteten und Genauigkeitslagern können Wälzlager aller Größen und Bauarten im Ölbad erwärmt werden. Zum Anwärmen muss ein sauberes Öl mit einem Flammpunkt über +250 °C verwendet werden. Zweckmäßig ist eine thermostatische Regelung (Temperatur +80 °C bis +120 °C). Damit sich die Lager gleichmäßig erwärmen und sich in ihnen keine Verschmutzungen absetzen, sind sie auf einen Rost zu legen oder ins Ölbad zu hängen. Nach dem Anwärmen muss das Öl gut abtropfen und alle Pass- und Anlageflächen sind sorgfältig abzuwischen.

Bei diesem Verfahren Unfallgefahr, Umweltbelastung durch Öldämpfe und Brennbarkeit des heißen Öls beachten!

Wärmeschrank

Eine sichere und saubere Methode ist es, Wälzlager in einem Wärmeschrank anzuwärmen. Die Temperatur wird mit einem Thermostat geregelt und daher sehr genau eingehalten.
Ein Verschmutzen der Lager ist praktisch ausgeschlossen.
Nachteilig ist, dass das Anwärmen in heißer Luft verhältnismäßig lange dauert und vergleichsweise zeit- und energieintensiv ist.

Mittelfrequenztechnik

Mit Hilfe der FAG-Mittelfrequenztechnikanlagen werden auch sehr große und schwere Lager sowie andere Bauteile von Schrumpfverbindungen induktiv zum Fügen und Lösen erwärmt. Aufgrund seiner kompakten Bauweise ist das Gerät auch mobil einsetzbar.

Das Anwärmgerät besteht aus dem Mittelfrequenzgenerator und einem Induktor, *Bild 17*, Seite 82. Je nach Anwendung kann dieser entweder flexibel oder fest sein. Die flexible Version ähnelt einem Kabel,
das entweder in der Bohrung oder außen am Werkstück platziert wird. Flexible Induktoren eignen sich für unterschiedlich große und geformte Werkstücke bei Anwärmtemperaturen und sind je nach Ausführung bis +180 °C oder +300 °C dauerbelastbar.

Einbauverfahren

Bild 17
FAG-Mittelfrequenzanwärmgerät

Bei Anwendungen in der Serienfertigung, wo gleiche Bauteile in großer Stückzahl montiert werden, steht weniger die Flexibilität im Vordergrund als verkürzte Rüstzeiten und eine erhöhte Prozesssicherheit. Hierfür eignen sich feste Induktoren.
Bei dieser Ausführung wird die Spule in einem an das Werkstück angepassten Gehäuse verbaut und kann somit schnell und einfach in der Erwärmungszone platziert werden. Feste Induktoren können im Gegensatz zu der flexiblen Variante auch für kleine Bauteile verwendet werden.

Bei der Erwärmung von nicht zerlegbaren Lagern muss zuerst der Außenring erwärmt werden, damit die Lagerluft erhalten bleibt und eine Beschädigung des Lagers verhindert wird!

Die Anlagen werden für den konkreten Anwendungsfall ausgelegt! Bitte kontaktieren Sie die Anwendungsexperten bei Schaeffler!

Vorteile

- Vielfältige Einsatzmöglichkeiten durch flexible Induktoren
- Leichter Transport – überall einsetzbar
- Schnelles, energieeffizientes Arbeiten
- Kurze Anwärmzeiten und hohe Produktivität.

Weitere Informationen

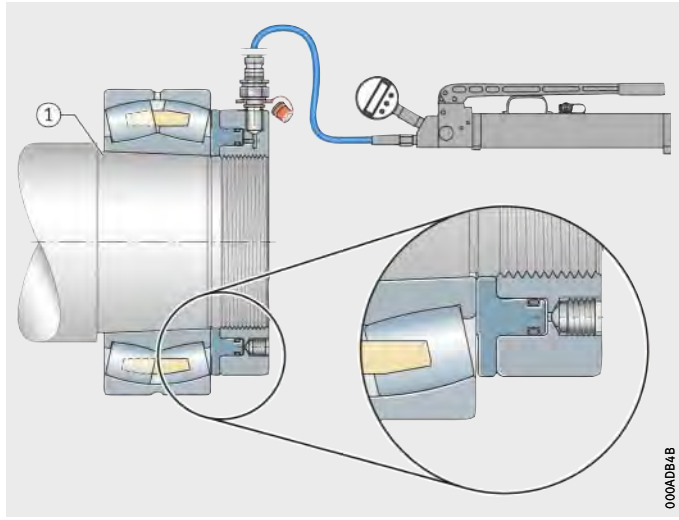
- TPI 217, Induktionsanlagen mit Mittelfrequenztechnik.

Hydraulischer Einbau

Beim hydraulischen Einbau können große Kräfte aufgebracht werden. Deshalb eignen sich diese Methoden besonders für den Einbau von großen Lagern mit kegeliger Bohrung. Als Montagewerkzeug werden Hydraulikmuttern eingesetzt. Zur Druckerzeugung dienen Ölinjektoren, Handpumpen oder Hydraulikaggregate.

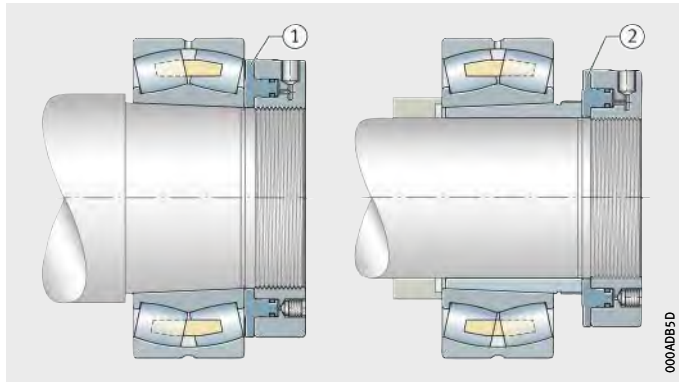
Hydraulikmutter

Mit Hydraulikmuttern presst man Bauteile mit kegeliger Bohrung auf ihren kegeligen Sitz, *Bild 18* und *Bild 19*, Seite 84.
Diese Werkzeuge werden vor allem dann verwendet, wenn andere Hilfsmittel, zum Beispiel Wellenmuttern oder Druckschrauben, die erforderlichen Aufpresskräfte nicht mehr aufbringen können.
Hydraulikmuttern bestehen aus einem Ringkolben und einem Pressenkörper. Das Mutterngewinde ist je nach Größe ein metrisches Feingewinde oder ein Trapezgewinde. Zöllige Ausführungen sind ebenfalls verfügbar. Der Ölanschluss ist größenunabhängig immer als $G^{1}/_{4}$ ausgeführt. Der notwendige Verschiebeweg wird mittels einer Messuhr überprüft.



① Montage auf einem kegeligen Sitz

Bild 18
Einbau eines Pendelrollenlagers mit einer Hydraulikmutter



① Aufpressen auf eine Spannhülse
② Einpressen einer Abziehhülse

Bild 19
Einbau eines Pendelrollenlagers mit einer Hydraulikmutter

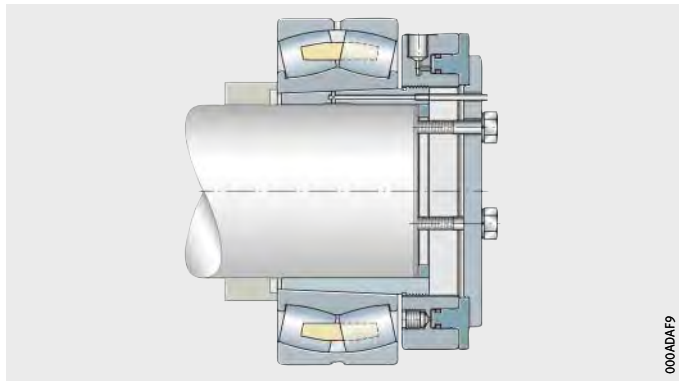


Bild 20
Einbau eines Pendelrollenlagers mit Abziehhülse und Druckplatte (bei Anwendung des Hydraulikverfahrens)

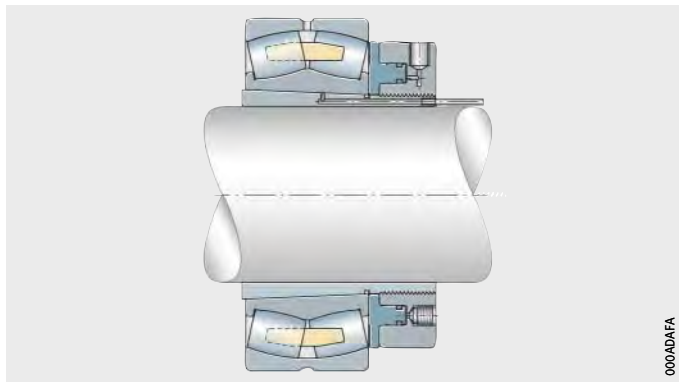
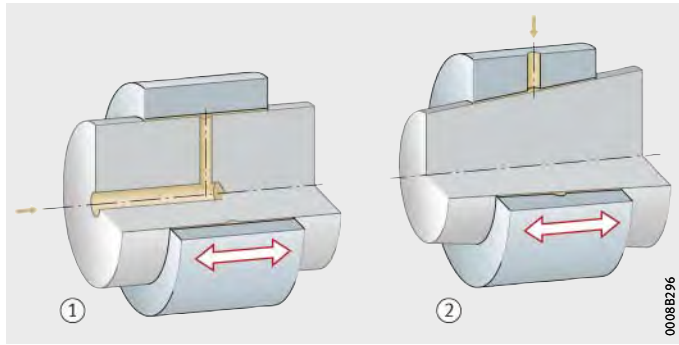


Bild 21
Einbau eines Pendelrollenlagers mit Abziehhülse und Stützring (bei Anwendung des Hydraulikverfahrens)

Druckölverfahren

Beim Druckölverfahren wird Öl zwischen die Passflächen gepresst, *Bild 22*. Diese Methode eignet sich besonders für den Einbau von großen Lagern mit kegeliger Bohrung auf eine konische Welle oder eine Spann- oder Abziehhülse. Der Ölfilm hebt die Berührung der Passteile weitgehend auf, so dass sie mit geringem Kraftaufwand ohne Gefahr einer Oberflächenbeschädigung gegeneinander verschoben werden können. Passungsrost wird durch Petroleum oder rostlösende Zusätze im Öl aufgelockert.



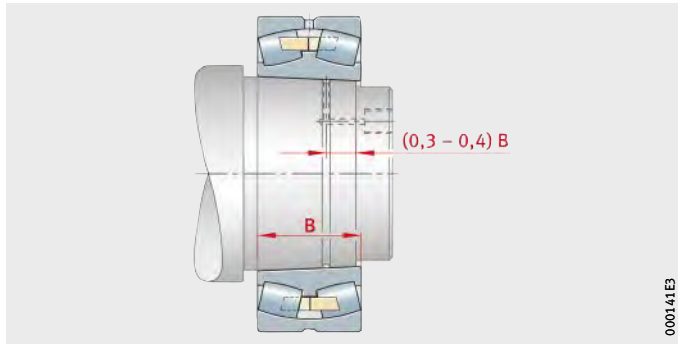
① Zylindrische Sitzfläche
② Kegelige Sitzfläche

Bild 22
Prinzip der Hydraulikmontage: Aufbau eines Flüssigkeitsfilms zwischen den Passflächen

Für das Einpressen des Öls müssen Ölnuten und Zuführungskanäle sowie Anschlussgewinde für die Druckerzeuger vorgesehen sein. Die Breite der Ölnut richtet sich nach der Lagerbreite, *Bild 23*, Seite 86. Weitere Konstruktionsrichtlinien sind der FAG-Druckschrift WL 80102, Hydraulikverfahren zum Ein- und Ausbau von Wälzlagern, zu entnehmen. Als Montagewerkzeug werden Hydraulikmuttern eingesetzt. Zur Druckerzeugung dienen in der Regel Handpumpen und Hydraulikaggregate. In Einzelfällen können auch Ölinjektoren verwendet werden.

Ein Montageblech verhindert, dass die Hülse oder der Lagerring beschädigt wird. Beim Einpressen der Abziehhülse, *Bild 25*, Seite 86, wird der Ölanschluss durch die Wellenmutter geführt. Der Verschiebeweg des Lagers oder der Abziehhülse wird nach der erforderlichen Radialluftverminderung festgelegt. Zum Messen der Radialluft muss das Lager vom Öldruck entlastet werden.

Nach dem Ablassen des Drucköls dauert es noch 10 Minuten bis 30 Minuten, bis das Öl völlig aus der Passfuge entwichen ist. Während dieser Zeit muss die axiale Vorspannung weiterwirken. Danach wird die Montagevorrichtung (Mutter mit Druckschrauben oder Hydraulikmutter) abgenommen, und die Wellen- oder Nutmutter wird aufgeschraubt und gesichert.



B = Breite des Lagers

Bild 23
Empfohlene Breite für Ölnuten

Kegelige Welle

Bei einem unmittelbaren Lagersitz auf einer kegeligen Welle wird das Öl zwischen die Passflächen gedrückt und das Lager gleichzeitig mit Schrauben oder einer Mutter auf den Kegel gepresst. Dabei wird die Radialluftverminderung oder der axiale Verschiebeweg gemessen, *Bild 24*.

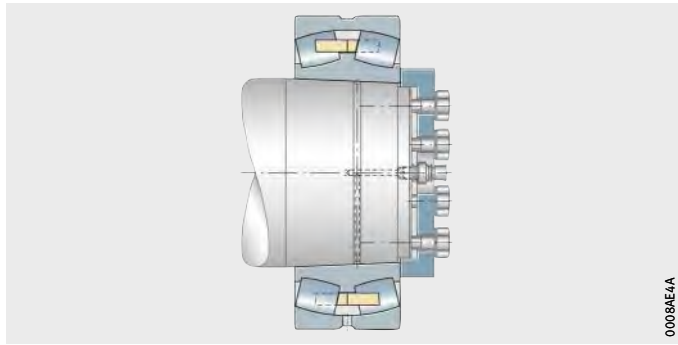


Bild 24
Lagersitz auf der Welle

Abziehhülse

Bei einem Lagersitz auf der Abziehhülse wird das Öl zwischen die Passflächen gedrückt und die Abziehhülse mit Schrauben oder einer Mutter in die Lagerbohrung gepresst. Das Öl wird hierbei durch die Wellenmutter geführt. Dabei wird die Radialluftverminderung gemessen, *Bild 25*.

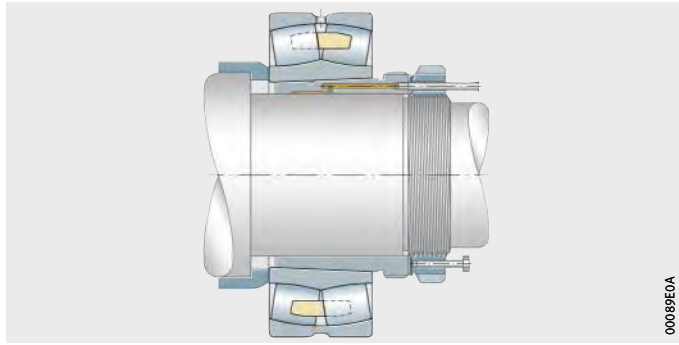
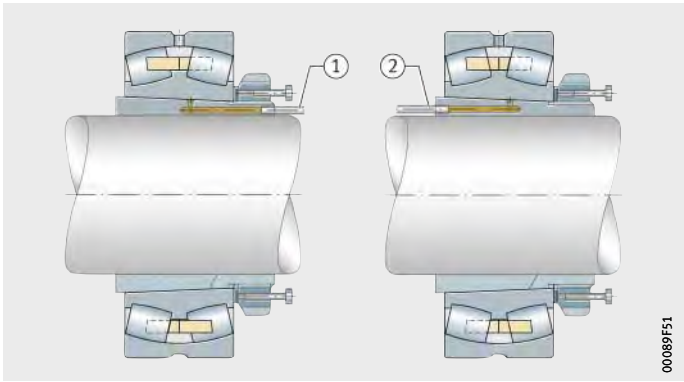


Bild 25
Lagersitz auf der Abziehhülse

Spannhülse

Bei einem Lagersitz auf der Spannhülse wird das Öl zwischen die Passflächen gedrückt und das Lager mit Schrauben oder einer Mutter auf die Spannhülse gepresst. Dabei wird die Radialluftverminderung gemessen, *Bild 26*.



① Ölanschluss auf der Gewindeseite
② Ölanschluss auf der Kegelseite

Bild 26
Lagersitz auf der Spannhülse

Handpumpe

Bei der hydraulischen Montage wird der Druckaufbau des Öls meist mittels einer Handpumpe vorgenommen, *Bild 27*.

Als Druckflüssigkeit verwendet man ein Maschinenöl mittlerer Viskosität. Für den Einbau wird ein möglichst dünnflüssiges Öl mit einer Viskosität von ≈ 75 mm^2/s bei +20 °C (Nennviskosität 32 mm^2/s bei +40 °C) empfohlen, damit das Öl nach der Montage restlos aus der Passfuge entweicht.

Bild 27
FAG-Handpumpensatz

Merkmale

Die Wahl des geeigneten Montageverfahrens richtet sich sowohl nach der Lagerbauform als auch nach der Umgebungskonstruktion und den jeweiligen Abmessungen, siehe Seite 192. Bei einigen Wälzlagerbauformen muss bei der Montage auf bestimmte Besonderheiten geachtet oder nach einer bestimmten Vorgehensweise vorgegangen werden, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Weitere Details finden Sie in den produktspezifischen Katalogen und Broschüren. Maßgeblich für die korrekte Montage ist jedoch immer die anwendungsbezogene Montageanleitung.

Einbau von Schrägkugellagern und Kegelrollenlagern

Schrägkugellager und Kegelrollenlager werden stets paarweise eingebaut. Die Axialluft und damit auch die Radialluft zweier gegeneinander angestellter Lager werden bei der Montage eingestellt. Dabei richtet sich die Größe der Luft oder der Vorspannung nach den betrieblichen Anforderungen. Schrägkugellager der Universalausführung kann man in jeder beliebigen Anordnung unmittelbar nebeneinander einbauen.

Hohe Belastungen und hohe Drehzahlen führen zu einer Erwärmung der Lagerstelle. Infolge der Wärmedehnung kann sich die bei der Montage eingestellte Lagerluft im Betrieb ändern. Ob sich dabei die Luft vergrößert oder verringert, hängt von der Anordnung und Größe der Lager, von den Werkstoffen der Welle und des Gehäuses sowie von dem Abstand der beiden Lager ab.

Wird eine möglichst enge Führung der Welle verlangt, dann stellt man die Luft stufenweise ein. Dabei muss jeder Nachstellung ein Probelauf folgen, bei dem die Temperatur kontrolliert wird. So ist sichergestellt, dass die Luft nicht zu klein wird und dadurch die Lauftemperatur zu hoch ansteigt. Bei den Probeläufen „setzt“ sich die Lagerung, so dass sich die Luft kaum noch ändert.

Als Anhaltspunkt für die richtige Lagertemperatur bei mittlerer bis hoher Drehzahl und mittlerer Belastung gilt: Wenn keine Fremderwärmung vorliegt, darf eine richtig angestellte Lagerung beim Probelauf eine Temperatur von etwa +60 °C bis +70 °C erreichen; die Temperatur sollte aber nach etwa zwei- bis dreistündigem Betrieb abfallen, besonders bei Fettschmierung, wenn das überschüssige Fett aus dem Lagerinnenraum heraus gedrängt worden ist und die Walkarbeit zurückgeht.

Lager, die bei geringer Drehzahl Erschütterungen ausgesetzt sind, werden spielfrei oder sogar mit Vorspannung eingebaut, da sonst Gefahr besteht, dass sich die Wälzkörper in die Rollbahnen einschlagen. Schrägkugellager und Kegelrollenlager werden gegeneinander angestellt durch Spannmuttern auf der Welle, *Bild 1*, durch Passscheiben, *Bild 2*, oder Gewinderinge im Gehäuse.

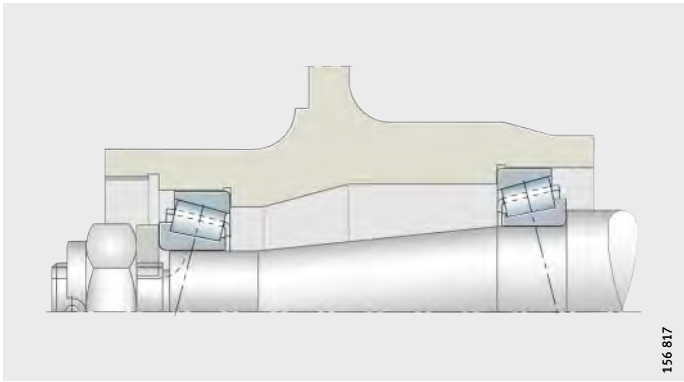


Bild 1
Anstellen der Kegelrollenlager eines Losrades mit der Achsschenkelmutter

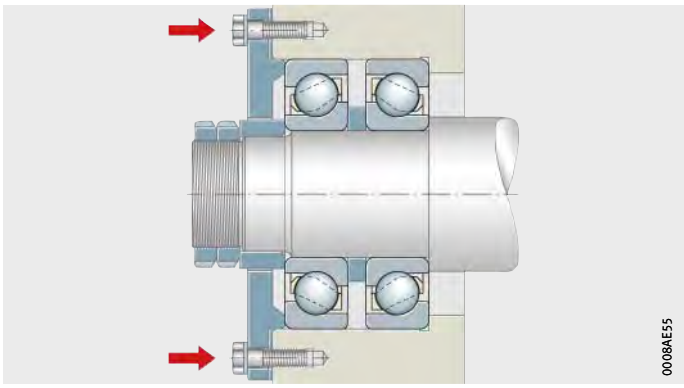


Bild 2
Axiale Befestigung eines Schrägkugellagerpaares – Lufteinstellung mit Passscheibe

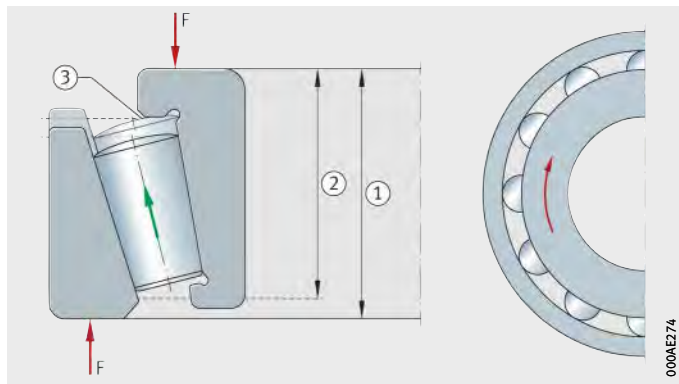
Die Axialluft oder die Vorspannung einer einstellbaren Lagerung wird – ausgehend vom spielfreien Zustand – durch Lösen oder Anziehen der Spannmutter beziehungsweise durch Beilegen von kalibrierten Blechen eingestellt. Axialluft und Vorspannung können mit Hilfe der Gewindesteigung in Umdrehungen der Spannmutter umgerechnet werden.

Der Übergang von der Lagerluft zur Vorspannung wird während des Anstellvorgangs gesucht, indem man die Welle ständig von Hand dreht und gleichzeitig die Bewegungsmöglichkeit der Welle mit einer Messuhr kontrolliert.

Einfacher findet man die richtige Einstellung mit einem Drehmomentschlüssel. Die Spannmutter wird je nach Lagergröße mit dem vorgeschriebenen Drehmoment angezogen. Durch Zurückdrehen der Spannmutter um etwa $^{1}/_{12}$ Umdrehung erhält man die erforderliche Luft.

Bei Kegelrollenlagern ist darauf zu achten, dass die Wälzkörper bei der Montage am Führungsbord anliegen. Dadurch wird eine Betriebsspiel-Vergrößerung des Lagers durch spätere Setzeffekte verhindert. Um das zu erreichen, muss das Lager während der Montage mehrere Umdrehungen eingedreht werden. Hierdurch wandern die Wälzkörper aus Ihrer undefinierten Ausgangsposition in die gewünschte Kontaktposition mit dem Führungsbord. Diesen Vorgang nennt man „Eindrehen“. Das Anliegen der Rollen am Bord ist nach dem Vorgang zu prüfen, zum Beispiel mit Hilfe einer Fühlerlehre.

Hierbei sind Verkippungen der Ringe zueinander zu vermeiden!



① Bauhöhe vor dem Eindrehen
② Bauhöhe nach dem Eindrehen
③ Abstand („Gap“)

Bild 3
Eindrehvorgang

Bei zusammengepassten und mehrreihigen Kegelrollenlagern, *Bild 4* und *Bild 5*, wird die Axialluft durch die Breite des Zwischenrings festgelegt.

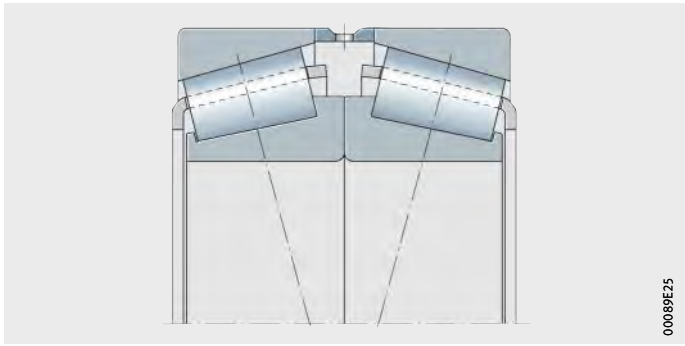


Bild 4
Zusammengepasste Kegelrollenlager in X-Anordnung (Nachsetzzeichen N11CA)

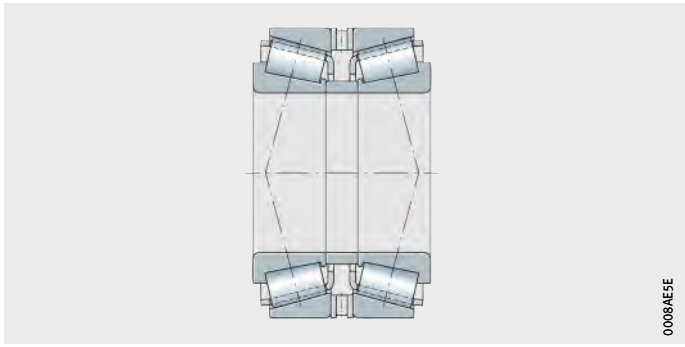
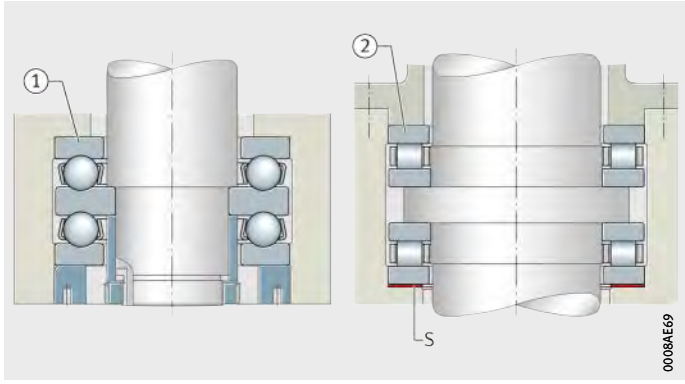


Bild 5
Zweireihiges Kegelrollenlager in O-Anordnung

Einbau von Axiallagern

Bei Axiallagern erhalten die Wellenscheiben normalerweise Übergangssitz und nur in Ausnahmefällen Festsitz, die Gehäusescheiben dagegen immer einen losen Sitz. Bei zweiseitig wirkenden Axiallagern wird die Mittelscheibe axial festgespannt, *Bild 6*.



① Spielfrei angestelltes, zweiseitig wirkendes Axial-Rillenkugellager
② Mit Passscheibe S vorgespanntes Axial-Zylinderrollenlager

Bild 6
Spielfrei angestellte Axiallager

Einbau von Werkzeugmaschinenlagerungen

Bei Werkzeugmaschinenspindeln ist die richtige Einstellung der Lagerluft besonders wichtig, denn von ihr hängt die Qualität der Werkstücke ab, die auf der Maschine hergestellt werden.
Damit man beim Einbau der Lager die vom Konstrukteur geforderte Betriebsluft oder die Vorspannung genau einstellen kann, hat Schaeffler eigene Messgeräte entwickelt.

Hochgenauigkeitslager

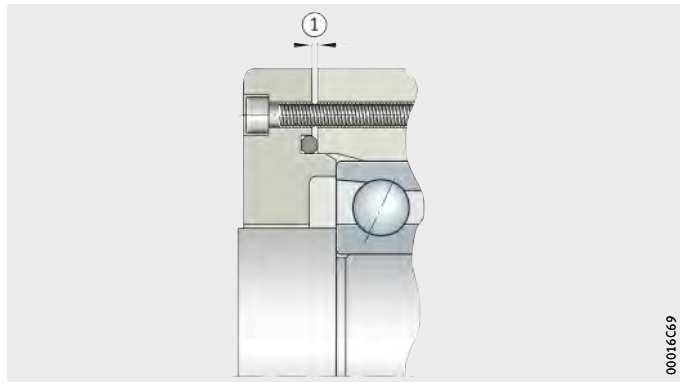
Zu den Hochgenauigkeitslagern zählen:

- Spindellager
- Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager
- Axial-Schrägkugellager.

Anpassvorgänge

Um eine optimale Leistung zu erhalten oder eine genaue Position der Spindel zum Gehäuse zu erzielen, ist es oft notwendig, spezielle Anpassungen der Bauteile vorzunehmen. Dies betrifft beispielsweise den Deckel, mit dem die Lager verspannt werden. Vor dem Verspannen sollte ein Spalt vorliegen, *Bild 7*.

Eine Anpassung von Zwischenringen kann bei schnell laufenden Spindeln zweckmäßig sein, um den Einfluss der Passung und der Ringaufweitung auf die Vorspannung zu kompensieren.



① Spalt vor Anzug der Stirndeckelschrauben
Lagerbohrung d ≦ 100 mm: 0,01 mm bis 0,03 mm
Lagerbohrung d > 100 mm: 0,02 mm bis 0,04 mm

Bild 7
Stirndeckel anpassen (Empfehlung)

Befettung

FAG-Hochgenauigkeitslager sind so konserviert, dass ein Auswaschen der Lager vor dem Befetten nicht notwendig ist.
Die Einstellung der Fettmenge stellt hohe Anforderungen an die eingesetzten Befettungs- und Messeinrichtungen. Empfohlen werden bereits gefettete und abgedichtete Lager von Schaeffler.

Die Befettung muss unter saubersten Bedingungen stattfinden!

Bei fettgeschmierten Lagern muss vor dem Probelauf der Spindel ein Fettverteilungslauf der Lager durchgeführt werden!

Axiales Zusammenspannen der Innenringe

Zum Zusammenspannen von Spindellagerpaketen auf der Welle werden im Allgemeinen Wellenmuttern verwendet. Dabei sind Muttern mit axialen Bohrungen zum Anziehen auf der Welle den Nutmuttern vorzuziehen, da Luftverwirbelungen minimiert werden, die bei hohen Drehzahlen auftreten.

Die Anlageseiten der Muttern sollten in einer Aufspannung mit dem Gewinde geschliffen sein. Es wird eine maximale Planlauftoleranz von 2 µm empfohlen.

Damit beim Klemmvorgang der Planschlag nicht beeinträchtigt wird, sollten die Klemmeinsätze zusammen mit dem Gewinde und der Planseite geschliffen sein.

Werte für das axiale Zusammenspannen der Innenringe auf der Welle mit einer Präzisionsmutter finden Sie im Katalog SP 1, Hochgenauigkeitslager.

Um Setzeffekte auszuschließen oder zu verringern, sollte die Mutter zunächst mit dem Dreifachen des angegebenen Moments angezogen, gelöst und dann mit dem Nennmoment endgültig angezogen werden. Anschließend die Sicherungsschrauben nach Herstellerangabe festziehen!

Montagevorgang bei Zylinderrollenlagern

Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden bei der Montage mit Spiel, spielfrei oder mit Vorspannung montiert.

Die exakte Vorgehensweise bei der Montage und Demontage von Hochgenauigkeitslagern entnehmen Sie bitte der jeweiligen lagerspezifischen Montage- und Wartungsanleitung und dem Katalog SP 1, Hochgenauigkeitslager.

Einbau von Rundtischlagern

Axial-Radiallager sowie Axial-Schrägkugellager sind einbaufertige Präzisionslager für Genauigkeitsanwendungen mit kombinierten Belastungen. Sie nehmen radiale und beidseitig axiale Lasten sowie Kippmomente spielfrei auf und eignen sich besonders für Lagerungen mit hohen Anforderungen an die Laufgenauigkeit, wie sie beispielsweise in Rundtischen, Planscheiben, Fräsköpfen und Wendespannern notwendig sind.

Durch die Befestigungsbohrungen in den Lagerringen sind die Baueinheiten sehr montagefreundlich. Die Lager sind nach dem Einbau radial und axial vorgespannt.

Zu den Genauigkeitslagern für kombinierte Lasten gehören:

- Axial-Radiallager YRT, RTC, YRT_{Speed}
- Axial-Schrägkugellager ZKLDF
- Axial-Radiallager YRT mit integriertem Winkel-Messsystem YRTM.

Weitere Informationen

- TPI 103, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten, Einbau- und Wartungsanleitung
- MON 36, Baureihen YRTSM und YRTM
- MON 20, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten, Einbau- und Wartungsanleitung.

Einbau von Lagern für Gewindetriebe ZKLF, ZKLN, ZKRN, ZARF, ZARN

Zu den Lagern für Gewindetriebe gehören:

- Anschraubbare, zweireihige Axial-Schrägkugellager ZKLF
- Nicht anschraubbare, zweireihige Axial-Schrägkugellager ZKLN
- Einreihige Axial-Schrägkugellager BSB, 7602, 7603
- Schrägkugellager-Einheit TZKLR
- Zwei- und dreireihige Axial-Schrägkugellager ZKLFA, DKLFA
- Anschraubbare Nadel-Axial-Zylinderrollenlager DRS, ZARF
- Nicht anschraubbare Nadel-Axial-Zylinderrollenlager ZARN.

Die Montage dieser Lager ist in der TPI 100, Lager für Gewindetriebe, ausführlich beschrieben.

Einbau von Toroidalrollenlagern

Für Toroidalrollenlager gilt grundsätzlich die gleiche Vorgehensweise wie bei anderen Standardlagern. Eine Übersicht der nach Abhängigkeit vom Lagerdurchmesser empfohlenen Methoden und Werkzeuge finden Sie in der Tabelle Montage- und Demontageverfahren für Wälzlager, Seite 192, in diesem Montagehandbuch. Im Folgenden wird auf einige Empfehlungen für den Ein- und Ausbau näher eingegangen.

Messen der Radialluft

Der feste, kegelige Sitz eines Ringes wird häufig über die Veränderung der Radialluft ermittelt. Vor und nach der Montage des Lagers ist die Radialluft des Lagers mittels Fühlerlehren zu ermitteln. Hierbei ist darauf zu achten, dass die beiden Lagerringe zueinander zentriert ausgerichtet sind. Das geforderte Betriebsspiel wird in der Regel dann durch die axiale Verschiebung der beiden Ringe zueinander eingestellt.

Freiräume an den Lagerstirnseiten und Anschlussmaße

Bei der axialen Fixierung von FAG-Toroidalrollenlagern sind die Freiheitsgrade bezüglich der axialen Verschiebung und Verkippung zu berücksichtigen. Ein möglicher Kontakt zu Sicherungselementen oder zur Umgebung ist zu vermeiden. Zum einen ist der erforderliche Wert für die Tiefe des Freiraums $C_{a\,req}$ vorzuhalten, dieser stellt die axiale Verschiebung der Welle im Gehäuse sicher, *Bild 8*.

$$C_{a\,req} = C_a + 0{,}5 \cdot \left(\delta_{ax} + s_\varphi\right)$$

$C_{a\,req}$ mm
Erforderlicher Wert für die Tiefe des Freiraums

C_a mm
Kleinstwert für die Tiefe des Freiraums bei nicht versetzten Lagerringen, siehe TPI 232, Toroidalrollenlager TORB,

δ_{ax} mm
Temperaturbedingte Längenänderung der Welle

s_φ mm
Reduzierung der axialen Verschiebbarkeit in Folge der Verkippung.

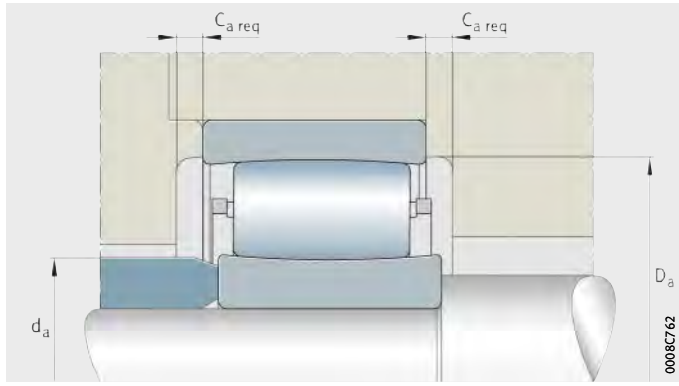


Bild 8
Freiräume im Gehäuse

Zum anderen sind die entsprechenden Anschlussmaße D_a und d_a einzuhalten. In Fällen, in welchen die axialen Sicherungselemente beziehungsweise Montagemuttern vom Außendurchmesser nicht in die vorgegebenen Anschlussmaße fallen, ist die Verwendung von Distanzmuttern erforderlich.

Axiale Positionierung des Lagers

Toroidalrollenlager werden üblicherweise mit zueinander zentriertem Innen- und Außenring montiert, woran die erforderliche Lagerluft eingestellt wird. Da sich bei axialer Verschiebung der Ringe gegeneinander die Radialluft im Lager vermindert, kann das gewünschte Radialspiel durch einen Versatz der Ringe realisiert werden. Genauere Informationen zur Berechnung der Radialluftminderung sind in der TPI 232, Toroidalrollenlager TORB, zu finden. Größere axiale Verschiebungen, welche durch hohe Temperaturschwankungen oder andere äußere Einflüsse hervorgerufen werden, sind durch die Positionierung der Ringe zueinander bereits bei der Montage vorzuhalten. Bei schwingenden Lagerungssystemen ist darauf zu achten, dass die durch die Schwingung hervorgerufene axiale Verschiebung immer auf der gleichen Seite bezogen auf die Lagermitte stattfindet. Lediglich beim Anfahren einer Anwendung ist die Überschreitung der Lagermitte zulässig.

Hinweise zur Montage

Beim Einbau ist darauf zu achten, dass die beiden Lagerringe nicht zueinander versetzt sind. Eine horizontale Montage wird in jedem Falle empfohlen. Ist eine vertikale Montage zwingend erforderlich, müssen entsprechende Vorrichtungen verwendet werden, welche die beiden Lagerringe zueinander zentriert halten.

Bei der gleichzeitigen Montage des Lagers auf eine Welle und in ein Gehäuse muss der Aufschiebedruck sowohl über den Lagerinnenring als auch über den Lageraußenring erfolgen, um ein Verkippen zu vermeiden.

Einbau von TAROL-Lagern

Die Kegelrollenlagereinheiten TAROL verwendet man für die Lagerung der Radsätze von Schienenfahrzeugen wie beispielsweise Güterwagen und Reisezugwagen, *Bild 9*. Dabei handelt es sich um kompakte, montagefertige, gefettete, abgedichtete und axial eingestellte Wälzlager, die in einem Arbeitsgang auf den Wellenschenkel gepresst werden. Liegt der Wellenschenkeldurchmesser innerhalb der vorgeschriebenen Toleranz, stellt sich durch den Presssitz des Lagers die erforderliche Axialluft ein.

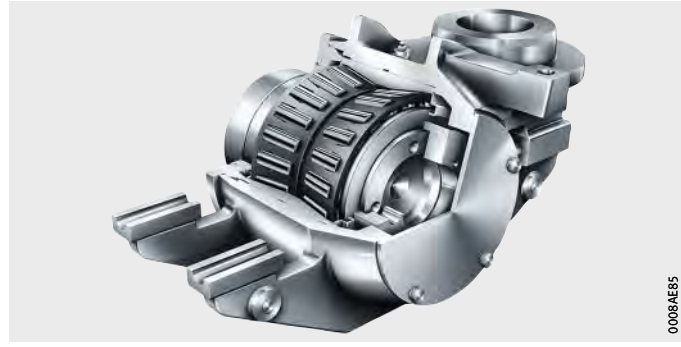


Bild 9
Radsatzlager für Schienenfahrzeuge

Für den Ein- und Ausbau dieser Lager empfiehlt Schaeffler die Verwendung einer fahrbaren Hydraulikvorrichtung, *Bild 10*. Diese Vorrichtung hat einen ventilgesteuerten, höhenverstellbaren und doppelseitig wirkenden Druckzylinder, den eine Motorpumpe betreibt. Die jeweiligen Werkzeugsätze werden an das Lager und die Umbausituation angepasst. Ausführliche Informationen zu dem beschriebenen Produkt und der exakten Vorgehensweise bei der Montage und Demontage finden Sie in der TPI 156, Kegelrollenlagereinheiten TAROL – Montage, Wartung, Instandsetzung.

Bild 10
Fahrbare Hydraulikvorrichtung

Zusätzlich gelten für die Montage von Lagern nach der Spezifikation der Association of American Railroads (AAR) auch die Montagevorschriften der AAR in der jeweils gültigen Fassung. Diese finden sich vor allem in den Sections G, G-II, H und H-II des „Manual of Standards and Recommended Practices“.

Einbau von vierreihigen Kegelrollenlagern

Vierreihige Kegelrollenlager sind Speziallager für Walzwerke und bestehen aus massiven Lagerringen und Kegelrollenlagerkränzen mit Käfig, *Bild 11*. Diese Lager sind zerlegbar und werden in der Regel in das Einbaustück montiert. Anschließend wird das Einbaustück mit dem Lager auf den Zapfen geschoben. Dies erfordert entweder eine lose zylindrische Passung des Innenrings auf dem Zapfen oder ein Lager mit kegeliger Bohrung, welches auf einem kegeligen Wellenzapfen montiert wird.

Bild 11
Vierreihiges Kegelrollenlager

Ausführliche Informationen zur Montage und Demontage von vierreihigen Kegelrollenlagern finden Sie in der Druckschrift WL 80154, Vierreihige Kegelrollenlager Montageanleitung.

Einbau von Nadellagern

Nadellager mit massiven Ringen werden nach den gleichen Gesichtspunkten montiert wie Zylinderrollenlager. Nebeneinander eingebaute Lager müssen die gleiche Radialluft haben, damit sich die Belastung gleichmäßig verteilt.

Nadellager mit Borden

Nadellager mit Borden sind ein- oder zweireihige Baueinheiten, die aus spanend gefertigten Außenringen mit Borden, Nadelkränzen und herausnehmbaren Innenringen bestehen.

Austausch der Innenringe

Bei den Standardlagern sind die Innenringe auf die Hüllkreistoleranz F6 abgestimmt und können innerhalb ihrer Genauigkeitsklasse miteinander vertauscht (gemischt verwendet) werden!

Bei Nadellagern mit Borden ist der Innenring nicht selbsthaltend!

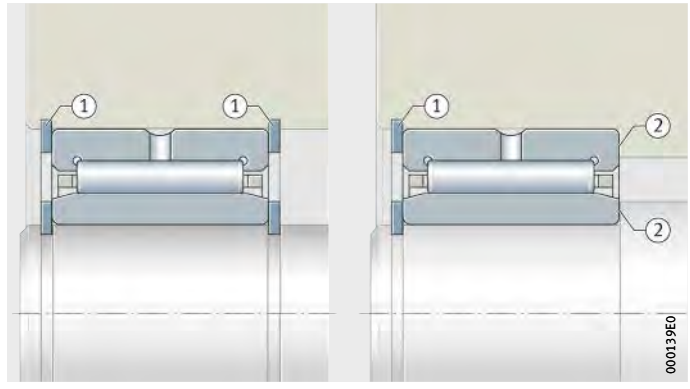
Radiale und axiale Befestigung

Nadellager mit Innenring werden radial durch Passung auf der Welle und im Gehäuse befestigt. Damit die Lagerringe axial nicht wandern, müssen sie formschlüssig fixiert werden, *Bild 12*.

Die Anlageschultern (Welle, Gehäuse) sind ausreichend hoch und rechtwinklig zur Lagerachse auszuführen. Der Übergang von der Lagersitzstelle zur Anlageschulter ist mit einer Rundung nach DIN 5418 oder einem Freistich nach DIN 509 zu gestalten. Die Kleinstwerte der Kantenabstände r in den Maßtabellen sind zu beachten.

Die Überdeckung zwischen den Sprengringen und Stirnflächen der Lagerringe muss ausreichend groß gewählt werden, *Bild 12*.

Maximale Kantenabstände der Innenringe nach DIN 620-6 sind zu berücksichtigen.



NA49

① Sprengringe
② Anlageschultern

Bild 12
Axiale Sicherung der Lagerringe

Nadellager ohne Borde

Diese ein- oder zweireihigen Baueinheiten bestehen aus spanend gefertigten, bordlosen Außenringen, Nadelkränzen und herausnehmbaren Innenringen. Da die Lager nicht selbsthaltend sind, lassen sich Außenring, Nadelkranz und Innenring getrennt voneinander einbauen.

Austausch der Innenringe

Bei Nadellagern ohne Borde ist der Innenring nicht selbsthaltend!

Außenring und Nadelkranz sind aufeinander abgestimmt und dürfen beim Einbau nicht mit Bauteilen gleich großer Lager vertauscht werden!

Bei den Standardlagern sind die Innenringe auf die Hüllkreistoleranz F6 abgestimmt und können innerhalb ihrer Genauigkeitsklasse miteinander vertauscht (gemischt verwendet) werden!

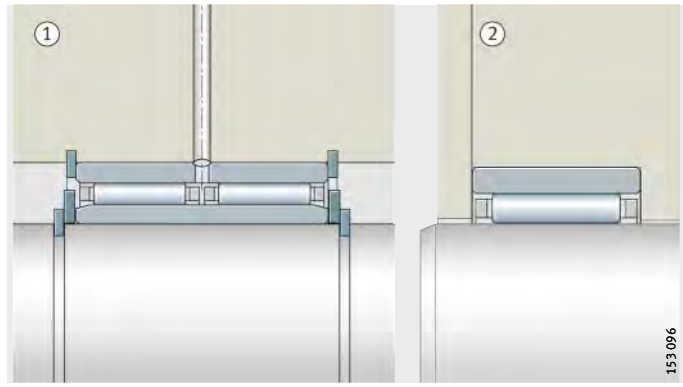
Radiale und axiale Befestigung

Nadellager mit Innenring werden radial durch Passung auf der Welle und im Gehäuse befestigt. Damit die Lagerringe axial nicht wandern, müssen sie formschlüssig fixiert werden, *Bild 13*.

Die Anlageschultern (Welle, Gehäuse) sind ausreichend hoch und rechtwinklig zur Lagerachse auszuführen. Der Übergang von der Lagersitzstelle zur Anlageschulter ist mit einer Rundung nach DIN 5418 oder einem Freistich nach DIN 509 zu gestalten. Die Kleinstwerte der Kantenabstände r in den Maßtabellen sind zu beachten.

Die Überdeckung zwischen den Sprengringen und Stirnflächen der Lagerringe muss ausreichend groß gewählt werden, *Bild 13*.

Maximale Kantenabstände der Innenringe nach DIN 620-6 berücksichtigen.



NAO..-ZW-ASR1
RNAO

① Sprengringe
② Anlageschultern

Bild 13
Axiale Sicherung der Lagerringe

Einstell-Nadellager

Die Lager bestehen aus spanlos geformten Außenhülsen, Kunststoff-Stützringen mit hohlkugeliger Innenform, Außenringen mit sphärischer Mantelfläche, Nadelkränzen und herausnehmbaren Innenringen.

Radiale und axiale Befestigung

Einstell-Nadellager werden mit festem Sitz in der Gehäusebohrung montiert. Eine weitere axiale Fixierung ist nicht nötig. Damit kann die Bohrung einfach und wirtschaftlich gefertigt werden.

Austausch der Innenringe

Bei den Standardlagern sind die Innenringe auf die Hüllkreistoleranz F6 abgestimmt und können innerhalb ihrer Genauigkeitsklasse miteinander vertauscht (gemischt verwendet) werden!

Bei Einstell-Nadellagern ist der Innenring nicht selbsthaltend!

Montage mit Einpressdorn

Durch die spanlos gefertigte Außenhülse sollen die Lager mit einem speziellen Einpressdorn montiert werden, siehe Seite 103. Die beschriftete Seite des Lagers soll am Bund des Dorns anliegen. Ein am Dorn angebrachter Rundschnurring hält das Lager sicher auf dem Dorn.

Kombinierte Nadellager

Diese Baureihen bestehen aus Radial-Nadellagern und einem axial belastbaren Wälzlagerteil. Sie nehmen hohe radiale und einseitig axiale, NKIB auch beidseitig axiale Kräfte auf und werden als Fest- oder Stützlager eingesetzt.

Die Lager gibt es als:

- Nadel-Axial-Rillenkugellager
- Nadel-Axial-Zylinderrollenlager
- Nadel-Schrägkugellager.

Die festen Passungen der kombinierten Nadellager führen zu relativ großen Einpresskräften. Das ist vor allem bei Nadel-Axial-Rillenkugellagern und Nadel-Axial-Zylinderrollenlagern mit Staubkappen zu beachten, bei denen der Rollenkörperkranz des Axiallagers nicht abgenommen werden kann. Diese Lager müssen eingepresst werden. Von Vorteil ist es, das Gehäuse anzuwärmen.

Kombinierte Nadellager müssen in das Gehäuse eingepresst werden, *Bild 14*.

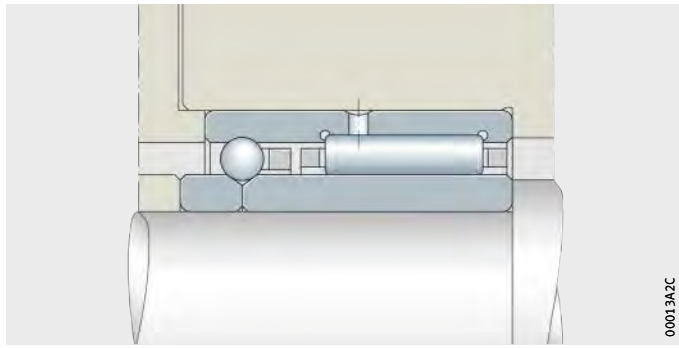


Bild 14
Montage kombinierter Nadellager (Nadel-Schrägkugellager)

Austausch der Innenringe

Bei den Standardlagern der Baureihen NKIA und NKIB sind die Innenringe auf die Hüllkreistoleranz F6 abgestimmt und können innerhalb ihrer Genauigkeitsklasse miteinander vertauscht (gemischt verwendet) werden!

Kombinierte Nadellager sind nicht selbsthaltend!

Radiale und axiale Befestigung

Lager mit Innenring werden radial durch Passung auf der Welle und im Gehäuse befestigt. Die axialen Anlageschultern (Welle, Gehäuse) sind ausreichend hoch und rechtwinklig zur Lagerachse auszuführen. Der Übergang von der Lagersitzstelle zur Anlageschulter ist mit einer Rundung nach DIN 5418 oder einem Freistich nach DIN 509 zu gestalten. Die Kleinstwerte der Kantenabstände r in den Maßtabellen sind zu beachten.

Die Überdeckung zwischen den Sprengringen und Stirnflächen der Lagerringe muss ausreichend groß gewählt werden.

Maximale Kantenabstände der Innenringe sind nach DIN 620-6 zu berücksichtigen.

Damit die Lagerringe seitlich nicht wandern, müssen sie formschlüssig fixiert werden! Bei Festlagern und Lagern mit geteiltem Innenring ist die beidseitige axiale Abstützung der Lagerringe besonders wichtig!

Einbau von Nadelhülsen und Nadelbüchsen

Die genaue Form erhalten Nadelhülsen und Nadelbüchsen wegen ihres dünnen Außenrings durch feste Gehäusepassungen, die eine seitliche Befestigung überflüssig machen.

Zum Einpressen der Nadelhülsen und Nadelbüchsen verwendet man besondere Montagedorne. Üblicherweise liegt der Dorn an der gestempelten Stirnseite des Lagers an, die bei den kleineren Lagern gehärtet ist. Aber auch beim Einpressen an einem ungehärteten Bord kommt es nicht zu Verformungen oder zu einem Verklemmen des Nadelkranzes, wenn der Montagedorn richtig dimensioniert ist.

Radiale und axiale Befestigung

Nadelhülsen und Nadelbüchsen sind durch Presssitz in der Gehäusebohrung fixiert. Sie werden in die Bohrung gepresst und benötigen keine weiteren axialen Fixierelemente.

Montage mit Einpressdorn

Die Lager sind mit einem speziellen Einpressdorn zu montieren, *Bild 15*. Der Bund des Einpressdorns muss dabei an der Stirnseite des Lagers anliegen. Diese ist gekennzeichnet mit dem Kurzzeichen.

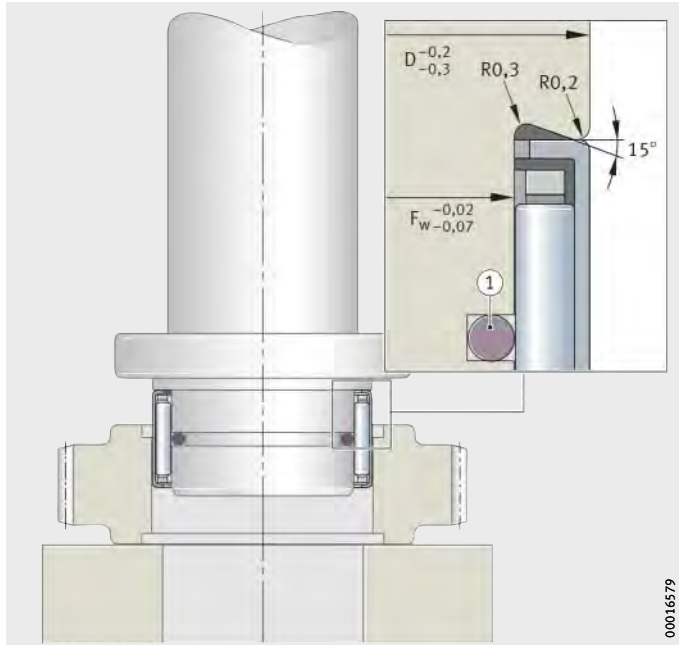
Zur Halterung des Lagers ist ein Rundschnurring vorzusehen. Länge und Übermaß des Ringes müssen vom Kunden auf die Abmessung und das Gewicht des Lagers abgestimmt werden.

Ist Fettschmierung vorgesehen, dann sind die Lager vor dem Einbau mit Fett zu schmieren.

Hülsen und Büchsen dürfen beim Einpressen nicht verkantet werden!

Die bei der Montage auftretenden Einpresskräfte hängen von mehreren Faktoren ab! Der Einbau ist so abzustimmen, dass der Lagerbord an der Stirnseite nicht deformiert wird!

Erfordert die Anwendung eine von der Beschreibung abweichende Montage, dann ist der korrekte und beschädigungsfreie Einbau der Lager durch eigene Einbauversuche abzusichern!



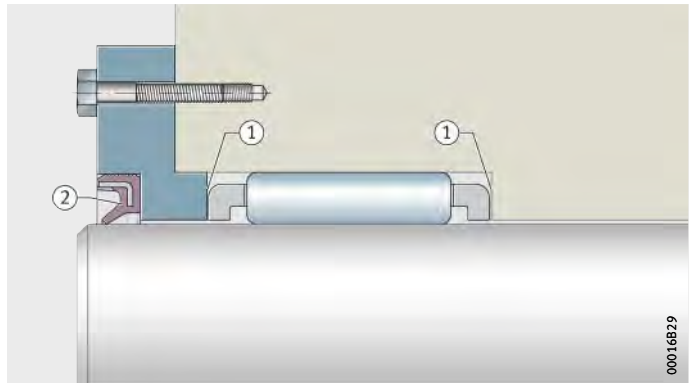
① Rundschnurring

Bild 15
Einbau mit Einpressdorn

Einbau von Nadelkränzen

Nadelkränze schiebt man entweder auf die Welle und führt die Teile gemeinsam ins Gehäuse ein oder man schiebt Nadelkränze ins Gehäuse und führt dann die Welle ein. Die Montage erfolgt unbelastet mit einer schraubenden Bewegung.

Nadelkränze können seitlich an der Welle oder am Gehäuse geführt werden, *Bild 16*.



① Führung am Gehäuse
② Führung an der Welle

Bild 16
Führung von Nadelkränzen

Der Abstand zwischen den seitlichen Anlaufflächen des Käfigs muss genügend groß sein (Toleranz H11), damit die Nadelkränze nicht verklemmen.

Die Radialluft einer Lagerung mit Nadelkränzen richtet sich nach den Bearbeitungstoleranzen der gehärteten und geschliffenen Laufbahnen auf der Welle und im Gehäuse. Nebeneinander angeordnete Nadelkränze müssen Nadelrollen der gleichen Sorte haben.

Einbau von Seilscheibenlagern

Vor dem Einpressen in die Seilscheibe wird empfohlen, die Sitzflächen der Lager leicht einzuölen oder mit Festschmierstoff einzureiben oder einzusprühen. Um Lagerschäden und einen ungenauen Sitz der Lager zu vermeiden, sollte das Einpressen auf einer dafür geeigneten Anlage kraft- und weggesteuert erfolgen.

Zur Erleichterung des Einpressvorgangs kann die Seilscheibe erwärmt werden. Entsprechende Werkzeuge für Stahlseilscheiben werden von Schaeffler angeboten.

Richtlinien für den Einbau

Beim Einbau der Zylinderrollenlager SL04 dürfen die Montagekräfte nur auf den zu montierenden Lagerring aufgebracht werden, *Bild 17*.

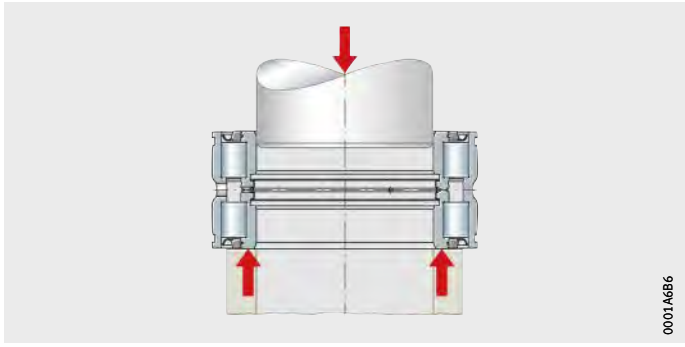


Bild 17
Montagekräfte aufbringen

Montagekräfte dürfen nicht über die Zylinderrollen geleitet werden, *Bild 18*! Beim Ausbau der Lager dürfen die Demontagekräfte nicht über die Verbindungselemente des geteilten Innenrings geleitet werden!

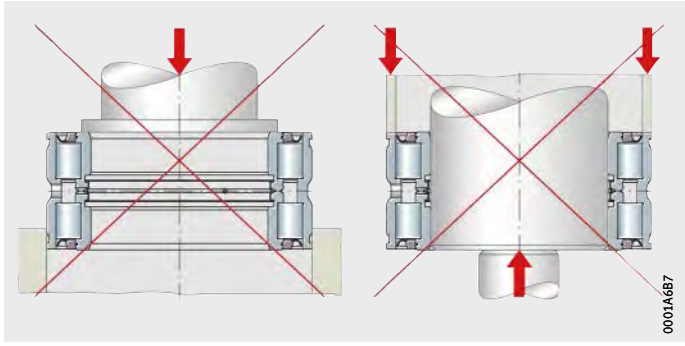
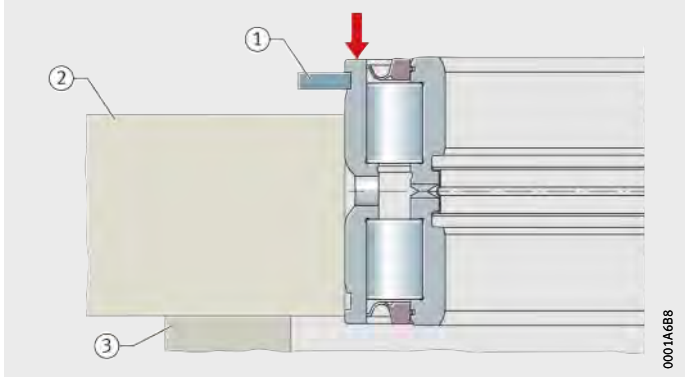


Bild 18
Nicht erlaubter Montage- oder Demontagevorgang

Einbau mit vormontiertem Sicherungsring

Werden Lager mit einem bereits vormontierten Sicherungsring in die Seilscheibe eingepresst, so hat dies unbedingt kraftüberwacht (oder alternativ wegüberwacht) zu erfolgen, *Bild 19*.



① Sicherungsring
② Seilscheibe
③ Auflage zur Aufnahme der Montagekräfte

Bild 19
Montage bei vormontiertem Sicherungsring

Einbau von Laufrollen

Laufrollen sind Präzisions-Maschinenelemente. Diese Produkte müssen vor und während der Montage sorgfältig behandelt werden. Ihr störungsfreier Lauf hängt auch von der Sorgfalt beim Einbau ab.

Die Sitzflächen der Lagerringe sind leicht zu ölen oder mit Festschmierstoff einzureiben.

Nach dem Einbau sind die Lager mit Schmierstoff zu versorgen. Abschließend ist eine Funktionsprüfung der Lagerung durchzuführen.

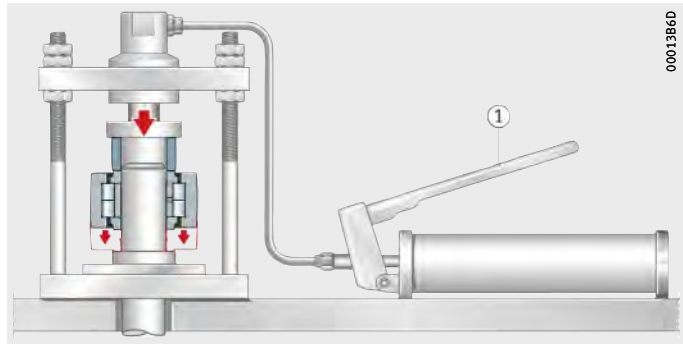
Einbau von Stützrollen

Bei ungünstiger Toleranzlage ist die Stützrolle mit einer Montagepresse auf die Achse zu pressen, *Bild 20*. Dabei ist der Innenring so zu montieren, dass sich die Einpresskraft gleichmäßig auf die Stirnseite des Innenringes verteilt.

Stützrollen RSTO und STO sind nicht selbsthaltend! Außenring und Nadelkranz sind aufeinander abgestimmt und dürfen beim Einbau nicht mit Bauteilen gleich großer Lager vertauscht werden!

Schmierbohrung

Die Lager sind so einzubauen, dass die Schmierbohrung in der entlasteten Zone liegt. Für Stützrollen PWTR und NNTR ist keine definierte Lage der Schmierbohrung erforderlich.

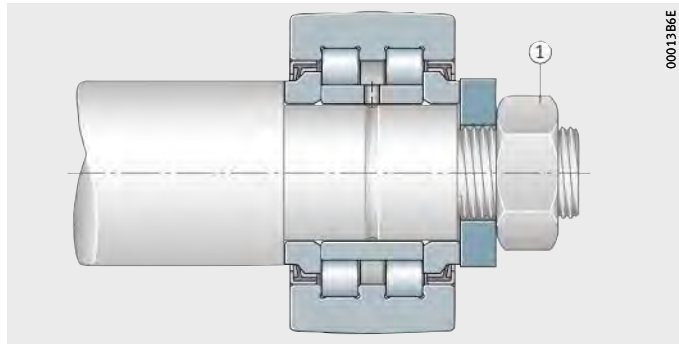


① Montagepresse

Bild 20
Stützrolle
mit Montagepresse einbauen

Axiale Fixierung

Stützrollen NUTR, PWTR und NNTR sind axial zu verspannen, *Bild 21*.



① Sechskantmutter

Bild 21
Axiale Sicherung

Einbau von Kurvenrollen

Kurvenrollen sind möglichst mit einer Montagepresse zu montieren (analog zu *Bild 20*, Seite 106).

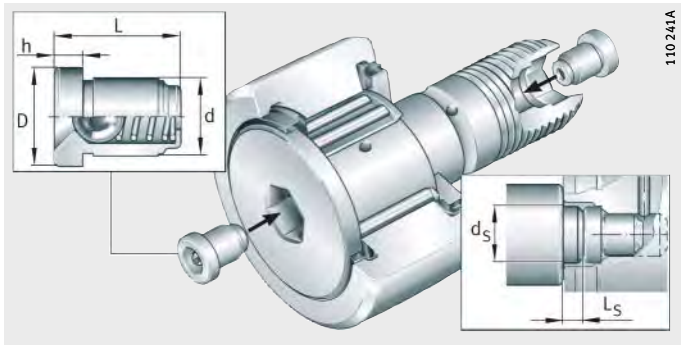
Schläge auf den Anlaufbund des Rollenzapfens sind unbedingt zu vermeiden!

Einschlag-Schmiernippel für Kurvenrollen

Den Kurvenrollen liegen Einschlag-Schmiernippel lose bei, die vor dem Einbau der Lager fachgerecht eingepresst werden müssen, *Bild 22*.

Es dürfen nur die beiliegenden Schmiernippel verwendet werden, siehe Tabelle!

Wird über die Aufnahmebohrung geschmiert, dann müssen die axialen Schmierbohrungen in der Kurvenrolle vor dem Einbau mit den Schmiernippeln verschlossen werden, *Bild 22*!



KR..-PP

Bild 22
Kurvenrolle
mit Einschlag-Schmiernippel
und Maße für Einpressdorn

Einschlag-Schmiernippel

Schmier-nippel	Abmessungen in mm						Verwendbar für Außendurchmesser D
	D	d	L	h	d_S ±0,1	L_S	
NIPA1	6	4	6	1,5[1)]	–	–	16, 19
NIPA1×4,5	4,7	4	4,5	1	4,5	5	22 – 32
NIPA2×7,5	7,5	6	7,5	2	7,5	6	35 – 52
NIPA3×9,5	10	8	9,5	3	10	9	62 – 90

1) Überstand des Schmiernippels.

Axiale Befestigung der Kurvenrollen

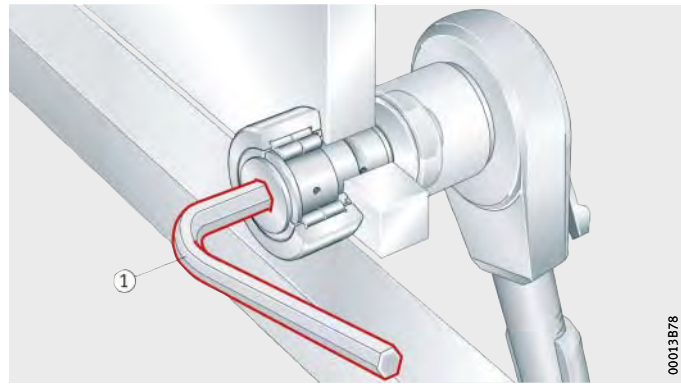
Kurvenrollen müssen mit einer Sechskantmutter axial gesichert werden.

Durch den Schlitz oder Sechskant am Ende des Rollenzapfens kann das Lager mit einem Schlüssel beim Festziehen der Befestigungsmutter fixiert und der Exzenter eingestellt werden, *Bild 23*.

Bei starken Vibrationen können auch selbstsichernde Muttern nach DIN 985 oder spezielle Sperrkant-Sicherungsscheiben verwendet werden.

Das geforderte Anziehdrehmoment der Befestigungsmuttern ist unbedingt einzuhalten! Nur dann ist die zulässige Radialbelastung gewährleistet! Kann es nicht eingehalten werden, ist eine Presspassung notwendig!

Bei selbstsichernden Muttern ist ein erhöhtes Anziehdrehmoment zu beachten; Hinweise des Mutter-Herstellers dazu einhalten!



① Innensechskant-Schlüssel

Bild 23
Fixierung des Lagers mit Schlüssel

Kurvenrollen mit Exzenter

Die höchste Stelle des Exzenters ist auf der Rollenzapfenseite gekennzeichnet.

Inbetriebnahme und Nachschmierung

Zum Nachschmieren haben Kurvenrollen je eine Schmierbohrung:

- Auf der Bundseite des Rollenzapfens
- Auf der gewindeseitigen Stirnfläche, ab Außendurchmesser 22 mm
- Am Schaft des Rollenzapfens, ab Außendurchmesser 30 mm mit zusätzlicher Schmierrille.

Kurvenrollen mit Exzenter können nicht über den Schaft nachgeschmiert werden! Der Exzenterring verdeckt die Schmierbohrung!

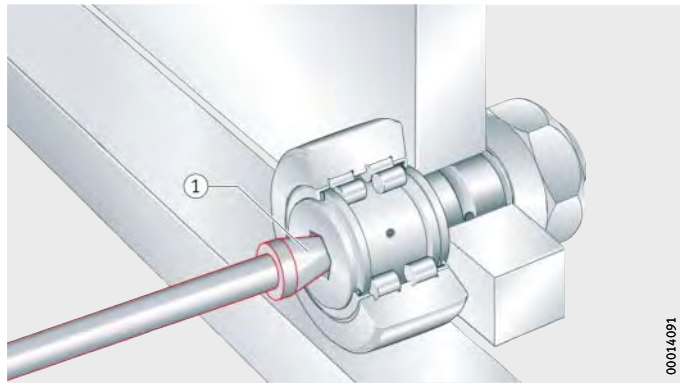
Zum Schmieren sind nur Fettpressen mit Nadel-Spitzmundstücken zu verwenden, die einen Öffnungswinkel ≦ 60° haben, *Bild 24*!

Vor der Inbetriebnahme sind die Schmierbohrungen und Zuleitungen aus Korrosionsschutzgründen mit Fett zu füllen, dabei kann gleichzeitig geschmiert werden!

Das Schmieren wird erschwert, wenn ein Wälzkörper über der radialen Schmierbohrung steht! Deshalb ist bei betriebswarmem und drehendem Lager nachzuschmieren sowie vor dem Stillstand und vor längeren Betriebsunterbrechungen!

Zum Nachschmieren ist das gleiche Schmierfett wie bei der Erstbefettung zu verwenden! Ist dies nicht möglich, dann ist die Mischbarkeit und Verträglichkeit der Fette zu prüfen!

Es wird nachgeschmiert, bis sich an den Dichtspalten ein frischer Fettkragen bildet! Dabei muss das alte Schmierfett ungehindert aus dem Lager austreten können!



① Nadel-Spitzmundstück, Öffnungswinkel ≦ 60°

Bild 24
Nachschmieren mit Fettpresse

Ausbau von Wälzlagern

Ausbauverfahren

Ausbau von Wälzlagern

Seite

Ausbauverfahren

Mechanischer Ausbau 112
- Ausbau bei zylindrischen Sitzen 113
- Ausbau bei kegeligen Sitzen 114

Thermischer Ausbau 114
- Anwärmringe 115
- Mittelfrequenztechnik 115

Hydraulischer Ausbau 117
- Ausbau bei zylindrischer Lagerbohrung 117
- Ausbau bei kegeliger Bohrung 118

Ausbau von Wälzlagern

Ausbauverfahren

Um beim Ausbau von Lagern Beschädigungen zu vermeiden, werden je nach Lagergröße und Art der Anwendung verschiedene Demontageverfahren eingesetzt, die eine Wiederverwendung der Komponenten ermöglichen. Generell wird auch beim Ausbau von Lagern zwischen mechanischen, thermischen und hydraulischen Verfahren unterschieden. Vor dem eigentlichen Ausbau sind die Montagezeichnungen und eventuell vorhandene Montage- und Demontageanleitungen sorgfältig zu prüfen. Im Zweifelsfall steht Ihnen das Schaeffler-Expertenteam mit Rat und Tat zu Seite.

Mechanischer Ausbau

Bei der mechanischen Methode kommen meist spezielle Abzieher zum Einsatz. Zu beachten ist hierbei vor allem, dass das Abziehwerkzeug an dem Ring angesetzt wird, der den festeren Passsitz aufweist, da sich sonst die Wälzkörper in die Laufbahnen des Lagers eindrücken, *Bild 1*. Darüber hinaus besteht bei dünnwandigen Außenringen Bruchgefahr. Bei nicht zerlegbaren Lagern mit einem Schiebesitz auf Welle oder Gehäuse sollte dieses Umbauteil nach Möglichkeit bereits vor der Lagerdemontage entfernt werden.
Die Kraft, die man beim Abpressen aufwenden muss, ist meist beträchtlich größer als die Aufpresskraft, da sich der Ring im Laufe der Zeit festsetzt. Auch bei lose gepassten Ringen kann der Ausbau schwierig sein, wenn sich nach langen Betriebszeiten Passungsrost gebildet hat.

Zu beachten:

- Direkte Schläge auf die Lagerringe vermeiden
- Ausbaukräfte nicht über die Wälzkörper leiten!

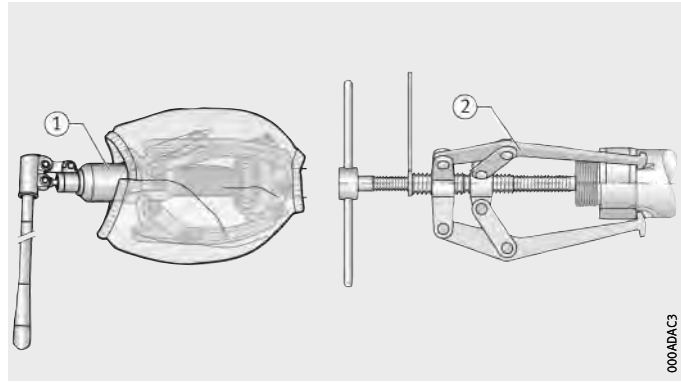
Bild 1
Ausbau mittels Abziehvorrichtung

Lässt sich das Abziehen über die Wälzkörper nicht vermeiden, ist ein Umring aus ungehärtetem Stahl um den Außenring zu legen (Dicke größer als $^1/_4$ der Höhe des Lagerquerschnitts). Dies gilt besonders für Wälzlager mit geringer Querschnittshöhe und kleinem Druckwinkel, zum Beispiel Kegel- und Pendelrollenlager. Die Lager können im Anschluss jedoch nicht wiederverwendet werden.

Die Ringe zerlegbarer Lager lassen sich einzeln ausbauen.

Ausbau bei zylindrischen Sitzen

Zum Abziehen kleiner Lager werden meist mechanische Abziehvorrichtungen, *Bild 2*, oder hydraulische Pressen, *Bild 3*, verwendet, die entweder an dem mit Festsitz gepassten Ring selbst oder an den Anlagestücken, wie zum Beispiel am Labyrinthring, angreifen. Diese gibt es mit mechanischer Spindel und Hydraulikzylinder, wenn höhere Kräfte erforderlich sind.



① Abziehvorgang mit einer Trisection-Plate

② Abziehvorrichtung mit drei verstellbaren Armen und Abziehnut im Innenring

Bild 2
Abziehvorrichtung für Wälzlager

Zur Unterstützung kann beim Ausbau auch eine Presse verwendet werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass das Lager am Innenring abgestützt wird, um Schäden zu vermeiden. Beim Pressvorgang wird die Welle aus dem Lager geschoben.

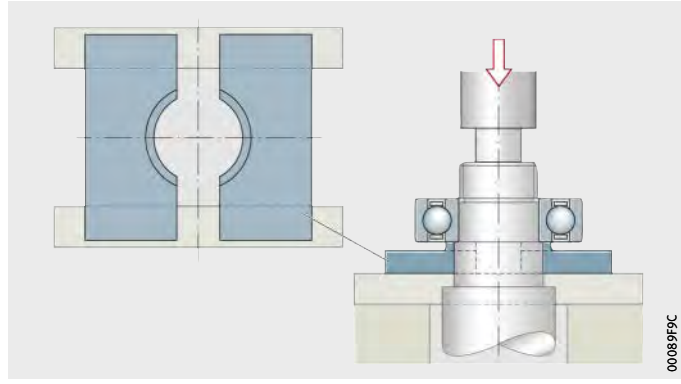


Bild 3
Ausbau mit Presse

Ausbau von Wälzlagern

Der Ausbau wird sehr erleichtert, wenn bei der Konstruktion Abziehnuten vorgesehen sind, so dass man das Abziehwerkzeug unmittelbar an dem festsitzenden Lagerring ansetzen kann.
Eine weitere Alternative zur Demontage der Lager ist die Verwendung von Abdrückschrauben, *Bild 10*, Seite 119.

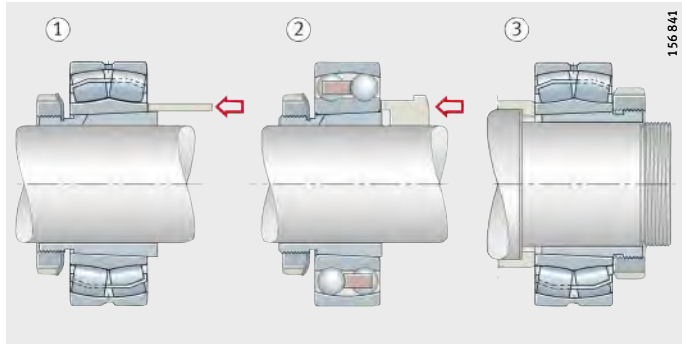
Innenauszieher

Ist die Welle bereits ausgebaut, kann das Lager auch mit einem Innenauszieher aus dem Gehäuse entfernt werden. Die Greifsegmente des Ausziehers werden beim Anziehen der Gewindespindel gespreizt. Dabei wird der Kragen der Backen hinter die Bohrung des Lagerinnenrings gepresst. Mithilfe einer Gegenstütze oder mit einem Schlagauszieher wird dann das Lager über den Innenauszieher ausgezogen. Dadurch ist das Lager in der Regel nicht mehr verwendbar!

Ausbau bei kegeligen Sitzen

Sind Lager unmittelbar auf einem kegeligen Wellensitz oder einer Spannhülse montiert, wird zuerst die Sicherung der Wellen- oder Spannhülsenmutter gelöst. Anschließend muss die Mutter um mindestens den Aufschiebeweg zurückgedreht werden. Dann ist der Innenring von der Hülse oder Welle zu treiben, beispielsweise mit einem Metalldorn oder Schlagstück, *Bild 4* ①, ②. Ein Schlagstück vermeidet die Gefahr des Abrutschens.

Lager, die mit Abziehhülsen befestigt sind, werden mit einer Abdrückmutter ausgebaut, *Bild 4* ③.



① Metalldorn
② Schlagstück
③ Abdrückmutter

Bild 4
Lager ausbauen

Bei großen Lagern, die mit einer Abziehhülse befestigt sind, sind zum Ausbau hohe Kräfte erforderlich. Hier kann man Nutmuttern mit zusätzlichen Druckschrauben benutzen, *Bild 4*. Zwischen Innenring und Druckschrauben ist eine Scheibe zu legen, um Beschädigungen am Lager zu vermeiden.

Thermischer Ausbau

Beim thermischen Ausbau wird der zu demontierende Lagerring innerhalb kürzester Zeit angewärmt und dadurch eine Aufweitung erzielt. Hierdurch wird die Passung am Lagersitz aufgehoben und eine mögliche Haftung durch Passungsrost überwunden.

Beim Erwärmen des Lagerringes sollte keine direkte Flamme verwendet werden, da dies sonst zu einer Beschädigung der Bauteile führen kann!

Anwärmringe

Anwärmringe aus Leichtmetall können für den Ausbau von Zylinderrollenlager-Innenringen verwendet werden, die bordlos sind oder nur einen festen Bord haben. Die Ringe werden mit einer elektrischen Heizplatte je nach Festsitz oder Übermaß auf +200 °C bis +300 °C aufgeheizt, über den abzuziehenden Lagerring geschoben und verspannt. Wenn der Presssitz auf der Welle aufgehoben ist, zieht man beide Ringe gemeinsam ab.

Der Lagerring muss nach dem Abziehen sofort aus dem Anwärmring genommen werden, damit er nicht überhitzt wird!

Von Vorteil sind Anwärmringe vor allem bei gelegentlichem Abziehen mittelgroßer Lagerringe. Jede Lagergröße erfordert einen eigenen Anwärmring.

Mittelfrequenztechnik

Mit Hilfe der FAG-Mittelfrequenztechnikanlagen werden auch sehr große Lager und andere Bauteile von Schrumpfverbindungen induktiv zum Lösen erwärmt.

Das FAG-Mittelfrequenzanwärmgerät besteht aus dem Mittelfrequenzgenerator und einem Induktor. Je nach Anwendung kann dieser entweder flexibel oder fest sein. Die flexible Version ähnelt einem Kabel. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Wicklung direkt am gepassten Bauteil angebracht wird.

Zum Beispiel muss bei einem Wälzlager mit Festsitz auf einer Welle der Induktor direkt am Innenring angebracht werden. Durch energieeffizientes Erwärmen wird das zu lösende Werkstück sehr schnell warm und dehnt sich dabei aus, so dass der Pressverband gelöst werden kann. Flexible Induktoren eignen sich für unterschiedlich große und verschieden geformte Werkstücke und sind bei Anwärmtemperaturen bis +150 °C dauerbelastbar.

Bild 5
Demontage von Lagerinnenringen mit flexiblem Induktor

Bei der seriellen Demontage gleicher Bauteile, zum Beispiel Radsatzlager von Schienenfahrzeugen, steht weniger die Flexibilität im Vordergrund als verkürzte Rüstzeiten und eine erhöhte Prozesssicherheit. Hierfür eignen sich feste Induktoren. Bei dieser Ausführung wird die Spule in einem an das Werkstück angepassten Gehäuse verbaut und kann somit schnell und einfach in der Erwärmungszone platziert werden. Feste Induktoren können im Gegensatz zu der flexiblen Variante auch für kleine Bauteile verwendet werden.

Die Anlagen werden für den konkreten Anwendungsfall ausgelegt! Bitte kontaktieren Sie die Anwendungsexperten bei Schaeffler!

Vorteile

Vorteile beim Lösen von Schrumpfverbindungen:

- Serienmäßige Demontage von Lager- und Labyrinthringen
- Schnelle Demontage von Zahnrädern und Kupplungen
- Einfache Erwärmung von großen und schweren Komponenten (zum Beispiel Maschinenträger, Gehäuse, Wellen, ...).

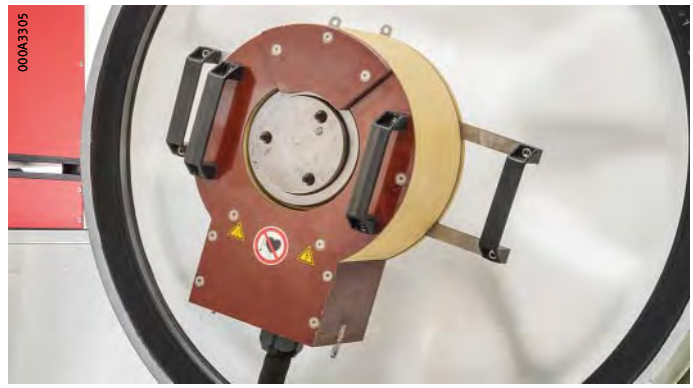


Bild 6
Demontage Lagerinnenringe von Radsatzlagern (Schienenfahrzeuge) mit Festinduktor

Weitere Informationen

- TPI 217, Induktionsanlagen mit Mittelfrequenztechnik.

Hydraulischer Ausbau

Beim Druckölverfahren wird Öl zwischen die Passflächen gepresst. Der Ölfilm hebt die Berührung der Passteile weitgehend auf, so dass sie mit geringem Kraftaufwand ohne Gefahr einer Oberflächenbeschädigung gegeneinander verschoben werden können, siehe Seite 83.

Zur Demontage eignet sich das Druckölverfahren sowohl bei kegeligen als auch bei zylindrischen Sitzen. In beiden Fällen müssen Ölnuten und Zuführungskanäle sowie Anschlussgewinde für die Druckerzeuger vorgesehen sein. Größere Spann- und Abziehhülsen haben entsprechende Nuten und Bohrungen.

Zum Ausbau von Lagern mit kegeliger Bohrung, die unmittelbar auf der Welle sitzen, reichen Injektoren als Druckerzeuger. Bei Lagern mit zylindrischen Bohrungen und bei Spann- und Abziehhülsen muss eine Pumpe verwendet werden, *Bild 27*, Seite 87.

Zum Ausbau verwendet man die gleichen Öle wie beim Einbau, das heißt Öle mit einer Viskosität von etwa 75 mm^2/s bei +20 °C (Nennviskosität 32 mm^2/s bei +40 °C). Passungsrost kann durch rostlösende Zusätze zum Öl gelöst werden.

Ausbau bei zylindrischer Lagerbohrung

Das Druckölverfahren wird beim Ausbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung meist nur zur Unterstützung von mechanischen Werkzeugen eingesetzt. Die jeweilige Abziehvorrichtung wird zuerst am gepassten Ring angesetzt und anschließend Drucköl in die Ölnuten gepumpt, *Bild 7*.

Hierdurch wird die Passung aufgehoben und das Lager kann zum Beispiel mittels eines mechanischen Abziehers abgezogen werden.

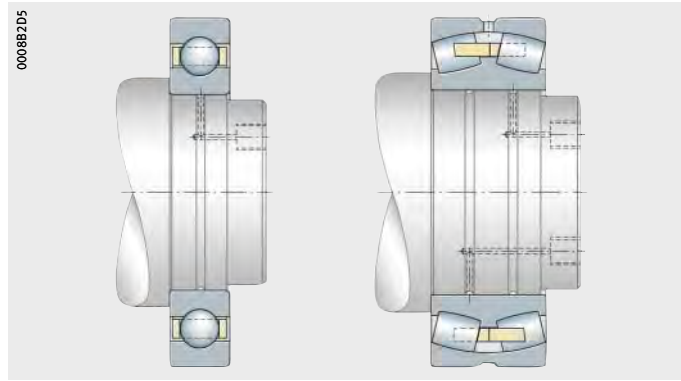


Bild 7
Hydraulische Demontage bei zylindrischem Sitz

Sind in der Welle zum Beispiel aus Festigkeitsgründen keine Ölnuten und -kanäle vorhanden, so kann man das Öl auch von der Stirnseite des Innenrings zwischen die Passflächen pressen. An dem vorderen Ende des Pressverbands wird dann ein abgedichteter Druckring angesetzt, durch den das Öl in die Passfuge gepresst wird. Mit einer vor der Welle befestigten Büchse kann man erreichen, dass das Öl bis zur Beendigung des Abziehvorganges zwischen die Passflächen gepresst wird. Ist es nicht möglich, eine solche Büchse anzubringen, dann muss man sehr zähflüssiges Öl mit einer Viskosität von 320 mm^2/s (cSt) bei +40 °C benutzen. Bei einem derart zähen Öl bleibt der Ölfilm in der Passfuge bis zu 5 Minuten erhalten. Diese Zeit reicht für das Abziehen des Lagers aus.

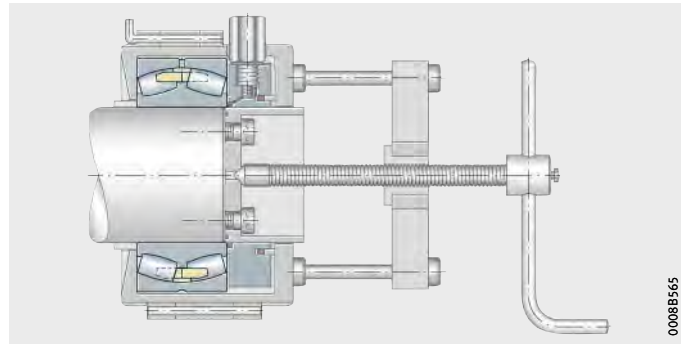


Bild 8
Spezialvorrichtung zum Abziehen von einer Welle ohne Ölnuten

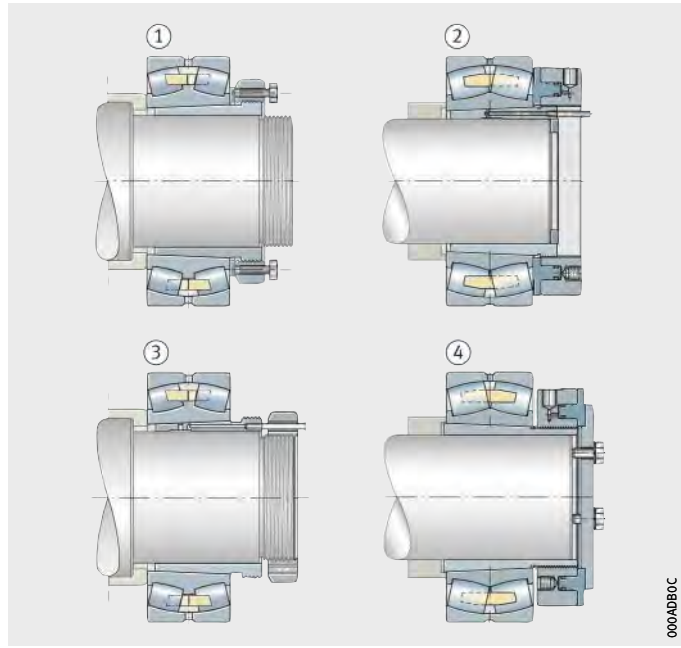
Ausbau bei kegeliger Bohrung

Beim Abziehen von Lagern, die auf einem kegeligen Wellenzapfen, auf einer Abziehhülse oder einer Spannhülse sitzen, ist es nur erforderlich, Öl zwischen die Passflächen zu pressen.

Der Pressverband löst sich schlagartig! Wegen der Unfallgefahr muss die Axialbewegung des Wälzlagers oder der Abziehhülse beim Ausbau durch eine Wellenmutter, eine Spannhülsenmutter oder einen Anschlag begrenzt werden, *Bild 9*!

Bild 9
Hydraulische Demontage bei kegeligem Sitz

Mitunter erschwert Passungsrost den Ausbau. Die Verwendung einer rostlösenden Druckflüssigkeit ist zu empfehlen, besonders bei Lagern, die nach längerer Betriebszeit ausgebaut werden.
In schwierigen Fällen kann das Herausziehen der Abziehhülse durch die Abziehmutter unterstützt werden, *Bild 10*. Wenn Druckschrauben in der Abziehhülsenmutter vorgesehen sind, ist ein Zwischenring einzulegen, damit die Abziehkräfte nicht direkt am Bord des Wälzlagerringes angreifen.



Ausbau einer Abziehhülse:
① Mit Mutter und Druckschrauben
② Mit Hydraulikmutter

Ausbau eines Pendelrollenlagers von der Abziehhülse:
③ Mit Hydraulikverfahren

Ausbau eines Pendelrollenlagers auf Spannhülse:
④ Mit Hydraulikverfahren

Bild 10
Ausbau einer Abziehhülse und eines Pendelrollenlagers

Dienstleistungen

Dienstleistungen

Merkmale

Seite

Montage und Demontage 122
Vermietung von Werkzeugen 123
Zertifizierung 124
Aufbereitung von Wälzlagern 125
- Qualität 127
- Branchen 127
- Abmessungen 127

Schulungen 128
Montageschrank 129
Montagekreuz 131

Dienstleistungen

Merkmale

Schaeffler bietet unabhängig vom Hersteller eine große Zahl an Dienstleistungen rund um den Lebenszyklus eines Wälzlagers an: Angefangen bei der Montage über die Wartung bis hin zur Wälzlageraufbereitung.

Während der Betriebsphase unterstützen die Experten von Schaeffler mit Serviceleistungen im Bereich Zustandsüberwachung und korrektive Instandhaltung. Unternehmen, die auch intern Wissen im Bereich Wälzlager und Zustandsüberwachung aufbauen möchten, steht das Schulungs- und Beratungsangebot von Schaeffler vor Ort, zentral oder online zur Verfügung. Einen Einstieg in das Thema bietet unser E-Learning-Angebot im Internet. Kunden profitieren dabei von der Kompetenz eines führenden Anbieters von Wälz- und Gleitlagern.

Montage und Demontage

Die Industrieservice-Experten von Schaeffler bieten Montage- und Demontagedienstleistungen für Wälzlager branchenübergreifend an. Tiefes Wissen und viel Erfahrung bestehen für alle Branchen, *Bild 1*.

Bild 1
Montageservice durch Schaeffler-Experten

Die Experten aus dem Bereich Industrieservice sind ausgebildete Fachleute, die zuverlässig, schnell und kompetent helfen.
Die Dienstleistungen werden weltweit vor Ort oder in der Werkstatt von Schaeffler erbracht.

Die Montage- und Demontagedienstleistungen umfassen:

- Einbau und Ausbau von Wälzlagern, Gleitlagern und Lagersystemen aller Art
- Vermessen und Zustandsanalyse
- Problemfindung und Erarbeitung von Lösungsmöglichkeiten
- Konstruktion und Herstellung von Sonderwerkzeugen
- Vermietung von Werkzeugen
- Notdienst
- Produkt- und Montageschulungen
- Zertifizierung von Montage- und Demontage-Prozessen.

Vorteile

Folgende Vorteile resultieren aus den Montagedienstleistungen:

- Weltweit schnell verfügbare Experten in Sachen Lagerungstechnik mit umfangreichen Erfahrungen in nahezu jeder Anwendung
- Eine schnelle Montage oder Demontage durch professionelle Vorbereitung und Durchführung
- Gesteigerte Anlagenverfügbarkeit und Produktivität durch weniger ungeplante Stillstände
- Optimierung von Montage- und Demontageprozessen
- Professionelle Montage und Demontage mit qualitativ hochwertigen Sonderwerkzeugen
- Sensibilisierung der Mitarbeiter im korrekten Umgang mit Lagern aller Art.

Vermietung von Werkzeugen

Kunden, die nur gelegentlich spezielle Montage- und Demontagewerkzeuge oder Messmittel benötigen, können diese bei Schaeffler gegen eine Gebühr mieten.

Unser Service umfasst:

- Kurzfristige Vermietung in Europa
- Kostenlose und schnelle Lieferung an den Einsatzort
- Geprüfte Qualitätsprodukte auf dem neuesten Stand der Technik
- Auslieferung der Werkzeuge inklusive sämtlicher Anbauteile
- Mehrsprachige Betriebsanleitungen.

Wird für die Durchführung der entsprechenden Tätigkeit einer unserer qualifizierten Industrieservice-Experten beauftragt, fallen in der Regel keine Kosten für die Werkzeug-Miete an.

Zertifizierung

Etwa 25 Prozent aller vorzeitigen Lagerausfälle sind Montagefehlern zuzuschreiben. Für eine lange Lagergebrauchsdauer sind neben Grundkenntnissen der Wälzlager theoretische und praktische Kenntnisse ihres sachgerechten Ein- und Ausbaus besonders wichtig. Für eine möglichst realitätsnahe Ausbildung des Montagepersonals bietet Schaeffler die Zertifizierung von individuellen Montage- und Demontageprozessen an, *Bild 2*.

Bild 2
Theoretische Schulung

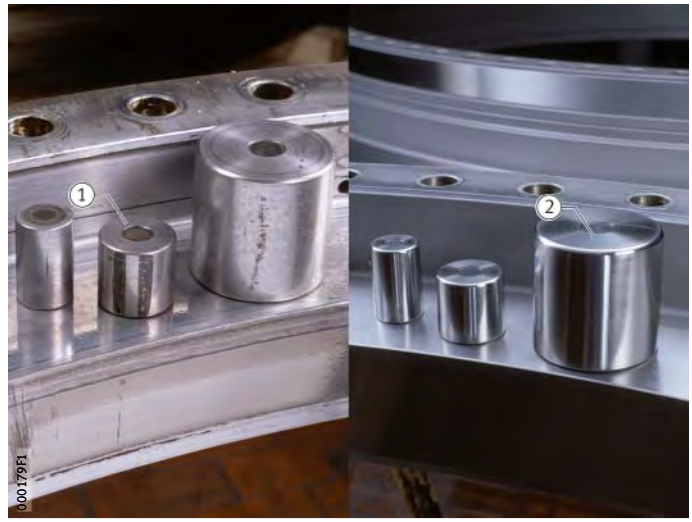
Hierbei wird durch unsere Wälzlager-Experten der richtige Umgang mit Wälzlagern und die Vermeidung von Montagefehlern vermittelt. Dies erfolgt in direktem Bezug zu der jeweiligen Anwendung und den individuellen Gegebenheiten des Kunden.

Im Nachgang erfolgt eine praktische Vorführung des Montage- und Demontageprozesses, bei dem auch die Einhaltung der notwendigen Prozesse und Vorschriften demonstriert wird.

Zum Abschluss müssen die Schulungsteilnehmer das erlernte Wissen unter Beweis stellen. Nur dann erhalten sie die anwendungsbezogene Zertifizierung durch Schaeffler.

Aufbereitung von Wälzlagern

Oft werden neue Wälzlager eingebaut, obwohl die vorhandenen Lager durch eine fachgerechte Aufbereitung wieder in einen neuwertigen Zustand versetzt werden könnten. In vielen Fällen ist es viel wirtschaftlicher, Wälzlager aufzubereiten statt neue Wälzlager zu verwenden, *Bild 3*.



① Vor der Aufbereitung
② Nach der Aufbereitung

Bild 3
Wälzlagerlaufbahn und -rollen vor und nach der Aufbereitung

Vorteile

Vorteile für den Kunden sind:

- Senkung der Lebenszykluskosten (LCC = Life Cycle Costs)
- Verlängerung der Gebrauchslebensdauer
- Einsparung von Material- und Energiekosten
- Reduzierung der Bestandskosten
- Hohe Flexibilität durch kurze Lieferzeiten
- Rückmeldung detektierter Schadensmuster und -häufigkeiten.

Die notwendigen Arbeitsschritte bei der Aufbereitung sind abhängig vom Zustand des Wälzlagers. Um eine zuverlässige Aussage über den Aufwand treffen zu können, muss das Wälzlager nach der Demontage gereinigt und anschließend sorgfältig untersucht werden. Neben dieser immer notwendigen Befundung (Level I) gibt es drei weitere Aufbereitungsstufen, *Bild 4*.

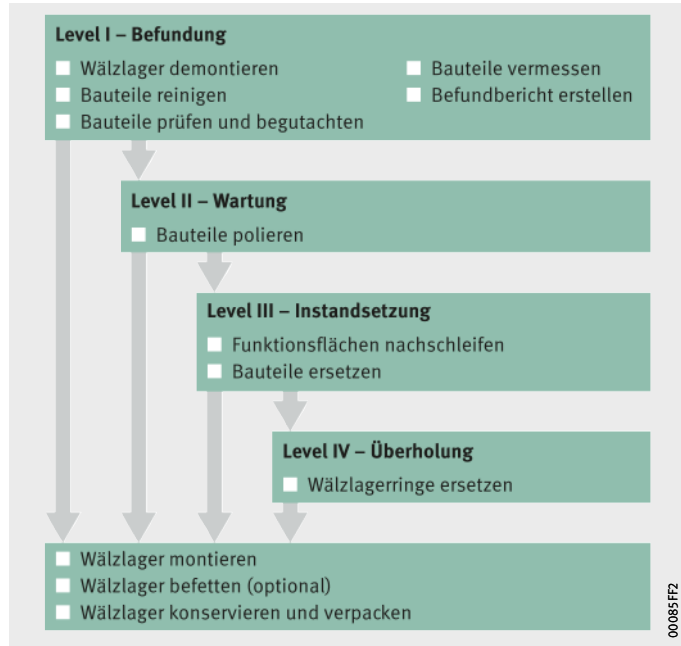


Bild 4
Aufbereitungsstufen

Qualität

Schaeffler bereitet Wälzlager weltweit einheitlich auf. An allen Standorten gelten identische Prozesse und Richtlinien.
Für Schaeffler-Wälzlager wird nach Original-Zeichnungen gearbeitet. Bei sämtlichen Lagern werden ausschließlich Original-Bauteile und Original-Ersatzteile verwendet. Durch das umfangreiche Wälzlagerwissen wird eine qualitativ hochwertige Aufbereitung erreicht.

Branchen

Die Aufbereitung erfolgt herstellerneutral und ist somit nicht auf Produkte der Schaeffler Technologies beschränkt. Vor der Aufbereitung kann der Zustand der Lager vor Ort zusammen mit den Experten aus dem Global Technology Network beurteilt werden.

Die Aufbereitung von Wälzlagern ist besonders interessant, wenn diese in Maschinen oder Fahrzeugen folgender Branchen eingesetzt werden:

- Rohstoffgewinnung und -verarbeitung
- Metallerzeugung und -verarbeitung
- Zellstoff und Papier
- Schienenverkehr.

Abmessungen

Es können grundsätzlich Wälzlager mit einem Außendurchmesser D von 100 mm bis 4 500 mm aufbereitet und bei Bedarf modifiziert werden. Aufbereitung oder Modifikation von Lagern mit anderen Außendurchmessern bitte bei uns anfragen.

Weitere Informationen

- Ausführliche Informationen, siehe TPI 207, Instandhaltung und Aufbereitung von Wälzlagern
- Anfragen: support.is@schaeffler.com, Tel. +49 9721 91-1919, Fax +49 9721 91-3639.

Schulungen

Die fachgerechte Montage und Demontage von Wälzlagern bestimmt weitgehend deren Gebrauchsdauer. Rotative Wälzlager, Linearführungen und Gleitlager als unverzichtbare Bauelemente in Tausenden von Anwendungen zu begreifen, setzt das nötige Verständnis für diese Maschinenelemente voraus. Schaeffler verfügt weltweit über eigene, nach ISO 9001 zertifizierte Schulungszentren, *Bild 5*.

Bild 5
Schulung am Standort Eltmann

Die Schulungen zur Montage und Demontage bestehen in der Regel aus einem theoretischen und einem praktischen Teil. Tiefgehendes Wissen wird beispielsweise über den Ein- und Ausbau von Wälzlagern mit optimalen Werkzeugen und über die Zustandsüberwachung der Lagerungen, vorzugsweise über Schall-, Schwingungs- und Drehmomentmessungen, vermittelt.

Den Einstieg bildet grundsätzlich eine Basisschulung, die sich mit den unterschiedlichen Eigenschaften, Merkmalen und Bauformen von Wälz-, Gleitlagern und Linearführungen sowie deren Kombination zu Systemen bis hin zu mechatronischen Einheiten befasst. Anwendungsbeispiele spiegeln Auswahlkriterien und den erzeugten Kundennutzen wider. Diesen produktorientierten Schulungen folgen Module, welche die Wälzlagertheorie sowie ausgewählte Anwendungsfälle betrachten. Die Wälzlagertheorie vermittelt das nötige Wissen insbesondere zu Lagerspiel, Lastverteilung, Lebensdauer und Schmierung. In Workshops widmen sich die Teilnehmer Anwendungsfällen, wie zum Beispiel den Lagerungen in einer Werkzeugmaschine oder einer Wellenlagerung. Hier werden alle Prozessschritte behandelt, von der Lagerauswahl und Lagerberechnungen bis zum Einbau, *Bild 6*, Seite 129. Weiterhin bieten wir auch Workshops im Bereich Mechatronik an.

Bild 6
Schulung Wälzlagermontage

Mehrere Schulungsmodule befassen sich mit dem Ein- und Ausbau von Wälzlagern und Linearführungen. Aus der Anschauung und eigenen Übungen heraus gewinnt der Teilnehmer die für seine Praxis erforderlichen Montagekenntnisse und -fertigkeiten.
Unsere Montageschulungen decken dabei eine Vielzahl von Anwendungen ab. Auf Montageübungen mit einzelnen Produkten folgen Arbeiten an komplexeren Systemen, wie beispielsweise an Getrieben, Bahnradsätzen oder Werkzeugmaschinen.
Möglichkeiten, um Wartung und Instandhaltung von Maschinen, Anlagen und Wälzlagern planbar und wirtschaftlich zu gestalten, werden dem Schulungsteilnehmer in einschlägigen Kursen vermittelt.

Montageschrank

Literatur über den richtigen Einbau von Lagern ist reichlich vorhanden, aber es fehlt meist die entsprechende Ausrüstung, mit denen der Auszubildende so praxisbezogen wie möglich üben kann. Deshalb wurde ein Grundlehrgang von Ausbildern der Schaeffler-Ausbildungswerkstätten zusammengestellt, *Bild 7*, Seite 130.

Bild 7
Grundlehrgang: Montageschrank

Dieser Wälzlager-Lehrgang hat das Ziel, Kenntnisse zur Wahl des richtigen Lagers, zum sachgemäßen Ein- und Ausbau sowie zur Wartung der Lagerstellen zu vermitteln. Er ist zweiteilig aufgebaut.

Im theoretischen Teil werden Grundkenntnisse der Wälzlagerkunde vermittelt, wobei die Themengebiete Fachzeichnen, Fachrechnen und Fachtheorie mittels modernster Medien veranschaulicht werden. Im praktischen Teil werden die Grundfertigkeiten des Ein- und Ausbaus gebräuchlicher Lagerbauarten anhand modellhaft vereinfachter Gegenstücke (Wellen, Gehäuse) geübt. Hierbei kommen unterschiedliche Methoden und Werkzeuge zum Einsatz.

Die Lehrstoffinhalte bestehen aus kleineren Lernschritten und sind in verschiedenen Sprachen erhältlich. Sie entsprechen in vollem Umfang dem Schwierigkeitsgrad, der heute in der beruflichen Ausbildung verlangt wird. Aufbauend auf diesem Grundlehrgang können auch einzelne Inhalte mittels verschiedener Montagesätze geschult werden, *Bild 8*.

Bild 8
Übungen mit dem Montageschrank

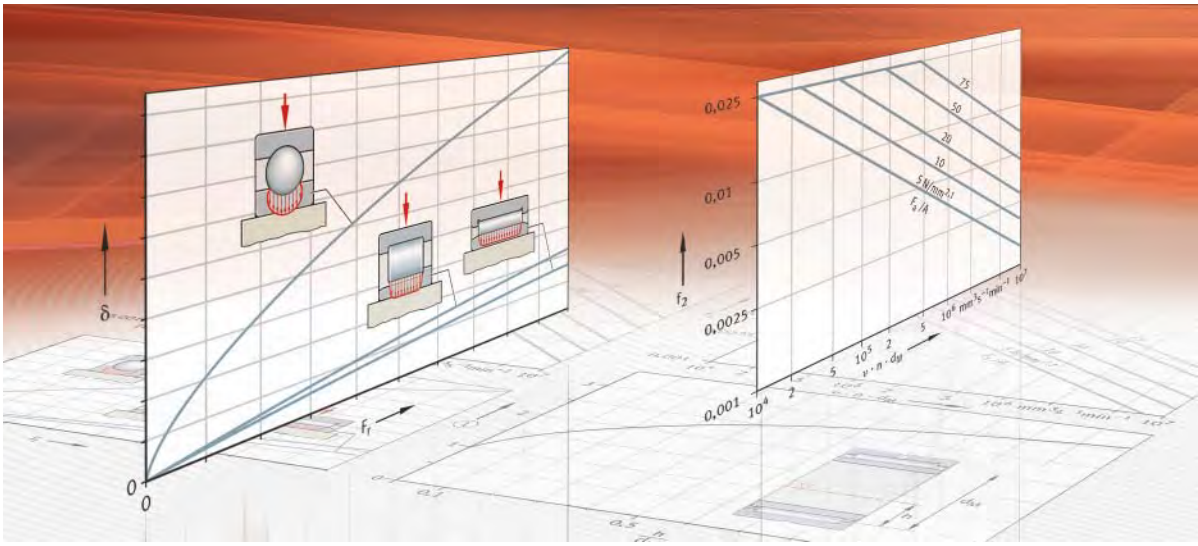
Montagekreuz

Zum Durchführen von professionellen Schulungen hinsichtlich der korrekten Montage und Demontage von Wälzlagern wurde von Schaeffler das sogenannte Montagekreuz entwickelt, *Bild 9*.
Mit dieser Ausrüstung wird es dem fachkundigen Ausbilder ermöglicht, den richtigen Umgang mit einer Vielzahl verschiedener Lagerbauformen anschaulich und unter realistischen Bedingungen zu vermitteln. Der Schwierigkeitsgrad entspricht der Basis-Ausbildung von Personen, die im regelmäßigen Umgang mit Wälzlagern stehen.

Bild 9
Schulungsausrüstung: Montagekreuz

Das Montagekreuz ist modular aufgebaut und kann durch eine Vielzahl verschiedener Übungen ergänzt und erweitert werden.
Die Anfangsausstattung beinhaltet die benötigten Grundwerkzeuge, das eigentliche Montagekreuz und vier verschiedene Übungen mit den am häufigsten verwendeten Lagerbauformen. Bestandteil einer jeden Übung sind die hierfür benötigten Lager, Umbauteile und Werkzeuge. Es werden sowohl mechanische, thermische als auch hydraulische Verfahren vermittelt.

In den beigefügten Schulungsunterlagen werden die richtige Vorgehensweise und der korrekte Umgang mit den Lagern und Werkzeugen genau erläutert. Hierbei wird auch auf notwendige Sicherheitsmaßnahmen und alternative Vorgehensweisen eingegangen.



Tabellen

Maß- und Toleranzsymbole
Wellen- und Gehäusepassungen
Normaltoleranzen
Kantenabstände
Radiale Lagerluft
Axiale Lagerluft
Radialluftverminderung
FAG-Wälzlagerfette Arcanol –
Chemisch-physikalische Daten
Hinweise zur Anwendung

Tabellen

Seite

Maß- und Toleranzsymbole 134

Wellen- und Gehäusepassungen 138

Normaltoleranzen

Normaltoleranzen der FAG-Radiallager (außer FAG-Kegelrollenlager) 150

Normaltoleranzen der FAG-Kegelrollenlager mit metrischen Abmessungen 152
- Breitentoleranz nach Toleranzklasse Normal 152
- Breitentoleranz nach Toleranzklasse 6X 155
- Eingeengte Toleranzklasse 5 156

Normaltoleranzen der FAG-Kegelrollenlager nach ANSI/ABMA 158

Normaltoleranzen der Axiallager 159
- Toleranzen der Nennhöhe 162

Kantenabstände

Kantenabstände für Radiallager (außer Kegelrollenlager) 163

Kantenabstände für Kegelrollenlager 165
- Kantenabstände für Kegelrollenlager mit metrischen Abmessungen 166
- Kantenabstände für FAG-Kegelrollenlager nach ANSI/ABMA 167

Kantenabstände für Axiallager 168

Radiale Lagerluft

Radiale Lagerluft der FAG-Rillenkugellager 170

Radiale Lagerluft der FAG-Pendelkugellager 171

Radiale Lagerluft der FAG-Tonnenlager 172

Radiale Lagerluft der FAG-Zylinderrollenlager 174

Radiale Lagerluft der FAG-Toroidalrollenlager 176

Axiale Lagerluft

Axiale Lagerluft der zweireihigen FAG-Schrägkugellager 180

Axiale Lagerluft der FAG-Vierpunktlager 181

Radialluftverminderung 182

FAG-Wälzlagerfette Arcanol – Chemisch-physikalische Daten 188

Hinweise zur Anwendung

Montage- und Demontageverfahren für Wälzlager 192

Messprotokoll 194

Maß- und Toleranzsymbole für Radial-Wälzlager nach ISO 492:2014

Maß-symbol	Toleranz-symbol	Beschreibung für Radiallager nach ISO 492:2014	Alter Begriff nach ISO 1132-1:2000
		Breite	
B	–	Nennmaß der Innenringbreite	Nennbreite des Innenrings
	t_{VBs}	**Symmetrischer Ring** Spanne der Zweipunktmaße der Innenringbreite	Schwankung der Innenringbreite
		Asymmetrischer Ring Spanne der kleinsten, von zwei gegenüberliegenden Linien umschriebenen Maße der Innenringbreite in jedem beliebigen Längsschnitt, der die Achse der Innenringbohrung einschließt	
	$t_{\Delta Bs}$	**Symmetrischer Ring** Abweichung eines Zweipunktmaßes der Innenringbreite vom Nennmaß	Abweichung der einzelnen Innenring-breite
		Asymmetrischer Ring, oberes Abmaß Abweichung des kleinsten, von zwei gegenüberliegenden Linien umschriebenen Maßes der Innenringbreite vom Nennmaß in jedem beliebigen Längsschnitt, der die Achse der Innenringbohrung einschließt	
		Asymmetrischer Ring, unteres Abmaß Abweichung eines Zweipunktmaßes der Innenringbreite vom Nennmaß	
C	–	Nennmaß der Außenringbreite	Nennbreite des Außenrings
	t_{VCs}	**Symmetrischer Ring** Spanne der Zweipunktmaße der Außenringbreite	Schwankung der Außenringbreite
		Asymmetrischer Ring Spanne der kleinsten, von zwei gegenüberliegenden Linien umschriebenen Maße der Außenringbreite in jedem beliebigen Längsschnitt, der die Achse der Außenring-Mantelfläche einschließt	
	$t_{\Delta Cs}$	**Symmetrischer Ring** Abweichung eines Zweipunktmaßes der Außenringbreite vom Nennmaß	Abweichung der einzelnen Außenring-breite
		Asymmetrischer Ring, oberes Abmaß Abweichung des kleinsten, von zwei gegenüberliegenden Linien umschriebenen Maßes der Außenringbreite vom Nennmaß in jedem beliebigen Längsschnitt, der die Achse der Außenring-Mantelfläche einschließt	
		Asymmetrischer Ring, unteres Abmaß Abweichung eines Zweipunktmaßes der Außenringbreite vom Nennmaß	
C_1	–	Nennmaß der Außenring-Flanschbreite	Nennbreite des Außenringflansches
	t_{VC1s}	Spanne der Zweipunktmaße der Außenring-Flanschbreite	Schwankung der Breite des Außenring-flansches
	$t_{\Delta C1s}$	Abweichung eines Zweipunktmaßes der Außenring-Flansch-breite vom Nennmaß	Abweichung der einzelnen Breite eines Außenringflansches

Maß- und Toleranzsymbole für Radial-Wälzlager nach ISO 492:2014
(Fortsetzung)

Maß-symbol	Toleranz-symbol	Beschreibung für Radiallager nach ISO 492:2014	Alter Begriff nach ISO 1132-1:2000
		Durchmesser	
d	–	Nennmaß des Durchmessers einer zylindrischen Bohrung oder des Durchmessers am theoretischen kleinen Ende einer kegeligen Bohrung	Nenndurchmesser der Bohrung
	t_{Vdmp}	Spanne der Bohrungsdurchmesser-Mittelwerte (aus Zweipunktmaßen) in jedem beliebigen Querschnitt einer zylindrischen Bohrung	Schwankung des mittleren Bohrungs-durchmessers
	$t_{\Delta dmp}$	**Zylindrische Bohrung** Abweichung des Bohrungsdurchmesser-Mittelwertes (aus Zweipunktmaßen) vom Nennmaß, in jedem beliebigen Querschnitt	Abweichung des mittleren Bohrungs-durchmessers in einer Ebene
		Kegelige Bohrung Abweichung des Bohrungsdurchmesser-Mittelwertes (aus Zweipunktmaßen) am theoretischen kleinen Ende der kegeligen Bohrung vom Nennmaß	
	t_{Vdsp}	Spanne der Zweipunktmaße des Bohrungsdurchmessers in jedem beliebigen Querschnitt einer zylindrischen oder kegeligen Bohrung	Schwankung eines einzelnen Bohrungs-durchmessers in einer einzelnen Ebene
	$t_{\Delta ds}$	Abweichung eines Zweipunktmaßes des Bohrungs-durchmessers vom Nennmaß	Abweichung des einzelnen Bohrungs-durchmessers
d_1	–	Nennmaß des Durchmessers am theoretischen großen Ende einer kegeligen Bohrung	Durchmesser am theoretischen großen Ende einer kegeligen Bohrung
	$t_{\Delta d1mp}$	Abweichung des Bohrungsdurchmesser-Mittelwertes (aus Zweipunktmaßen) am theoretischen großen Ende der kegeligen Bohrung vom Nennmaß	Abweichung des mittleren Bohrungs-durchmessers in einer Ebene am theo-retischen großen Ende der kegeligen Bohrung
D	–	Nennmaß des Außendurchmessers (Manteldurchmesser)	Nenndurchmesser des Mantels
	t_{VDmp}	Spanne der Außendurchmesser-Mittelwerte (aus Zweipunktmaßen) in jedem beliebigen Querschnitt	Schwankung des mittleren Mantel-durchmessers
	$t_{\Delta Dmp}$	Abweichung der Außendurchmesser-Mittelwerte (aus Zweipunktmaßen) vom Nennmaß in jedem beliebigen Querschnitt	Abweichung des mittleren Manteldurch-messers in einer Ebene
	t_{VDsp}	Spanne der Zweipunktmaße des Außendurchmessers in jedem beliebigen Querschnitt	Schwankung eines einzelnen Mantel-durchmessers in einer einzelnen Ebene
	$t_{\Delta Ds}$	Abweichung eines Zweipunktmaßes des Außen-durchmessers vom Nennmaß	Abweichung des einzelnen Mantel-durchmessers
D_1	–	Nennmaß des Außendurchmessers eines Außenring-flansches	Nenndurchmesser des Außenring-flansches
	$t_{\Delta D1s}$	Abweichung eines Zweipunktmaßes des Außen-durchmessers eines Außenringflansches vom Nennmaß	Abweichung des einzelnen Durch-messers des Außenringflansches
		Kegelige Bohrung	
SL	–	Kegelneigung als Differenz der Nenndurchmesser am theo-retischen großen Ende und kleinen Ende einer kegeligen Bohrung ($SL = d_1 - d$)	–
	$t_{\Delta SL}$	Abweichung der Kegelneigung einer kegeligen Innenring-bohrung vom Nennmaß ($\Delta SL = \Delta d1mp - \Delta dmp$)	–
α	–	Kegelwinkel einer kegeligen Innenringbohrung (Beschreibung basierend auf ISO 1119)	–

Maß- und Toleranzsymbole für Radial-Wälzlager nach ISO 492:2014 (Fortsetzung)

Maß-symbol	Toleranz-symbol	Beschreibung für Radiallager nach ISO 492:2014	Alter Begriff nach ISO 1132-1:2000
		Breite am zusammengebauten Lager	
T	–	Nennmaß der Lagerbreite eines zusammengebauten Lagers	Nennbreite des Lagers
	$t_{\Delta Ts}$	Abweichung des kleinsten umschriebenen Maßes der Lagerbreite eines zusammengebauten Lagers vom Nennmaß	Abweichung der tatsächlichen Lagerbreite
T_1	–	Nennmaß der effektiven Breite der inneren Baueinheit, gepaart mit einem Meister-Außenring	Effektive Nennbreite der inneren Baueinheit
	$t_{\Delta T1s}$	Abweichung des kleinsten umschriebenen Maßes der effektiven Breite (innere Baueinheit, gepaart mit einem Meister-Außenring) vom Nennmaß	Abweichung der tatsächlichen effektiven Breite der inneren Baueinheit
T_2	–	Nennmaß der effektiven Breite des Außenrings, gepaart mit einer inneren Meister-Baueinheit	Effektive Nennbreite des Außenrings, gepaart mit einer inneren Meister-Baueinheit
	$t_{\Delta T2s}$	Abweichung des kleinsten umschriebenen Maßes der effektiven Breite (Außenring, gepaart mit einer inneren Meister-Baueinheit) vom Nennmaß	Abweichung der tatsächlichen effektiven Breite des Außenrings, gepaart mit einer inneren Meister-Baueinheit
T_F	–	Nennmaß des Flanschabstands am zusammengebauten Lager mit Flansch	–
	$t_{\Delta TFs}$	Abweichung des kleinsten umschriebenen Maßes des Flanschabstands eines zusammengebauten Lagers mit Flansch vom Nennmaß	–
T_{F2}	–	Nennmaß des effektiven Flanschabstands des Außenringflansches, gepaart mit einer Meister-Innenbaueinheit	–
	$t_{\Delta TF2s}$	Abweichung des kleinsten umschriebenen Maßes des effektiven Flanschabstands (Außenring mit Flansch, gepaart mit einer inneren Meister-Baueinheit) vom Nennmaß	–
		Laufgenauigkeit	
	t_{Kea}	Radialer Rundlauf der Mantelfläche des Außenrings am zusammengebauten Lager, bezogen auf die Achse der Innenringbohrung	Radialschlag des Außenrings am zusammengebauten Lager
	t_{Kia}	Radialer Rundlauf der Bohrungsfläche des Innenrings am zusammengebauten Lager, bezogen auf die Achse des Außenringmantels	Radialschlag des Innenrings am zusammengebauten Lager
	t_{Sd}	Planlauf (axialer Rundlauf) der Seitenfläche des Innenrings, bezogen auf die Achse der Innenringbohrung	Rechtwinkligkeit der Innenringseitenfläche, bezogen auf die Bohrung
	t_{SD}	Rechtwinkligkeit der Achse der Außenring-Mantelfläche, bezogen auf die Seitenfläche des Außenrings	Rechtwinkligkeit der Außenring-Mantellinie, bezogen auf die Seitenfläche
	t_{SD1}	Rechtwinkligkeit der Achse der Außenring-Mantelfläche, bezogen auf die seitliche Anlagefläche des Außenringflansches	Rechtwinkligkeit der Außenring-Mantellinie, bezogen auf die Flansch-Anlagefläche
	t_{Sea}	Planlauf (axialer Rundlauf) der Seitenfläche des Außenringes am zusammengebauten Lager, bezogen auf die Achse der Innenringbohrung	Axialschlag des Außenringes am zusammengebauten Lager
	t_{Sea1}	Planlauf (axialer Rundlauf) der seitlichen Anlagefläche des Außenringflansches am zusammengebauten Lager, bezogen auf die Achse der Innenringbohrung	Axialschlag der Anlagefläche des Außenringflansches am zusammengebauten Lager
	t_{Sia}	Planlauf (axialer Rundlauf) der Seitenfläche des Innenringes am zusammengebauten Lager, bezogen auf die Achse des Außenringmantels	Axialschlag des Innenringes am zusammengebauten Lager

Maß- und Toleranzsymbole für Axial-Wälzlager nach ISO 199:2014

Maß-symbol	Toleranz-symbol	Beschreibung für Axiallager nach ISO 199:2014	Alter Begriff nach ISO 1132-1:2000
		Durchmesser	
d	–	Nennmaß des Bohrungsdurchmessers der Wellenscheibe, einseitig wirkendes Lager	Nenndurchmesser der Wellenscheiben-bohrung
	$t_{\Delta dmp}$	Abweichung des Bohrungsdurchmesser-Mittelwertes (aus Zweipunktmaßen) der Wellenscheibe vom Nennmaß, in jedem beliebigen Querschnitt	Abweichung des mittleren Bohrungs-durchmessers in einer Ebene
	t_{Vdsp}	Spanne der Zweipunktmaße des Bohrungsdurchmessers der Wellenscheibe in jedem beliebigen Querschnitt	Schwankung eines einzelnen Bohrungs-durchmessers in einer einzelnen Ebene
d_2	–	Nennmaß des Bohrungsdurchmessers der Zwischenscheibe, zweiseitig wirkendes Lager	Nenndurchmesser der Zwischen-scheibenbohrung
	$t_{\Delta d2mp}$	Abweichung des Bohrungsdurchmesser-Mittelwertes (aus Zweipunktmaßen) der Zwischenscheibe vom Nennmaß, in jedem beliebigen Querschnitt	Abweichung des mittleren Bohrungs-durchmessers in einer Ebene
	t_{Vd2sp}	Spanne der Zweipunktmaße des Bohrungsdurchmessers der Zwischenscheibe in jedem beliebigen Querschnitt	Schwankung eines einzelnen Bohrungs-durchmessers in einer einzelnen Ebene
D	–	Nennmaß des Außendurchmessers der Gehäusescheibe	Nenndurchmesser des Mantels der Gehäusescheibe
	$t_{\Delta Dmp}$	Abweichung des Außendurchmesser-Mittelwertes (aus Zweipunktmaßen) der Gehäusescheibe vom Nennmaß, in jedem beliebigen Querschnitt	Abweichung des mittleren Mantel-durchmessers in einer Ebene
	t_{VDsp}	Spanne der Zweipunktmaße des Außendurchmessers der Gehäusescheibe in jedem beliebigen Querschnitt	Schwankung eines einzelnen Mantel-durchmessers in einer einzelnen Ebene
		Höhe	
T	–	Nennmaß der Lagerhöhe, einseitig wirkendes Lager	Nennhöhe des Lagers
	$t_{\Delta Ts}$	Abweichung des kleinsten umschriebenen Maßes der Lager-höhe eines zusammengebauten Lagers vom Nennmaß, einseitig wirkendes Lager	Abweichung der tatsächlichen Lager-höhe
T_1	–	Nennmaß der Lagerhöhe, zweiseitig wirkendes Lager	Nennhöhe des Lagers
	$t_{\Delta T1s}$	Abweichung des kleinsten umschriebenen Maßes der Lager-höhe eines zusammengebauten Lagers vom Nennmaß, zweiseitig wirkendes Lager	Abweichung der tatsächlichen Lager-höhe
	t_{Se}	**Axial-Zylinderrollenlager** Spanne von Zweipunktmaßen der Scheibendicke zwischen der Laufbahn und der Rückseite der Gehäusescheibe	Schwankung der Gehäusescheiben-höhe
		Axial-Kugellager Spanne lokaler Kugelmaße zwischen der Laufbahnmitte und der gegenüberliegenden Rückseite der Gehäusescheibe	
	t_{Si}	**Axial-Zylinderrollenlager** Spanne von Zweipunktmaßen der Scheibendicke zwischen der Laufbahn und der Rückseite der Wellenscheibe	Schwankung der Wellenscheibenhöhe
		Axial-Kugellager Spanne lokaler Kugelmaße zwischen der Laufbahnmitte und der gegenüberliegenden Rückseite der Wellenscheibe	

	Nennmaß der Welle in mm				
	über **3** bis **6**	**6** **10**	**10** **18**	**18** **30**	**30** **50**
	Abweichung Lagerbohrungsdurchmesser in µm (Normaltoleranz)				
	Δ_{dmp} 0 −8	0 −8	0 −8	0 −10	0 −12
	Wellenabmaß, Passungsübermaß oder Passungsspiel in µm				
e7	−20 −32	−25 −40	−32 −50	−40 −61	−50 −75
e8	−20 −38	−25 −47	−32 −59	−40 −73	−50 −89
f6	−10 −18	−13 −22	−16 −27	−20 −33	−25 −41
f7	−10 −22	−13 −28	−16 −34	−20 −41	−25 −50
g5	−4 −9	−5 −11	−6 −14	−7 −16	−9 −20
g6	−4 −12	−5 −14	−6 −17	−7 −20	−9 −25
h5	0 −5	0 −6	0 −8	0 −9	0 −11
h6	0 −8	0 −9	0 −11	0 −13	0 −16
j5	+3 −2	+4 −2	+5 −3	+5 −4	+6 −5
j6	+6 −2	+7 −2	+8 −3	+9 −4	+11 −5
js3	+1,25 +1,25	+1,25 +1,25	+1,5 +1,5	+2 −2	+2 −2
js4	+2 −2	+2 −2	+2,5 +2,5	+3 −3	+3,5 +3,5
js5	+2,5 −2,5	+3 −3	+4 −4	+4,5 −4,5	+5,5 −5,5
js6	+4 −4	+4,5 −4,5	+5,5 −5,5	+6,5 −6,5	+8 −8
k3	+2,5 0	+2,5 0	+3 0	+4 0	+4 0
k4	+5 +1	+5 +1	+6 +1	+8 +2	+9 +2
k5	+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2
k6	+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2

50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250	250 280	280 315
0 −15	0 −15	0 −20	0 −20	0 −25	0 −25	0 −25	0 −30	0 −30	0 −30	0 −35	0 −35
−60 −90	−60 −90	−72 −107	−72 −107	−85 −125	−83 −125	−85 −125	−100 −146	−100 −146	−100 −146	−110 −162	−110 −162
−60 −106	−60 −106	−72 −126	−72 −126	−85 −148	−85 −148	−85 −148	−100 −172	−100 −172	−100 −172	−110 −191	−110 −191
−30 −49	−30 −49	−36 −58	−36 −58	−43 −68	−43 −68	−43 −68	−50 −79	−50 −79	−50 −79	−56 −88	−56 −88
−30 −60	−30 −60	−36 −71	−36 −71	−43 −83	−43 −83	−43 −83	−50 −96	−50 −96	−50 −96	−56 −108	−56 −108
−10 −23	−10 −23	−12 −27	−12 −27	−14 −32	−14 −32	−14 −32	−15 −35	−15 −35	−15 −35	−17 −40	−17 −40
−10 −29	−10 −29	−12 −34	−12 −34	−14 −39	−14 −39	−14 −39	−15 −44	−15 −44	−15 −44	−17 −49	−17 −49
0 −13	0 −13	0 −15	0 −15	0 −18	0 −18	0 −18	0 −20	0 −20	0 −20	0 −23	0 −23
0 −19	0 −19	0 −22	0 −22	0 −25	0 −25	0 −25	0 −29	0 −29	0 −29	0 −32	0 −32
+6 −7	+6 −7	+6 −9	+6 −9	+7 −11	+7 −11	+7 −11	+7 −13	+7 −13	+7 −13	+7 −16	+7 −16
+12 −7	+12 −7	+13 −9	+13 −9	+14 −11	+14 −11	+14 −11	+16 −13	+16 −13	+16 −13	+16 −16	+16 −16
+2,5 +2,5	+2,5 +2,5	+3 −3	+3 −3	+4 −4	+4 −4	+4 −4	+5 −5	+5 −5	+5 −5	+6 −6	+6 −6
+4 −4	+4 −4	+5 −5	+5 −5	+6 −6	+6 −6	+6 −6	+7 −7	+7 −7	+7 −7	+8 −8	+8 −8
+6,5 −6,5	+6,5 −6,5	+7,5 −7,5	+7,5 −7,5	+9 −9	+9 −9	+9 −9	+10 −10	+10 −10	+10 −10	+11,5 −11,5	+11,5 −11,5
+9,5 −9,5	+9,5 −9,5	+11 −11	+11 −11	+12,5 −12,5	+12,5 −12,5	+12,5 −12,5	+14,5 −14,5	+14,5 −14,5	+14,5 −14,5	+16 −16	+16 −16
+5 0	+5 0	+6 0	+6 0	+8 0	+8 0	+8 0	+10 0	+10 0	+10 0	+12 0	+12 0
+10 +2	+10 +2	+13 +3	+13 +3	+15 +3	+15 +3	+15 +3	+18 +4	+18 +4	+18 +4	+20 +4	+20 +4
+15 +2	+15 +2	+18 +3	+18 +3	+21 +3	+21 +3	+21 +3	+24 +4	+24 +4	+24 +4	+27 +4	+27 +4
+21 +2	+21 +2	+25 +3	+25 +3	+28 +3	+28 +3	+28 +3	+33 +4	+33 +4	+33 +4	+36 +4	+36 +4

Wellenpassungen
(Fortsetzung)

Nennmaß der Welle in mm				
über bis	**315** **355**	**355** **400**	**400** **450**	**450** **500**
Abweichung Lagerbohrungsdurchmesser in µm (Normaltoleranz)				
Δ_{dmp}	0 −40	0 −40	0 −45	0 −45
Wellenabmaß, Passungsübermaß oder Passungsspiel in µm				
e7	−125 −182	−125 −182	−135 −198	−135 −198
e8	−125 −214	−125 −214	−135 −232	−135 −232
f6	−62 −98	−62 −98	−68 −108	−68 −108
f7	−62 −119	−62 −119	−68 −131	−68 −131
g5	−18 −43	−18 −43	−20 −47	−20 −47
g6	−18 −54	−18 −54	−20 −60	−20 −60
h5	0 −25	0 −25	0 −27	0 −27
h6	0 −36	0 −36	0 −40	0 −40
j5	+7 −18	+7 −18	+7 −20	+7 −20
j6	+18 −18	+18 −18	+20 −20	+20 −20
js3	+6,5 −6,5	+6,5 −6,5	+7,5 −7,5	+7,5 −7,5
js4	+9 −9	+9 −9	+10 −10	+10 −10
js5	+12,5 −12,5	+12,5 −12,5	+13,5 −13,5	+13,5 −13,5
js6	+18 −18	+18 −18	+20 −20	+20 −20
k3	+13 0	+13 0	+15 0	+15 0
k4	+22 +4	+22 +4	+25 +5	+25 +5
k5	+29 +4	+29 +4	+32 +5	+32 +5
k6	+40 +4	+40 +4	+45 +5	+45 +5

500 560	560 630	630 710	710 800	800 900	900 1 000	1 000 1 120	1 120 1 250
0 −50	0 −50	0 −75	0 −75	0 −100	0 −100	0 −125	0 −125
−145 −215	−145 −215	−160 −240	−160 −240	−170 −260	−170 −260	−195 −300	−195 −300
−145 −255	−145 −255	−160 −285	−160 −285	−170 −310	−170 −310	−195 −360	−195 −360
−76 −120	−76 −120	−80 −130	−80 −130	−86 −142	−86 −142	−98 −164	−98 −164
−76 −146	−76 −146	−80 −160	−80 −160	−86 −176	−86 −176	−98 −203	−98 −203
−22 −51	−22 −51	−24 −56	−24 −56	−26 −62	−26 −62	−28 −70	−28 −70
−22 −66	−22 −66	−24 −74	−24 −74	−26 −82	−26 −82	−28 −94	−28 −94
0 −29	0 −29	0 −32	0 −32	0 −36	0 −36	0 −42	0 −42
0 −44	0 −44	0 −50	0 −50	0 −56	0 −56	0 −66	0 −66
–	–	–	–	–	–	–	–
+22 −22	+22 −22	+25 −25	+25 −25	+28 −28	+28 −28	+33 −33	+33 −33
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
+14,5 −14,5	+14,5 −14,5	+16 −16	+16 −16	+18 −18	+18 −18	+21 −21	+21 −21
+22 −22	+22 −22	+25 −25	+25 −25	+28 −28	+28 −28	+33 −33	+33 −33
–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–	–
+29 0	+29 0	+32 0	+32 0	+36 0	+36 0	+42 0	+42 0
+44 0	+44 0	+50 0	+50 0	+56 0	+56 0	+66 0	+66 0

Wellenpassungen
(Fortsetzung)

	Nennmaß der Welle in mm				
	über **3** bis **6**	**6** **10**	**10** **18**	**18** **30**	**30** **50**
	Abweichung Lagerbohrungsdurchmesser in µm (Normaltoleranz)				
Δ_{dmp}	0 −8	0 −8	0 −8	0 −10	0 −12
	Wellenabmaß, Passungsübermaß oder Passungsspiel in µm				
m5	+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9
m6	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9
n5	+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17
n6	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17
p6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26
p7	+24 +12	+30 +15	+36 +18	+43 +22	+51 +26
r6	+23 +15	+28 +19	+34 +23	+41 +28	+50 +34
r7	+27 +15	+34 +19	+41 +23	+49 +28	+59 +34
s6	+27 +19	+32 +23	+39 +28	+48 +35	+59 +43
s7	+31 +19	+38 +23	+46 +28	+56 +35	+68 +43
Wellentoleranzen für Spannhülsen und Abziehhülsen					
h7/ $\frac{IT5}{2}$	0 −12 *2,5*	0 −15 *3*	0 −18 *4*	0 −21 *4,5*	0 −25 *5,5*
h8/ $\frac{IT5}{2}$	0 −18 *2,5*	0 −22 *3*	0 −27 *4*	0 −33 *4,5*	0 −39 *5,5*
h9/ $\frac{IT6}{2}$	0 −30 *4*	0 −36 *4,5*	0 −43 *5,5*	0 −52 *6,5*	0 −62 *8*
h10/	0 −48 *6*	0 −58 *7,5*	0 −70 *9*	0 −84 *10,5*	0 −100 *12,5*

Die Zylinderformtoleranz t_1 (*kursive* Zahlen) ist auf den Radius bezogen (DIN ISO 1101).
Beim Messen des Wellendurchmessers sind die Toleranzwerte zu verdoppeln.
Für allgemeinen Maschinenbau die Werte h7 beziehungsweise h8 anstreben.

50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250	250 280	280 315
0 −15	0 −15	0 −20	0 −20	0 −25	0 −25	0 −25	0 −30	0 −30	0 −30	0 −35	0 −35
+24 +11	+24 +11	+28 +13	+28 +13	+33 +15	+33 +15	+33 +15	+37 +17	+37 +17	+37 +17	+43 +20	+43 +20
+30 +11	+30 +11	+35 +13	+35 +13	+40 +15	+40 +15	+40 +15	+46 +17	+46 +17	+46 +17	+52 +20	+52 +20
+33 +20	+33 +20	+38 +23	+38 +23	+45 +27	+45 +27	+45 +27	+51 +31	+51 +31	+51 +31	+57 +34	+57 +34
+39 +20	+39 +20	+45 +23	+45 +23	+52 +27	+52 +27	+52 +27	+60 +31	+60 +31	+60 +31	+66 +34	+66 +34
+51 +32	+51 +32	+59 +37	+59 +37	+68 +43	+68 +43	+68 +43	+79 +50	+79 +50	+79 +50	+88 +56	+88 +56
+62 +32	+62 +32	+72 +37	+72 +37	+83 +43	+83 +43	+83 +43	+96 +50	+96 +50	+96 +50	+108 +56	+108 +56
+60 +41	+62 +43	+73 +51	+76 +54	+88 +63	+90 +65	+93 +68	+106 +77	+109 +80	+113 +84	+126 +94	+130 +98
+71 +41	+73 +43	+86 +51	+89 +54	+103 +63	+105 +65	+108 +68	+123 +77	+126 +80	+130 +84	+146 +94	+150 +98
+72 +53	+78 +59	+93 +71	+101 +79	+117 +92	+125 +100	+133 +108	+151 +122	+159 +130	+169 +140	+190 +158	+202 +170
+83 +53	+89 +59	+106 +71	+114 +79	+132 +92	+140 +100	+148 +108	+168 +122	+176 +130	+186 +140	+210 +158	+222 +170
0 −30 *6,5*	0 −30 *6,5*	0 −35 *7,5*	0 −35 *7,5*	0 −40 *9*	0 −40 *9*	0 −40 *9*	0 −46 *10*	0 −46 *10*	0 −46 *10*	0 −52 *11,5*	0 −52 *11,5*
0 −46 *6,5*	0 −46 *6,5*	0 −54 *7,5*	0 −54 *7,5*	0 −63 *9*	0 −63 *9*	0 −63 *9*	0 −72 *10*	0 −72 *10*	0 −72 *10*	0 −81 *11,5*	0 −81 *11,5*
0 −74 *9,5*	0 −74 *9,5*	0 −87 *11*	0 −87 *11*	0 −100 *12,5*	0 −100 *12,5*	0 −100 *12,5*	0 −115 *14,5*	0 −115 *14,5*	0 −115 *14,5*	0 −130 *16*	0 −130 *16*
0 −120 *15*	0 −120 *15*	0 −140 *17,5*	0 −140 *17,5*	0 −160 *20*	0 −160 *20*	0 −160 *20*	0 −185 *23*	0 −185 *23*	0 −185 *23*	0 −210 *26*	0 −210 *26*

Wellenpassungen
(Fortsetzung)

	Nennmaß der Welle in mm			
	über **315** bis **355**	**355** **400**	**400** **450**	**450** **500**
	Abweichung Lagerbohrungsdurchmesser in µm (Normaltoleranz)			
Δ_{dmp}	0 −40	0 −40	0 −45	0 −45
	Wellenabmaß, Passungsübermaß oder Passungsspiel in µm			
m5	+46 +21	+46 +21	+50 +23	+50 +23
m6	+57 +21	+57 +21	+63 +23	+63 +23
n5	+62 +37	+62 +37	+67 +40	+67 +40
n6	+73 +37	+73 +37	+80 +40	+80 +40
p6	+98 +62	+98 +62	+108 +68	+108 +68
p7	+119 +62	+119 +62	+131 +68	+131 +68
r6	+144 +108	+150 +114	+166 +126	+172 +132
r7	+165 +108	+171 +114	+189 +126	+195 +132
s6	+226 +190	+244 +208	+272 +232	+292 +252
s7	+247 +190	+265 +208	+295 +232	+315 +252
Wellentoleranzen für Spannhülsen und Abziehhülsen				
h7/ $\frac{IT5}{2}$	0 −57 *12,5*	0 −57 *12,5*	0 −63 *13,5*	0 −63 *13,5*
h8/ $\frac{IT5}{2}$	0 −89 *12,5*	0 −89 *12,5*	0 −97 *13,5*	0 −97 *13,5*
h9/ $\frac{IT6}{2}$	0 −140 *18*	0 −140 *18*	0 −155 *20*	0 −155 *20*
h10/	0 −230 *28,5*	0 −230 *28,5*	0 −250 *31,5*	0 −250 *31,5*

Die Zylinderformtoleranz t_1 (*kursive* Zahlen) ist auf den Radius bezogen (DIN ISO 1101).
Beim Messen des Wellendurchmessers sind die Toleranzwerte zu verdoppeln.
Für allgemeinen Maschinenbau die Werte h7 beziehungsweise h8 anstreben.

500 **560**	**560** **630**	**630** **710**	**710** **800**	**800** **900**	**900** **1 000**	**1 000** **1 120**	**1 120** **1 250**
0 −50	0 −50	0 −75	0 −75	0 −100	0 −100	0 −125	0 −125
+55 +26	+55 +26	+62 +30	+62 +30	+70 +34	+70 +34	+82 +40	+82 +40
+70 +26	+70 +26	+80 +30	+80 +30	+90 +34	+90 +34	+106 +40	+106 +40
+73 +44	+73 +44	+82 +50	+82 +50	+92 +56	+92 +56	+108 +66	+108 +66
+88 +44	+88 +44	+100 +50	+100 +50	+112 +56	+112 +56	+132 +66	+132 +66
+122 +78	+122 +78	+138 +88	+138 +88	+156 +100	+156 +100	+186 +120	+186 +120
+148 +78	+148 +78	+168 +88	+168 +88	+190 +100	+190 +100	+225 +120	+225 +120
+194 +150	+199 +155	+225 +175	+235 +185	+266 +210	+276 +220	+316 +250	+326 +260
+220 +150	+225 +155	+255 +175	+265 +185	+300 +210	+310 +220	+355 +250	+365 +260
+324 +280	+354 +310	+390 +340	+430 +380	+486 +430	+526 +470	+586 +520	+646 +580
+350 +280	+380 +310	+420 +340	+460 +380	+520 +430	+560 +470	+625 +520	+685 +580
0 −70 *14,5*	0 −70 *14,5*	0 −80 *16*	0 −80 *16*	0 −90 *18*	0 −90 *18*	0 −105 *21*	0 −105 *21*
0 −110 *14,5*	0 −110 *14,5*	0 −125 *16*	0 −125 *16*	0 −140 *18*	0 −140 *18*	0 −165 *21*	0 −165 *21*
0 −175 *22*	0 −175 *22*	0 −200 *25*	0 −200 *25*	0 −230 *28*	0 −230 *28*	0 −260 *33*	0 −260 *33*
0 −280 *35*	0 −280 *35*	0 −320 *40*	0 −320 *40*	0 −360 *45*	0 −360 *45*	0 −420 *52,5*	0 −420 *52,5*

Gehäusepassungen

Nennmaß der Gehäusebohrung in mm					
über	**6**	**10**	**18**	**30**	**50**
bis	**10**	**18**	**30**	**50**	**80**
Abweichung Lageraußendurchmesser in µm (Normaltoleranz)					
Δ_{Dmp}	0 −8	0 −8	0 −9	0 −11	0 −13
Gehäuseabmaß, Passungsübermaß oder Passungsspiel in µm					
D10	+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100
E8	+47 +25	+59 +32	+73 +40	+89 +50	+106 +60
F7	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30
G6	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10
G7	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10
H5	+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0
H6	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0
H7	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0
H8	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0
J6	+5 −4	+6 −5	+8 −5	+10 −6	+13 −6
J7	+8 −7	+10 −8	+12 −9	+14 −11	+18 −12
JS4	+2 −2	+2,5 −2,5	+3 −3	+3,5 −3,5	+4 −4
JS5	+3 −3	+4 −4	+4,5 −4,5	+5,5 −5,5	+6,5 −6,5
JS6	+4,5 −4,5	+5,5 −5,5	+6,5 −6,5	+8 −8	+9,5 −9,5
JS7	+7,5 −7,5	+9 −9	+10,5 −10,5	+12,5 −12,5	+15 −15

80 **120**	**120** **150**	**150** **180**	**180** **250**	**250** **315**	**315** **400**	**400** **500**	**500** **630**	**630** **800**	**800** **1 000**	**1 000** **1 250**	**1 250** **1 600**
0 −15	0 −18	0 −25	0 −30	0 −35	0 −40	0 −45	0 −50	0 −75	0 −100	0 −125	0 −160
+260 +120	+305 +145	+305 +145	+355 +170	+400 +190	+440 +210	+480 +230	+540 +260	+610 +290	+680 +320	+770 +350	+890 +390
+126 +72	+148 +85	+148 +85	+172 +100	+191 +110	+214 +125	+232 +135	+255 +145	+285 +160	+310 +170	+360 +195	+415 +220
+71 +36	+83 +43	+83 +43	+96 +50	+108 +56	+119 +62	+131 +68	+146 +76	+160 +80	+176 +86	+203 +98	+235 +110
+34 +12	+39 +14	+39 +14	+44 +15	+49 +17	+54 +18	+60 +20	+66 +22	+74 +24	+82 +26	+94 +28	+108 +30
+47 +12	+54 +14	+54 +14	+61 +15	+69 +17	+75 +18	+83 +20	+92 +22	+104 +24	+116 +26	+133 +28	+155 +30
+15 0	+18 0	+18 0	+20 0	+23 0	+25 0	+27 0	–	–	–	–	–
+22 0	+25 0	+25 0	+29 0	+32 0	+36 0	+40 0	+44 0	+50 0	+56 0	+66 0	+78 0
+35 0	+40 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0	+70 0	+80 0	+90 0	+105 0	+125 0
+54 0	+63 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0	+97 0	+110 0	+125 0	+140 0	+165 0	+195 0
+16 −6	+18 −7	+18 −7	+22 −7	+25 −7	+29 −7	+33 −7	–	–	–	–	–
+22 −13	+26 −14	+26 −14	+30 −16	+36 −16	+39 −18	+43 −20	–	–	–	–	–
+5 −5	+6 −6	+6 −6	+7 −7	+8 −8	+9 −9	+10 −10	–	–	–	–	–
+7,5 −7,5	+9 −9	+9 −9	+10 −10	+11,5 −11,5	+12,5 −12,5	+13,5 −13,5	–	–	–	–	–
+11 −11	+12,5 −12,5	+12,5 −12,5	+14,5 −14,5	+16 −16	+18 −18	+20 −20	+22 −22	+25 −25	+28 −28	+33 −33	+39 −39
+17,5 −17,5	+20 −20	+20 −20	+23 −23	+26 −26	+28,5 −28,5	+31,5 −31,5	+35 −35	+40 −40	+45 −45	+52 −52	+62 −62

Gehäusepassungen
(Fortsetzung)

	Nennmaß der Gehäusebohrung in mm				
	über **6** bis **10**	**10** **18**	**18** **30**	**30** **50**	**50** **80**
	Abweichung Lageraußendurchmesser in µm (Normaltoleranz)				
Δ_{Dmp}	0 −8	0 −8	0 −9	0 −11	0 −13
	Gehäuseabmaß, Passungsübermaß oder Passungsspiel in µm				
K4	+0,5 −3,5	+1 −4	0 −6	+1 −6	+1 −7
K5	+1 −5	+2 −6	+1 −8	+2 −9	+3 −10
K6	+2 −7	+2 −9	+2 −11	+3 −13	+4 −15
K7	+5 −10	+6 −12	+6 −15	+7 −18	+9 −21
M6	−3 −12	−4 −15	−4 −17	−4 −20	−5 −24
M7	0 −15	0 −18	0 −21	0 −25	0 −30
N6	−7 −16	−9 −20	−11 −24	−12 −28	−14 −33
N7	−4 −19	−5 −23	−7 −28	−8 −33	−9 −39
P6	−12 −21	−15 −26	−18 −31	−21 −37	−26 −45
P7	−9 −24	−11 −29	−14 −35	−17 −42	−21 −51
R6	−16 −25	−20 −31	−24 −37	−29 −45	−35 −54
S7	−20 −29	−25 −36	−31 −44	−38 −54	−47 −66

80 **120**	**120** **150**	**150** **180**	**180** **250**	**250** **315**	**315** **400**	**400** **500**	**500** **630**	**630** **800**	**800** **1 000**	**1 000** **1 250**	**1 250** **1 600**
0 −15	0 −18	0 −25	0 −30	0 −35	0 −40	0 −45	0 −50	0 −75	0 −100	0 −125	0 −160
+1 −9	+1 −11	+1 −11	0 −14	0 −16	0 −17	0 −20	–	–	–	–	–
+2 −13	+3 −15	+3 −15	+2 −18	+3 −20	+3 −22	+2 −25	–	–	–	–	–
+4 −18	+4 −21	+4 −21	+5 −24	+5 −27	+7 −29	+8 −32	0 −44	0 −50	0 −56	0 −66	0 −78
+10 −25	+12 −28	+12 −28	+13 −33	+16 −36	+17 −40	+18 −45	0 −70	0 −80	0 −90	0 −105	0 −125
−6 −28	−8 −33	−8 −33	−8 −37	−9 −41	−10 −46	−10 −50	−26 −70	−30 −80	−34 −90	−40 −106	−48 −126
0 −35	0 −40	0 −40	0 −46	0 −52	0 −57	0 −63	−26 −96	−30 −110	−34 −124	−40 −145	−48 −173
−16 −38	−20 −45	−20 −45	−22 −51	−25 −57	−26 −62	−27 −67	−44 −88	−50 −100	−56 −112	−66 −132	−78 −156
−10 −45	−12 −52	−12 −52	−14 −60	−14 −66	−16 −73	−17 −80	−44 −114	−50 −130	−56 −146	−66 −171	−78 −203
−30 −52	−36 −61	−36 −61	−41 −70	−47 −79	−51 −87	−55 −95	−78 −122	−88 −138	−100 −156	−120 −186	−140 −218
−24 −59	−28 −68	−28 −68	−33 −79	−36 −88	−41 −98	−45 −108	−78 −148	−88 −168	−100 −190	−120 −225	−140 −265
−44 −66	−56 −81	−61 −86	−68 −97	−85 −117	−97 −133	−113 −153	−150 −194	−175 −225	−210 −266	−250 −316	−300 −378
−64 −86	−85 −110	−101 −126	−113 −142	−149 −181	−179 −215	−219 −259	–	–	–	–	–

Normaltoleranzen der FAG-Radiallager (außer FAG-Kegelrollenlager)

Normaltoleranzen der FAG-Radiallager mit Ausnahme der Kegelrollenlager.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung		Abweichung der Bohrung		Schwankung				Rundlauf	Abweichung der Innenringbreite				Schwankung
d		$t_{\Delta dmp}$		t_{Vdsp}			t_{Vdmp}	t_{Kia}	$t_{\Delta Bs}$				t_{VBs}
mm		µm		µm			µm	µm	µm				µm
		Abmaß		Durchmesserreihen					Abmaß				
				9	0, 1	2, 3, 4			normal		modifiziert[1]		
über	bis	oberes	unteres	max.	max.	max.	max.	max.	oberes	unteres	oberes	unteres	max.
0,6[2]	2,5	0	–8	10	8	6	6	10	0	–40	0	–	12
2,5	10	0	–8	10	8	6	6	10	0	–120	0	–250	15
10	18	0	–8	10	8	6	6	10	0	–120	0	–250	20
18	30	0	–10	13	10	8	8	13	0	–120	0	–250	20
30	50	0	–12	15	12	9	9	15	0	–120	0	–250	20
50	80	0	–15	19	19	11	11	20	0	–150	0	–380	25
80	120	0	–20	25	25	15	15	25	0	–200	0	–380	25
120	180	0	–25	31	31	19	19	30	0	–250	0	–500	30
180	250	0	–30	38	38	23	23	40	0	–300	0	–500	30
250	315	0	–35	44	44	26	26	50	0	–350	0	–500	35
315	400	0	–40	50	50	30	30	60	0	–400	0	–630	40
400	500	0	–45	56	56	34	34	65	0	–450	0	–	50
500	630	0	–50	63	63	38	38	70	0	–500	0	–	60
630	800	0	–75	–	–	–	–	80	0	–750	0	–	70
800	1 000	0	–100	–	–	–	–	90	0	–1 000	0	–	80
1 000	1 250	0	–125	–	–	–	–	100	0	–1 250	0	–	100
1 250	1 600	0	–160	–	–	–	–	120	0	–1 600	0	–	120
1 600	2 000	0	–200	–	–	–	–	140	0	–2 000	0	–	140

[1] Nur für Lager, die speziell für gepaarte Anordnungen gefertigt werden.

[2] Dieser Durchmesser ist eingeschlossen.

Toleranzen des Außenrings[1)]

Außendurchmesser D mm		Abweichung des Außendurchmessers $t_{\Delta Dmp}$ µm Abmaß		Schwankung					Planlauf
				t_{VDsp} µm				t_{VDmp}[2)] µm	t_{Kea} µm
				Offene Lager Durchmesserreihen			Lager mit Deck- oder Dichtscheiben		
				9	0, 1	2, 3, 4			
über	bis	oberes	unteres	max.	max.	max.	max.	max.	max.
2,5[3)]	6	0	−8	10	8	6	10	6	15
6	18	0	−8	10	8	6	10	6	15
18	30	0	−9	12	9	7	12	7	15
30	50	0	−11	14	11	8	16	8	20
50	80	0	−13	16	13	10	20	10	25
80	120	0	−15	19	19	11	26	11	35
120	150	0	−18	23	23	14	30	14	40
150	180	0	−25	31	31	19	38	19	45
180	250	0	−30	38	38	23	–	23	50
250	315	0	−35	44	44	26	–	26	60
315	400	0	−40	50	50	30	–	30	70
400	500	0	−45	56	56	34	–	34	80
500	630	0	−50	63	63	38	–	38	100
630	800	0	−75	94	94	55	–	55	120
800	1 000	0	−100	125	125	75	–	75	140
1 000	1 250	0	−125	–	–	–	–	–	160
1 250	1 600	0	−160	–	–	–	–	–	190
1 600	2 000	0	−200	–	–	–	–	–	220
2 000	2 500	0	−250	–	–	–	–	–	250

1) $\overline{\Delta_{Cs}}$, Δ_{C1s}, V_{Cs} und V_{C2s} sind identisch mit Δ_{Bs} und V_{Bs} für den Innenring des zugehörigen Lagers (Tabelle Toleranzklasse Normal Innenring, Seite 150).

2) Gilt vor dem Zusammenbau des Lagers und nachdem innere und/oder äußere Sprengringe entfernt sind.

3) Dieser Durchmesser ist eingeschlossen.

Normaltoleranzen der FAG-Kegelrollenlager mit metrischen Abmessungen

Die Hauptabmessungen entsprechen ISO 355 und DIN 720, die Maß- und Lauftoleranzen ISO 492:2014. Diese Werte gelten nur für Lager mit metrischen Abmessungen.

Breitentoleranz nach Toleranzklasse Normal

Einreihige Kegelrollenlager 302, 303, 313, 322, 323, T2EE, T4CB, T4DB, T5ED und T7FC entsprechen der Toleranzklasse Normal.

Lager 320, 329, 330, 331 und 332 für Wellendurchmesser über 200 mm haben Breitentoleranzen nach der Toleranzklasse Normal. Lager für Wellendurchmesser $<$ 200 mm haben Breitentoleranzen nach der Toleranzklasse 6X, siehe Tabelle, Seite 155.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung		Abweichung der Bohrung		Schwankung		Rundlauf
d		$t_{\Delta dmp}$		t_{Vdsp}	t_{Vdmp}	t_{Kia}
mm		µm		µm	µm	µm
über	bis	max.	min.	max.	max.	max.
–	10	0	–12	12	9	15
10	18	0	–12	12	9	15
18	30	0	–12	12	9	18
30	50	0	–12	12	9	20
50	80	0	–15	15	11	25
80	120	0	–20	20	15	30
120	180	0	–25	25	19	35
180	250	0	–30	30	23	50
250	315	0	–35	35	26	60
315	400	0	–40	40	30	70
400	500	0	–45	45	34	80
500	630	0	–60	60	40	90
630	800	0	–75	75	45	100
800	1 000	0	–100	100	55	115
1 000	1 250	0	–125	125	65	130
1 250	1 600	0	–160	160	80	150
1 600	2 000	0	–200	200	100	170

Breitentoleranzen

Bohrung		Abweichung der Innenringbreite		Abweichung der Breite					
d		$t_{\Delta Bs}$		$t_{\Delta Ts}$		$t_{\Delta T1s}$		$t_{\Delta T2s}$	
mm		µm		µm		µm		µm	
über	bis	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
–	10	0	−120	+200	0	+100	0	+100	0
10	18	0	−120	+200	0	+100	0	+100	0
18	30	0	−120	+200	0	+100	0	+100	0
30	50	0	−120	+200	0	+100	0	+100	0
50	80	0	−150	+200	0	+100	0	+100	0
80	120	0	−200	+200	−200	+100	−100	+100	−100
120	180	0	−250	+350	−250	+150	−150	+200	−100
180	250	0	−300	+350	−250	+150	−150	+200	−100
250	315	0	−350	+350	−250	+150	−150	+200	−100
315	400	0	−400	+400	−400	+200	−200	+200	−200
400	500	0	−450	+450	−450	+225	−225	+225	−225
500	630	0	−500	+500	−500	–	–	–	–
630	800	0	−750	+600	−600	–	–	–	–
800	1 000	0	−1 000	+750	−750	–	–	–	–
1 000	1 250	0	−1 250	+900	−900	–	–	–	–
1 250	1 600	0	−1 600	+1 050	−1 050	–	–	–	–
1 600	2 000	0	−2 000	+1 200	−1 200	–	–	–	–

Normaltoleranzen

Toleranzen des Außenrings

Außendurchmesser		Abweichung des Außendurchmessers		Schwankung		Rundlauf
D		$t_{\Delta Dmp}$		t_{VDsp}	t_{VDmp}	t_{Kea}
mm		µm		µm	µm	µm
über	bis	max.	min.	max.	max.	max.
–	18	0	–12	12	9	18
18	30	0	–12	12	9	18
30	50	0	–14	14	11	20
50	80	0	–16	16	12	25
80	120	0	–18	18	14	35
120	150	0	–20	20	15	40
150	180	0	–25	25	19	45
180	250	0	–30	30	23	50
250	315	0	–35	35	26	60
315	400	0	–40	40	30	70
400	500	0	–45	45	34	80
500	630	0	–50	60	38	100
630	800	0	–75	80	55	120
800	1 000	0	–100	100	75	140
1 000	1 250	0	–125	130	90	160
1 250	1 600	0	–160	170	100	180
1 600	2 000	0	–200	210	110	200
2 000	2 500	0	–250	265	120	220

Die Breitentoleranz Δ_{Cs} ist identisch mit Δ_{Bs} für den Innenring desselben Lagers.

Breitentoleranz nach Toleranzklasse 6X

Kegelrollenlager 320, 329, 330, 331 und 332 für Wellendurchmesser bis 200 mm sowie zöllige Lager mit der Kennung KJ haben eingeengte Breitentoleranzen der Toleranzklasse 6X.

Breitentoleranzen

Bohrung		Abweichung der Innenringbreite		Abweichung der Breite							
d		$t_{\Delta Bs}$		$t_{\Delta Cs}$		$t_{\Delta Ts}$		$t_{\Delta T1s}$		$t_{\Delta T2s}$	
mm		µm		µm		µm		µm		µm	
über	bis	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
–	10	0	−50	0	−100	+100	0	+50	0	+50	0
10	18	0	−50	0	−100	+100	0	+50	0	+50	0
18	30	0	−50	0	−100	+100	0	+50	0	+50	0
30	50	0	−50	0	−100	+100	0	+50	0	+50	0
50	80	0	−50	0	−100	+100	0	+50	0	+50	0
80	120	0	−50	0	−100	+100	0	+50	0	+50	0
120	180	0	−50	0	−100	+150	0	+50	0	+100	0
180	250	0	−50	0	−100	+150	0	+50	0	+100	0
250	315	0	−50	0	−100	+200	0	+100	0	+100	0
315	400	0	−50	0	−100	+200	0	+100	0	+100	0
400	500	0	−50	0	−100	+200	0	+100	0	+100	0

Normaltoleranzen

Eingeengte Toleranzklasse 5

Kegelrollenlager mit eingeengten Toleranzen entsprechen der Toleranzklasse 5 nach ISO 492:2014.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung d mm		Abweichung der Bohrung $t_{\Delta dmp}$ µm		Schwankung		Rundlauf
				t_{Vdsp} µm	t_{Vdmp} µm	t_{Kia} µm
über	bis	max.	min.	max.	max.	max.
–	10	0	–7	5	5	5
10	18	0	–7	5	5	5
18	30	0	–8	6	5	5
30	50	0	–10	8	5	6
50	80	0	–12	9	6	7
80	120	0	–15	11	8	8
120	180	0	–18	14	9	11
180	250	0	–22	17	11	13
250	315	0	–25	19	13	13
315	400	0	–30	23	15	15
400	500	0	–35	28	17	20
500	630	0	–40	35	20	25
630	800	0	–50	45	25	30
800	1 000	0	–60	60	30	37
1 000	1 250	0	–75	75	37	45
1 250	1 600	0	–90	90	45	55

Breitentoleranzen

Bohrung d mm		Abweichung der Innenringbreite $t_{\Delta Bs}$ µm		Abweichung der Lagerbreite $t_{\Delta Ts}$ µm	
über	bis	max.	min.	max.	min.
–	10	0	–200	+200	–200
10	18	0	–200	+200	–200
18	30	0	–200	+200	–200
30	50	0	–240	+200	–200
50	80	0	–300	+200	–200
80	120	0	–400	+200	–200
120	180	0	–500	+350	–250
180	250	0	–600	+350	–250
250	315	0	–700	+350	–250
315	400	0	–800	+400	–400
400	500	0	–900	+450	–450
500	630	0	–1 100	+500	–500
630	800	0	–1 600	+600	–600
800	1 000	0	–2 000	+750	–750
1 000	1 250	0	–2 000	+750	–750
1 250	1 600	0	–2 000	+900	–900

Toleranzen des Außenrings

Außendurchmesser		Abweichung des Außendurchmessers		Schwankung		Rundlauf
D		$t_{\Delta Dmp}$		t_{VDsp}	t_{VDmp}	t_{Kea}
mm		µm		µm	µm	µm
über	bis	max.	min.	max.	max.	max.
–	18	0	–8	6	5	6
18	30	0	–8	6	5	6
30	50	0	–9	7	5	7
50	80	0	–11	8	6	8
80	120	0	–13	10	7	10
120	150	0	–15	11	8	11
150	180	0	–18	14	9	13
180	250	0	–20	15	10	15
250	315	0	–25	19	13	18
315	400	0	–28	22	14	20
400	500	0	–33	26	17	24
400	500	0	–38	30	20	30
500	630	0	–45	38	25	36
630	800	0	–60	50	30	43
800	1 000	0	–80	65	38	52
1 000	1 250	0	–100	90	50	62
1 250	1 600	0	–125	120	65	73

Normaltoleranzen der FAG-Kegelrollenlager nach ANSI/ABMA

Kegelrollenlager der Reihe K werden serienmäßig mit Normaltoleranzen in Anlehnung an ANSI/ABMA gefertigt.
Ausnahme Reihe KJ = 6X.
Die Breite Δ_{Bs} und der Rundlauf entsprechen der Toleranzklasse Normal nach ISO 492:2014.
Die Bohrungs- und Außendurchmesser der Lager mit Zollabmessungen haben Plustoleranzen.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung d mm		Abweichung der Bohrung $t_{\Delta dmp}$ µm		Rundlauf t_{Kia} µm
über	bis	max.	min.	
10	18	13	0	15
18	30	13	0	18
30	50	13	0	20
50	81	13	0	25
81	120	25	0	30
120	180	25	0	35
180	305	25	0	50
305	400	50	0	50

Breitentoleranzen

Bohrung d mm		Abweichung der Innenringbreite (bezogen auf Bohrung) $t_{\Delta Bs}$ µm		Abweichung der Lagerbreite $t_{\Delta Ts}$ µm	
über	bis	max.	min.	max.	min.
10	50	0	–120	+200	0
50	81	0	–150	+200	0
81	102	0	–200	+200	0
102	120	0	–200	+350	–250
120	180	0	–250	+350	–250
180	250	0	–300	+350	–250
250	305	0	–350	+350	–250
305	315	0	–350	+375	–375
315	400	0	–400	+375	–375

Toleranzen des Außenrings

Außendurchmesser D mm		Abweichung des Außendurchmessers $t_{\Delta Dmp}$ µm		Rundlauf t_{Kea} µm
über	bis	max.	min.	
18	30	+25	0	18
30	50	+25	0	20
50	81	+25	0	25
81	120	+25	0	35
120	150	+25	0	40
150	180	+25	0	45
180	250	+25	0	50
250	305	+25	0	50
305	400	+50	0	50

Normaltoleranzen der Axiallager

Die Normaltoleranzen der Axiallager entsprechen ISO 199, DIN 620-3.

Toleranzen des Bohrungsdurchmessers für Wellenscheiben

Bohrung d mm		Abweichung der Bohrung $t_{\Delta dmp}$ µm Toleranzklasse				Schwankung t_{Vdp} µm Toleranzklasse	
		Normal, 6 und 5 Abmaß		4 Abmaß		Normal, 6 und 5	4
über	bis	oberes	unteres	oberes	unteres	max.	max.
–	18	0	–8	0	–7	6	5
18	30	0	–10	0	–8	8	6
30	50	0	–12	0	–10	9	8
50	80	0	–15	0	–12	11	9
80	120	0	–20	0	–15	15	11
120	180	0	–25	0	–18	19	14
180	250	0	–30	0	–22	23	17
250	315	0	–35	0	–25	26	19
315	400	0	–40	0	–30	30	23
400	500	0	–45	0	–35	34	26
500	630	0	–50	0	–40	38	30
630	800	0	–75	0	–50	56	–
800	1 000	0	–100	0	–	75	–
1 000	1 250	0	–125	0	–	95	–

Normaltoleranzen

Toleranzen des Außendurchmessers für Gehäusescheiben

Außendurchmesser D mm		Abweichung des Außendurchmessers $t_{\Delta Dmp}$ µm Toleranzklasse				Schwankung t_{VDp} µm Toleranzklasse	
		Normal, 6 und 5 Abmaß		4 Abmaß		Normal, 6 und 5	4
über	bis	oberes	unteres	oberes	unteres	max.	max.
10	18	0	−11	0	−7	8	5
18	30	0	−13	0	−8	10	6
30	50	0	−16	0	−9	12	7
50	80	0	−19	0	−11	14	8
80	120	0	−22	0	−13	17	10
120	180	0	−25	0	−15	19	11
180	250	0	−30	0	−20	23	15
250	315	0	−35	0	−25	26	19
315	400	0	−40	0	−28	30	21
400	500	0	−45	0	−33	34	25
500	630	0	−50	0	−38	38	29
630	800	0	−75	0	−45	55	34
800	1 000	0	−100	–	–	75	–
1 000	1 250	0	−125	–	–	75	–
1 250	1 600	0	−160	–	–	120	–

Schwankung der Scheibendicke für Wellen- und Gehäusescheiben

Bohrung d mm		Schwankung				
		t_{Si} µm				t_{Se} µm
		Toleranzklasse Normal	Toleranzklasse 6	Toleranzklasse 5	Toleranzklasse 4	Toleranzklasse Normal, 6, 5, 4
über	bis	max.	max.	max.	max.	
–	18	10	5	3	2	Identisch mit t_{Si} für die Wellenscheibe des zugehörigen Lagers
18	30	10	5	3	2	
30	50	10	6	3	2	
50	80	10	7	4	3	
80	120	15	8	4	3	
120	180	15	9	5	4	
180	250	20	10	5	4	
250	315	25	13	7	5	
315	400	30	15	7	5	
400	500	30	18	9	6	
500	630	35	21	11	7	
630	800	40	25	13	8	
800	1 000	45	30	15	8	
1 000	1 250	50	35	18	9	

Normaltoleranzen

Toleranzen der Nennhöhe

Toleranzen siehe Tabelle. Die zugehörigen Maßbuchstaben zeigt *Bild 1*.

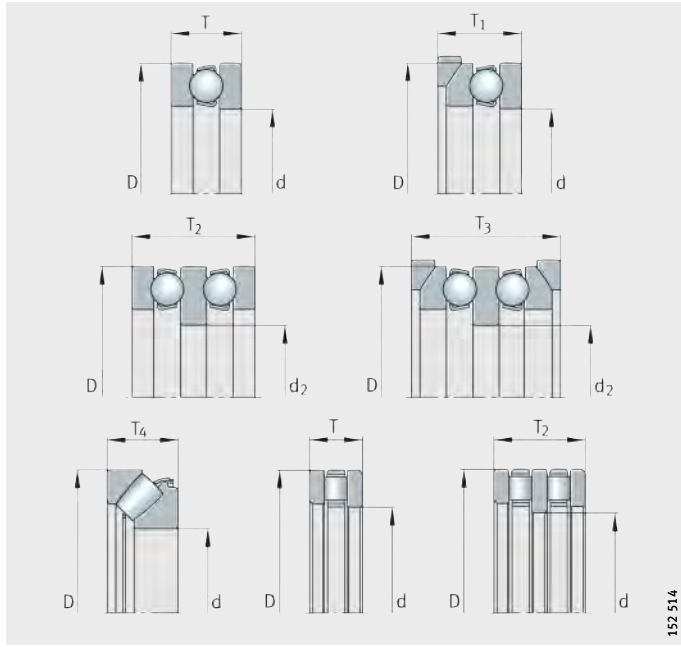


Bild 1
Toleranzen der Lager-Nennhöhe

Toleranzen der Lager-Nennhöhe

Bohrung d mm		T Abmaß µm		T_1 Abmaß µm		T_2 Abmaß µm		T_3 Abmaß µm		T_4 Abmaß µm	
über	bis	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres
–	30	20	–250	100	–250	150	–400	300	–400	20	–300
30	50	20	–250	100	–250	150	–400	300	–400	20	–300
50	80	20	–300	100	–300	150	–500	300	–500	20	–400
80	120	25	–300	150	–300	200	–500	400	–500	25	–400
120	180	25	–400	150	–400	200	–600	400	–600	25	–500
180	250	30	–400	150	–400	250	–600	500	–600	30	–500
250	315	40	–400	200	–400	350	–700	600	–700	40	–700
315	400	40	–500	200	–500	350	–700	600	–700	40	–700
400	500	50	–500	300	–500	400	–900	750	–900	50	–900
500	630	60	–600	350	–600	500	–1 100	900	–1 100	60	–1 200
630	800	70	–750	400	–750	600	–1 300	1 100	–1 300	70	–1 400
800	1 000	80	–1 000	450	–1 000	700	–1 500	1 300	–1 500	80	–1 800
1 000	1 250	100	–1 400	500	–1 400	900	–1 800	1 600	–1 800	100	–2 400

Kantenabstände

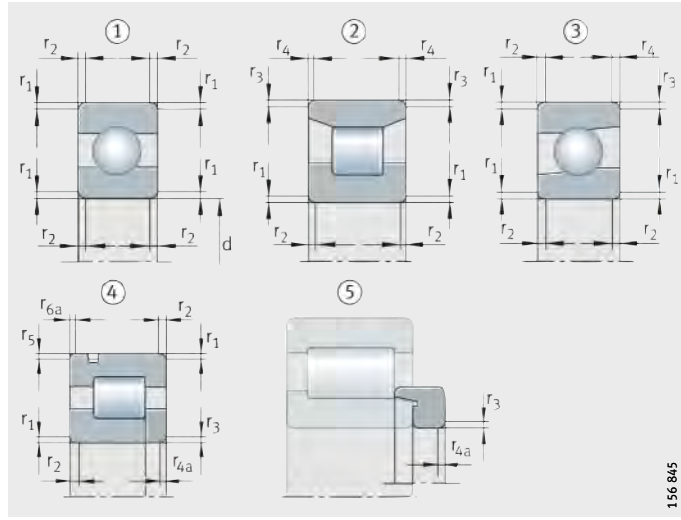
Kantenabstände für Radiallager (außer Kegelrollenlager)

Die Maße für Kantenabstände entsprechen DIN 620-6.

Mindest- und Maximalwerte für die Lager stehen in der Tabelle, Seite 164.

Bei Nadelhülsen HK, Nadelbüchsen BK und Einstell-Nadellagern PNA und RPNA weichen die Kantenabstände von DIN 620-6 ab.

Zu den Kantenabständen für Kegelrollenlager, siehe Tabelle, Seite 165, für Axiallager, siehe Tabelle, Seite 169.



① Symmetrischer Ringquerschnitt mit gleichen Kanten an beiden Ringen

② Symmetrischer Ringquerschnitt mit verschiedenen Kanten an beiden Ringen

③ Asymmetrischer Ringquerschnitt

④ Ringnut am Außenring, Lager mit Bordscheibe

⑤ Winkelring

Bild 1
Kantenabstände bei Radiallagern außer Kegelrollenlagern

Kantenabstände

Grenzwerte der Kantenabstände für Radiallager nach DIN 620-6 (außer Kegelrollenlager)

Nenn-kanten-abstand $r^{1)}$ mm	Nennmaß der Lagerbohrung d mm		Kantenabstand			
			r_1 bis r_{6a} mm	r_1, r_3, r_5 mm	r_2, r_4, $r_6^{2)}$ mm	r_{4a}, r_{6a} mm
	über	bis	min.	max.	max.	max.
0,05	–	–	0,05	0,1	0,2	0,1
0,08	–	–	0,08	0,16	0,3	0,16
0,1	–	–	0,1	0,2	0,4	0,2
0,15	–	–	0,15	0,3	0,6	0,3
0,2	–	–	0,2	0,5	0,8	0,5
0,3	–	40	0,3	0,6	1	0,8
	40	–	0,3	0,8	1	0,8
0,5	–	40	0,5	1	2	1,5
	40	–	0,5	1,3	2	1,5
0,6	–	40	0,6	1	2	1,5
	40	–	0,6	1,3	2	1,5
1	–	50	1	1,5	3	2,2
	50	–	1	1,9	3	2,2
1,1	–	120	1,1	2	3,5	2,7
	120	–	1,1	2,5	4	2,7
1,5	–	120	1,5	2,3	4	3,5
	120	–	1,5	3	5	3,5
2	–	80	2	3	4,5	4
	80	220	2	3,5	5	4
	220	–	2	3,8	6	4
2,1	–	280	2,1	4	6,5	4,5
	280	–	2,1	4,5	7	4,5
2,5	–	100	2,5	3,8	6	5
	100	280	2,5	4,5	6	5
	280	–	2,5	5	7	5
3	–	280	3	5	8	5,5
	280	–	3	5,5	8	5,5
4	–	–	4	6,5	9	6,5
5	–	–	5	8	10	8
6	–	–	6	10	13	10
7,5	–	–	7,5	12,5	17	12,5
9,5	–	–	9,5	15	19	15
12	–	–	12	18	24	18
15	–	–	15	21	30	21
19	–	–	19	25	38	25

1) Der Nennkantenabstand r ist identisch mit dem kleinsten zulässigen Kantenabstand r_{min}.

2) Für Lager mit einer Breite von 2 mm oder weniger gelten die Werte für r_1.

Kantenabstände für Kegelrollenlager

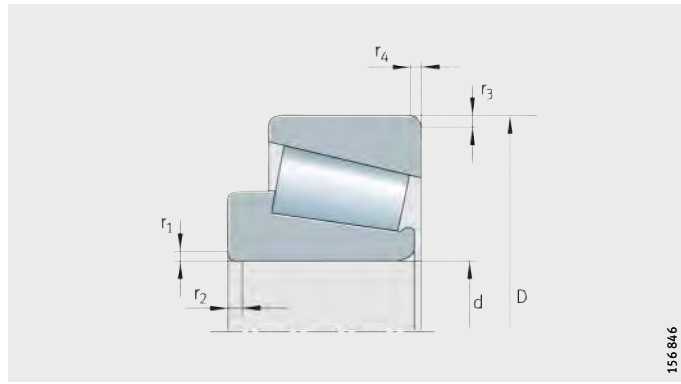


Bild 2
Kantenabstände
bei metrischen Kegelrollenlagern

Grenzwerte der Kantenabstände für Kegelrollenlager

Nenn-kanten-abstand $r^{1)}$ mm	Nennmaß der Lagerbohrung, des Außendurchmessers d, D mm		Kantenabstand		
			r_1 bis r_4 mm	r_1, r_3 mm	r_2, r_4 mm
	über	bis	min.	max.	max.
0,3	–	40	0,3	0,7	1,4
	40	–	0,3	0,9	1,6
0,6	–	40	0,6	1,1	1,7
	40	–	0,6	1,3	2
1	–	50	1	1,6	2,5
	50	–	1	1,9	3
1,5	–	120	1,5	2,3	3
	120	250	1,5	2,8	3,5
	250	–	1,5	3,5	4
2	–	120	2	2,8	4
	120	250	2	3,5	4,5
	250	–	2	4	5
2,5	–	120	2,5	3,5	5
	120	250	2,5	4	5,5
	250	–	2,5	4,5	6
3	–	120	3	4	5,5
	120	250	3	4,5	6,5
	250	400	3	5	7
	400	–	3	5,5	7,5
4	–	120	4	5	7
	120	250	4	5,5	7,5
	250	400	4	6	8
	400	–	4	6,5	8,5
5	–	180	5	6,5	8
	180	–	5	7,5	9
6	–	180	6	7,5	10
	180	–	6	9	11

1) Der Nennkantenabstand r ist identisch mit dem kleinsten zulässigen Kantenabstand r_{min}.

Kantenabstände

Kantenabstände für Kegelrollenlager mit metrischen Abmessungen

Die Grenzwerte der Kantenabstände r gelten nur für Kegelrollenlager mit metrischen Abmessungen nach ISO 582:1995.

Grenzwerte der Kantenabstände

Nenn-kanten-abstand $r^{1)}$ mm	Nennmaß der Lagerbohrung, des Außendurchmessers d, D mm		Kantenabstand r_1 bis r_4 mm	r_1, r_3 mm	r_2, r_4 mm
	über	bis	min.	max.	max.
0,3	–	40	0,3	0,7	1,4
	40	–	0,3	0,9	1,6
0,6	–	40	0,6	1,1	1,7
	40	–	0,6	1,3	2
1	–	50	1	1,6	2,5
	50	–	1	1,9	3
1,5	–	120	1,5	2,3	3
	120	250	1,5	2,8	3,5
	250	–	1,5	3,5	4
2	–	120	2	2,8	4
	120	250	2	3,5	4,5
	250	–	2	4	5
2,5	–	120	2,5	3,5	5
	120	250	2,5	4	5,5
	250	–	2,5	4,5	6
3	–	120	3	4	5,5
	120	250	3	4,5	6,5
	250	400	3	5	7
	400	–	3	5,5	7,5
4	–	120	4	5	7
	120	250	4	5,5	7,5
	250	400	4	6	8
	400	–	4	6,5	8,5
5	–	180	5	6,5	8
	180	–	5	7,5	9
6	–	180	6	7,5	10
	180	–	6	9	11

1) Der Nennkantenabstand r ist identisch mit dem kleinstzulässigen Kantenabstand r_{min}.

Kantenabstände für FAG-Kegelrollenlager nach ANSI/ABMA

Die Grenzwerte der Kantenabstände r gelten nur für Kegelrollenlager in Anlehnung an ANSI/ABMA.

Grenzwerte der Kantenabstände r_{max} für den Innenring

Nennmaß der Lagerbohrung d mm		Kantenabstand	
		r_1 mm	r_2 mm
über	bis		
–	50,8	+0,4	+0,9
50,8	101,6	+0,5	+1,25
101,6	254	+0,65	+1,8

Grenzwerte der Kantenabstände r_{max} für den Außenring

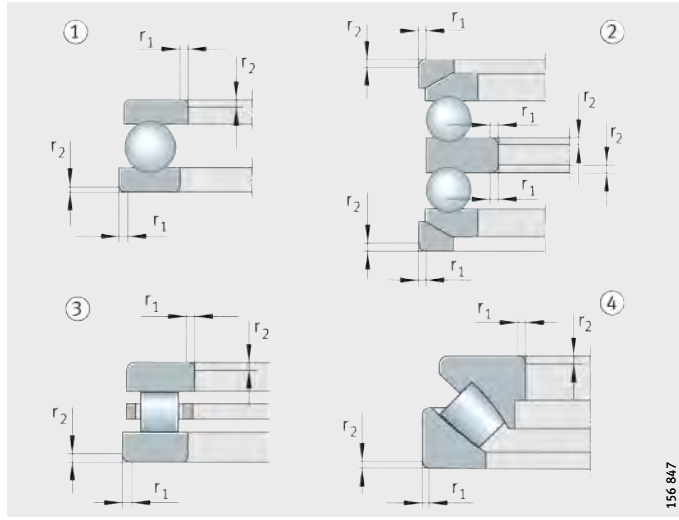
Nennmaß des Außendurchmessers D mm		Kantenabstand	
		r_3 mm	r_4 mm
über	bis		
–	101,6	+0,6	+1,05
101,6	168,3	+0,65	+1,15
168,3	266,7	+0,85	+1,35
266,7	355,6	+1,7	+1,7

Kantenabstände

Kantenabstände für Axiallager

Mindest- und Maximalwerte für metrische Kegelrollenlager, *Bild 3* und Tabelle. Die Tabelle entspricht DIN 620-6.

Bei Axial-Rillenkugellagern sind die Toleranzen für die Kantenabstände in axialer Richtung gleich denen in radialer Richtung.



① Einseitig wirkendes Axial-Rillenkugellager mit ebener Gehäusescheibe

② Zweiseitig wirkendes Axial-Rillenkugellager mit kugeligen Gehäusescheiben und U-Scheiben

③ Einseitig wirkendes Axial-Zylinderrollenlager

④ Einseitig wirkendes Axial-Pendelrollenlager

Bild 3
Kantenabstände bei Axiallagern

Grenzwerte der Kantenabstände für Axiallager

Kantenabstand		
$r^{1)}$ mm	r_1, r_2 mm	
	min.	max.
0,05	0,05	0,1
0,08	0,08	0,16
0,1	0,1	0,2
0,15	0,15	0,3
0,2	0,2	0,5
0,3	0,3	0,8
0,6	0,6	1,5
1	1	2,2
1,1	1,1	2,7
1,5	1,5	3,5
2	2	4
2,1	2,1	4,5
3	3	5,5
4	4	6,5
5	5	8
6	6	10
7,5	7,5	12,5
9,5	9,5	15
12	12	18
15	15	21
19	19	25

1) Der Nennkantenabstand r ist identisch mit dem kleinsten zulässigen Kantenabstand r_{min}.

Radiale Lagerluft

Radiale Lagerluft der FAG-Rillenkugellager

Die radiale Lagerluft entspricht der Lagerluftgruppe Group N nach ISO 5753-1, DIN 620-4.

Genormte Lager mit vergrößerter Lagerluft haben das Nachsetzzeichen C3. Sonderlager mit radialer Lagerluft Group 3 oder Group 4 sind in den Maßtabellen gekennzeichnet.

Radiale Lagerluft für FAG-Rillenkugellager mit zylindrischer Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft							
		Group 2 µm		Group N µm		Group 3 µm		Group 4 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
1,5	6	0	7	2	13	8	23	–	–
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700
900	1 000	20	170	150	350	330	550	530	770
1 000	1 120	20	180	160	380	360	600	580	850
1 120	1 250	20	190	170	410	390	650	630	920
1 250	1 400	30	200	190	440	420	700	680	990
1 400	1 600	30	210	210	470	450	750	730	1 060

Radiale Lagerluft der FAG-Pendelkugellager

Die radiale Lagerluft ist Group N nach ISO 5753-1, DIN 620-4.

Radiale Lagerluft für FAG-Pendelkugellager mit zylindrischer Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft			
		Group N µm		Group 3 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.
–	6	5	15	10	20
6	10	6	17	12	25
10	14	6	19	13	26
14	18	8	21	15	28
18	24	10	23	17	30
24	30	11	24	19	35
30	40	13	29	23	40
40	50	14	31	25	44
50	65	16	36	30	50
65	80	18	40	35	60
80	100	22	48	42	70
100	120	25	56	50	83
120	140	30	68	60	100
140	160	35	80	70	120

Lager mit kegeliger Bohrung haben die Lagerluftgruppe Group 3 nach ISO 5753-1, DIN 620-4.

Radiale Lagerluft für FAG-Pendelkugellager mit kegeliger Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft			
		Group N µm		Group 3 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.
18	24	13	26	20	33
24	30	15	28	23	39
30	40	19	35	29	46
40	50	22	39	33	52
50	65	27	47	41	61
65	80	35	57	50	75
80	100	42	68	62	90
100	120	50	81	75	108
120	140	60	98	90	130
140	160	65	110	100	150

Radiale Lagerluft

Radiale Lagerluft der FAG-Tonnenlager

Die radiale Lagerluft entspricht der Lagerluftgruppe Group N nach ISO 5753-1, DIN 620-4.

Lager mit kegeliger Bohrung haben die Lagerluftgruppe Group 3 nach ISO 5753-1, DIN 620-4.

Radiale Lagerluft für FAG-Tonnenlager mit zylindrischer Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft							
		Group 2 µm		Group N µm		Group 3 µm		Group 4 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
–	30	2	9	9	17	17	28	28	40
30	40	3	10	10	20	20	30	30	45
40	50	3	13	13	23	23	35	35	50
50	65	4	15	15	27	27	40	40	55
65	80	5	20	20	35	35	55	55	75
80	100	7	25	25	45	45	65	65	90
100	120	10	30	30	50	50	70	70	95
120	140	15	35	35	55	55	80	80	110
140	160	20	40	40	65	65	95	95	125
160	180	25	45	45	70	70	100	100	130
180	225	30	50	50	75	75	105	105	135
225	250	35	55	55	80	80	110	110	140
250	280	40	60	60	85	85	115	115	145
280	315	40	70	70	100	100	135	135	170
315	355	45	75	75	105	105	140	140	175

Radiale Lagerluft für FAG-Tonnenlager mit kegeliger Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft							
		Group 2 µm		Group N µm		Group 3 µm		Group 4 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
–	30	9	17	17	28	28	40	40	55
30	40	10	20	20	30	30	45	45	60
40	50	13	23	23	35	35	50	50	65
50	65	15	27	27	40	40	55	55	75
65	80	20	35	35	55	55	75	75	95
80	100	25	45	45	65	65	90	90	120
100	120	30	50	50	70	70	95	95	125
120	140	35	55	55	80	80	110	110	140
140	160	40	65	65	95	95	125	125	155
160	180	45	70	70	100	100	130	130	160
180	225	50	75	75	105	105	135	135	165
225	250	55	80	80	110	110	140	140	170
250	280	60	85	85	115	115	145	145	175
280	315	70	100	100	135	135	170	170	205
315	355	75	105	105	140	140	175	175	210

Radiale Lagerluft

Radiale Lagerluft der FAG-Zylinderrollenlager

Die radiale Lagerluft der Lager mit zylindrischer Bohrung entspricht normalerweise der Lagerluftgruppe Group N nach ISO 5753-1, DIN 620-4.

Radiale Lagerluft für FAG-Zylinderrollenlager mit zylindrischer Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft							
		Group 2 µm		Group N µm		Group 3 µm		Group 4 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860
900	1 000	200	390	390	580	580	770	770	960
1 000	1 120	220	430	430	640	640	850	850	1 060
1 120	1 250	230	470	470	710	710	950	950	1 190
1 250	1 400	270	530	530	790	790	1 050	1 050	1 310
1 400	1 600	330	610	610	890	890	1 170	1 170	1 450
1 600	1 800	380	700	700	1 020	1 020	1 340	1 340	1 660
1 800	2 000	400	760	760	1 120	1 120	1 480	1 480	1 840

Radiale Lagerluft für FAG-Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft							
		Group 2 µm		Group N µm		Group 3 µm		Group 4 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
–	10	5	15	30	55	40	65	50	75
10	24	5	15	30	55	40	65	50	75
24	30	5	15	35	60	45	70	55	80
30	40	5	15	40	65	55	80	70	95
40	50	5	18	45	75	60	90	75	105
50	65	5	20	50	80	70	100	90	120
65	80	10	25	60	95	85	120	110	145
80	100	10	30	70	105	95	130	120	155
100	120	10	30	90	130	115	155	140	180
120	140	10	35	100	145	130	175	160	205
140	160	10	35	110	160	145	195	180	230
160	180	10	40	125	175	160	210	195	245
180	200	15	45	140	195	180	235	220	275
200	225	15	50	155	215	200	260	245	305
225	250	15	50	170	235	220	285	270	335
250	280	20	55	185	255	240	310	295	365
280	315	20	60	205	280	265	340	325	400
315	355	20	65	225	305	290	370	355	435
355	400	25	75	255	345	330	420	405	495
400	450	25	85	285	385	370	470	455	555
450	500	25	95	315	425	410	520	505	615
500	560	25	100	350	470	455	575	560	680
560	630	30	110	380	500	500	620	620	740
630	710	30	130	435	575	565	705	695	835
710	800	35	140	485	645	630	790	775	935
800	900	35	160	540	710	700	870	860	1 030
900	1 000	35	180	600	790	780	970	960	1 150
1 000	1 120	50	200	665	875	865	1 075	1 065	1 275
1 120	1 250	60	220	730	970	960	1 200	1 200	1 440
1 250	1 400	60	240	810	1 070	1 070	1 330	1 330	1 590
1 400	1 600	70	270	920	1 200	1 200	1 480	1 480	1 760
1 600	1 800	80	300	1 020	1 340	1 340	1 660	1 660	1 980
1 800	2 000	100	320	1 120	1 480	1 480	1 840	1 840	2 200

Lager mit kegeliger Bohrung haben häufig eine radiale Lagerluft Group 3 oder Group 4 nach DIN 620-4 (ISO 5753-1).

Radiale Lagerluft

Radiale Lagerluft der FAG-Toroidalrollenlager

Die radiale Lagerluft der Toroidalrollenlager entspricht den Lagerluftgruppen nach ISO 5753-1.

Radiale Lagerluft für FAG-Toroidalrollenlager mit zylindrischer Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft Group 2 µm	
über	bis	min.	max.
18	24	15	30
24	30	15	35
30	40	20	40
40	50	25	45
50	65	30	55
65	80	40	70
80	100	50	85
100	120	60	100
120	140	75	120
140	160	85	140
160	180	95	155
180	200	105	175
200	225	115	190
225	250	125	205
250	280	135	225
280	315	150	240
315	355	160	260
355	400	175	280
400	450	190	310
450	500	205	335
500	560	220	360
560	630	240	400
630	710	260	440
710	800	300	500
800	900	320	540
900	1 000	370	600
1 000	1 120	410	660
1 120	1 250	450	720
1 250	1 400	490	800
1 400	1 600	570	890
1 600	1 800	650	1 010

Group N		Group 3		Group 4		Group 5	
µm		µm		µm		µm	
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
25	40	35	55	50	65	65	85
30	50	45	60	60	80	75	95
35	55	55	75	70	95	90	120
45	65	65	85	85	110	105	140
50	80	75	105	100	140	135	175
65	100	95	125	120	165	160	210
80	120	120	160	155	210	205	260
100	145	140	190	185	245	240	310
115	170	165	215	215	280	280	350
135	195	195	250	250	325	320	400
150	220	215	280	280	365	360	450
170	240	235	310	305	395	390	495
185	265	260	340	335	435	430	545
200	285	280	370	365	480	475	605
220	310	305	410	405	520	515	655
235	330	330	435	430	570	570	715
255	360	360	485	480	620	620	790
280	395	395	530	525	675	675	850
305	435	435	580	575	745	745	930
335	475	475	635	630	815	810	1 015
360	520	510	690	680	890	890	1 110
390	570	560	760	750	980	970	1 220
430	620	610	840	830	1 080	1 070	1 340
490	680	680	920	920	1 200	1 200	1 480
530	760	750	1 020	1 010	1 330	1 320	1 660
590	830	830	1 120	1 120	1 460	1 460	1 830
660	930	930	1 260	1 260	1 640	1 640	2 040
720	1 020	1 020	1 380	1 380	1 800	1 800	2 240
800	1 130	1 130	1 510	1 540	1 970	1 970	2 460
890	1 250	1 250	1 680	1 680	2 200	2 200	2 740
1 010	1 390	1 390	1 870	1 870	2 430	2 430	3 000

Radiale Lagerluft

Radiale Lagerluft für FAG-Toroidalrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Bohrung d mm		Radiale Lagerluft Group 2 µm	
über	bis	min.	max.
18	24	15	35
24	30	20	40
30	40	25	50
40	50	30	55
50	65	40	65
65	80	50	80
80	100	60	100
100	120	75	115
120	140	90	135
140	160	100	155
160	180	115	175
180	200	130	195
200	225	140	215
225	250	160	235
250	280	170	260
280	315	195	285
315	355	220	320
355	400	250	350
400	450	280	385
450	500	305	435
500	560	330	480
560	630	380	530
630	710	420	590
710	800	480	680
800	900	520	740
900	1 000	580	820
1 000	1 120	640	900
1 120	1 250	700	980
1 250	1 400	770	1 080
1 400	1 600	870	1 200
1 600	1 800	950	1 320

Group N		Group 3		Group 4		Group 5	
µm		µm		µm		µm	
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
30	45	40	55	55	70	65	85
35	55	50	65	65	85	80	100
45	65	60	80	80	100	100	125
50	75	70	95	90	120	115	145
60	90	85	115	110	150	145	185
75	110	105	140	135	180	175	220
95	135	130	175	170	220	215	275
115	155	155	205	200	255	255	325
135	180	180	235	230	295	290	365
155	215	210	270	265	340	335	415
170	240	235	305	300	385	380	470
190	260	260	330	325	420	415	520
210	290	285	365	360	460	460	575
235	315	315	405	400	515	510	635
255	345	340	445	440	560	555	695
280	380	375	485	480	620	615	765
315	420	415	545	540	680	675	850
350	475	470	600	595	755	755	920
380	525	525	655	650	835	835	1 005
435	575	575	735	730	915	910	1 115
470	640	630	810	800	1 010	1 000	1 230
530	710	700	890	880	1 110	1 110	1 350
590	780	770	990	980	1 230	1 230	1 490
670	860	860	1 100	1 100	1 380	1 380	1 660
730	960	950	1 220	1 210	1 530	1 520	1 860
810	1 040	1 040	1 340	1 340	1 670	1 670	2 050
890	1 170	1 160	1 500	1 490	1 880	1 870	2 280
970	1 280	1 270	1 640	1 630	2 060	2 050	2 500
1 080	1 410	1 410	1 790	1 780	2 250	2 250	2 740
1 200	1 550	1 550	1 990	1 990	2 500	2 500	3 050
1 320	1 690	1 690	2 180	2 180	2 730	2 730	3 310

Axiale Lagerluft

Axiale Lagerluft der zweireihigen FAG-Schrägkugellager

Die Hauptabmessungen der Lager entsprechen DIN 628-3.

Die Maß- und Lauftoleranzen der Lager entsprechen der Toleranzklasse 6 nach DIN 620-2, ISO 492:2014.

Zweireihige Schrägkugellager haben in der Grundausführung normale Axialluft (CN). Lager mit größerer (C3) oder kleinerer (C2) Axialluft als normal sind auf Anfrage lieferbar.

Lager mit geteiltem Innenring sind für höhere Axialbelastungen vorgesehen. Sie werden in der Regel fester gepasst als ungeteilte Lager. Ihre Normalluft entspricht in etwa der Luftgruppe C3 der ungeteilten Lager.

Axiale Lagerluft nach DIN 628-3 für FAG-Schrägkugellager mit ungeteiltem Innenring

Bohrung d mm		Axiale Lagerluft							
		C2 µm		CN µm		C3 µm		C4 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
–	10	1	11	5	21	12	28	25	45
10	18	1	12	6	23	13	31	27	47
18	24	2	14	7	25	16	34	28	48
24	30	2	15	8	27	18	37	30	50
30	40	2	16	9	29	21	40	33	54
40	50	2	18	11	33	23	44	36	58
50	65	3	22	13	36	26	48	40	63
65	80	3	24	15	40	30	54	46	71
80	100	3	26	18	46	35	63	55	83
100	120	4	30	22	53	42	73	65	96
120	140	4	34	25	59	48	82	74	108

Axiale Lagerluft für FAG-Schrägkugellager mit geteiltem Innenring

Bohrung d mm		Axiale Lagerluft					
		C2 µm		CN µm		C3 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.
24	30	8	27	16	35	27	46
30	40	9	29	18	38	30	50
40	50	11	33	22	44	36	58
50	65	13	36	25	48	40	63
65	80	15	40	29	54	46	71

Axiale Lagerluft der FAG-Vierpunktlager

Die axiale Lagerluft entspricht der Lagerluftgruppe CN nach DIN 628-4.

Axiale Lagerluft der FAG-Vierpunktlager

Bohrung d mm		Axiale Lagerluft							
		C2 µm		CN µm		C3 µm		C4 µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
18	40	30	70	60	110	100	150	140	190
40	60	40	90	80	130	120	170	160	210
60	80	50	100	90	140	130	180	170	220
80	100	60	120	100	160	140	200	180	240
100	140	70	140	120	180	160	220	200	260
140	180	80	160	140	200	180	240	220	280
180	220	100	180	160	220	200	260	240	300
220	260	120	200	180	240	220	300	280	360
260	300	140	220	200	280	260	340	320	400
300	355	160	240	220	300	280	360	–	–
355	400	180	270	250	330	310	390	–	–
400	450	200	290	270	360	340	430	–	–
450	500	220	310	290	390	370	470	–	–
500	560	240	330	310	420	400	510	–	–
560	630	260	360	340	450	430	550	–	–
630	710	280	390	370	490	470	590	–	–
710	800	300	420	400	540	520	660	–	–
800	900	330	460	440	590	570	730	–	–
900	1 000	360	500	480	630	620	780	–	–

Radialluftverminderung

Radialluftverminderung bei FAG-Zylinderrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Nennmaß der Lagerbohrung		Radialluft vor dem Einbau Luftgruppe					
d		Group N		Group 3		Group 4	
mm		mm		mm		mm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.
24	30	0,035	0,06	0,045	0,07	0,055	0,08
30	40	0,04	0,065	0,055	0,08	0,07	0,095
40	50	0,045	0,075	0,06	0,09	0,075	0,105
50	65	0,05	0,08	0,07	0,1	0,09	0,12
65	80	0,06	0,095	0,085	0,12	0,11	0,145
80	100	0,07	0,105	0,095	0,13	0,12	0,155
100	120	0,09	0,13	0,115	0,155	0,14	0,18
120	140	0,1	0,145	0,13	0,175	0,16	0,205
140	160	0,11	0,16	0,145	0,195	0,18	0,23
160	180	0,125	0,175	0,16	0,21	0,195	0,245
180	200	0,14	0,195	0,18	0,235	0,22	0,275
200	225	0,155	0,215	0,2	0,26	0,245	0,305
225	250	0,17	0,235	0,22	0,285	0,27	0,335
250	280	0,185	0,255	0,24	0,31	0,295	0,365
280	315	0,205	0,28	0,265	0,34	0,325	0,4
315	355	0,225	0,305	0,29	0,37	0,355	0,435
355	400	0,255	0,345	0,33	0,42	0,405	0,495
400	450	0,285	0,385	0,37	0,47	0,455	0,555
450	500	0,315	0,425	0,41	0,52	0,505	0,615
500	560	0,35	0,47	0,455	0,575	0,56	0,68
560	630	0,38	0,5	0,5	0,62	0,62	0,74
630	710	0,435	0,575	0,565	0,705	0,695	0,835
710	800	0,485	0,645	0,63	0,79	0,775	0,935
800	900	0,54	0,71	0,7	0,87	0,86	1,03
900	1 000	0,6	0,79	0,78	0,97	0,96	1,15
1 000	1 120	0,665	0,875	0,865	1,075	1,065	1,275
1 120	1 250	0,73	0,97	0,96	1,2	1,2	1,44
1 250	1 400	0,81	1,07	1,07	1,33	1,33	1,59

[1] Gilt nur für Vollwellen aus Stahl und für Hohlwellen, deren Bohrung nicht größer ist als der halbe Wellendurchmesser.
Es gilt: Lager, deren Radialluft vor dem Einbau in der oberen Hälfte des Toleranzbereichs liegt, montiert man mit dem größeren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs,
Lager in der unteren Hälfte des Toleranzbereichs mit dem kleineren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs.

[2] Der Kontrollwert für die Radialluft darf nicht unterschritten werden.
Bei Lagern mit kleinerem Durchmesser ist er unter Umständen nur schwer zu ermitteln.

Verminderung der Radialluft[1]		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:12[1]				Kontrollwert für die Radialluft nach dem Einbau[2]		
		Welle		Hülse		Group N	Group 3	Group 4
mm		mm		mm		mm	mm	mm
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	min.
0,015	0,02	0,3	0,35	0,3	0,4	0,02	0,025	0,035
0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	0,02	0,025	0,04
0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	0,02	0,03	0,045
0,03	0,035	0,45	0,55	0,5	0,65	0,02	0,035	0,05
0,035	0,04	0,55	0,6	0,65	0,7	0,025	0,04	0,07
0,04	0,045	0,6	0,7	0,65	0,8	0,03	0,05	0,075
0,045	0,055	0,7	0,85	0,8	0,95	0,045	0,065	0,085
0,055	0,065	0,85	1	0,95	1,1	0,045	0,07	0,095
0,06	0,075	0,9	1,2	1,1	1,3	0,05	0,075	0,105
0,065	0,085	1	1,3	1,3	1,5	0,06	0,08	0,11
0,075	0,095	1,2	1,5	1,4	1,7	0,065	0,09	0,125
0,085	0,105	1,3	1,6	1,6	1,8	0,07	0,1	0,14
0,095	0,115	1,5	1,8	1,7	2	0,075	0,105	0,155
0,105	0,125	1,6	2	1,9	2,3	0,08	0,125	0,17
0,115	0,14	1,8	2,2	2,2	2,4	0,09	0,13	0,185
0,13	0,16	2	2,5	2,5	2,7	0,095	0,14	0,195
0,14	0,17	2,2	2,6	2,6	2,9	0,115	0,165	0,235
0,15	0,185	2,3	2,8	2,8	3,1	0,135	0,19	0,27
0,16	0,195	2,5	3	3,1	3,4	0,155	0,215	0,31
0,17	0,215	2,7	3,4	3,5	3,8	0,18	0,24	0,345
0,185	0,24	2,9	3,7	3,6	4,2	0,195	0,26	0,38
0,2	0,26	3,1	4,1	3,9	4,7	0,235	0,305	0,435
0,22	0,28	3,4	4,4	4,3	5,3	0,26	0,35	0,495
0,24	0,31	3,7	4,8	4,8	5,5	0,3	0,39	0,55
0,26	0,34	4,1	5,3	5,2	6,2	0,34	0,44	0,62
0,28	0,37	4,4	5,8	5,7	7	0,385	0,5	0,7
0,31	0,41	4,8	6,4	6,3	7,6	0,42	0,55	0,79
0,34	0,45	5,3	7	0,3	8,3	0,47	0,62	0,85

Radialluftverminderung

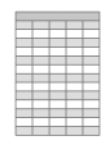
Radialluftverminderung bei FAG-Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Nennmaß der Lagerbohrung		Radialluft vor dem Einbau Luftgruppe					
d		Group N		Group 3		Group 4	
mm		mm		mm		mm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.
24	30	0,03	0,04	0,04	0,055	0,055	0,075
30	40	0,035	0,05	0,05	0,065	0,065	0,085
40	50	0,045	0,06	0,06	0,08	0,08	0,1
50	65	0,055	0,075	0,075	0,095	0,095	0,12
65	80	0,07	0,095	0,095	0,12	0,12	0,15
80	100	0,08	0,11	0,11	0,14	0,14	0,18
100	120	0,1	0,135	0,135	0,17	0,17	0,22
120	140	0,12	0,16	0,16	0,2	0,2	0,26
140	160	0,13	0,18	0,18	0,23	0,23	0,3
160	180	0,14	0,2	0,2	0,26	0,26	0,34
180	200	0,16	0,22	0,22	0,29	0,29	0,37
200	225	0,18	0,25	0,25	0,32	0,32	0,41
225	250	0,2	0,27	0,27	0,35	0,35	0,45
250	280	0,22	0,3	0,3	0,39	0,39	0,49
280	315	0,24	0,33	0,33	0,43	0,43	0,54
315	355	0,27	0,36	0,36	0,47	0,47	0,59
355	400	0,3	0,4	0,4	0,52	0,52	0,65
400	450	0,33	0,44	0,44	0,57	0,57	0,72
450	500	0,37	0,49	0,49	0,63	0,63	0,79
500	560	0,41	0,54	0,54	0,68	0,68	0,87
560	630	0,46	0,6	0,6	0,76	0,76	0,98
630	710	0,51	0,67	0,67	0,85	0,85	1,09
710	800	0,57	0,75	0,75	0,96	0,96	1,22
800	900	0,64	0,84	0,84	1,07	1,07	1,37
900	1 000	0,71	0,93	0,93	1,19	1,19	1,52
1 000	1 120	0,78	1,02	1,02	1,3	1,3	1,65
1 120	1 250	0,86	1,12	1,12	1,42	1,42	1,8
1 250	1 400	0,94	1,22	1,22	1,55	1,55	1,96

[1] Gilt nur für Vollwellen aus Stahl und für Hohlwellen, deren Bohrung nicht größer ist als der halbe Wellendurchmesser.
Es gilt: Lager, deren Radialluft vor dem Einbau in der oberen Hälfte des Toleranzbereichs liegt, montiert man mit dem größeren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs,
Lager in der unteren Hälfte des Toleranzbereichs mit dem kleineren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs.

[2] Der Kontrollwert für die Radialluft darf nicht unterschritten werden.
Bei Lagern mit kleinerem Durchmesser ist er unter Umständen nur schwer zu ermitteln.

Verminderung der Radialluft[1]		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:12[1]				Verschiebeweg auf dem Kegel 1:30[1]				Kontrollwert für die Radialluft nach dem Einbau[2]		
		Welle		Hülse		Welle		Hülse		Group N	Group 3	Group 4
mm		mm		mm		mm		mm		mm	mm	mm
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	min.
0,015	0,02	0,3	0,35	0,3	0,4	–	–	–	–	0,015	0,02	0,035
0,02	0,025	0,35	0,4	0,35	0,45	–	–	–	–	0,015	0,025	0,04
0,025	0,03	0,4	0,45	0,45	0,5	–	–	–	–	0,02	0,03	0,05
0,03	0,04	0,45	0,6	0,5	0,7	–	–	–	–	0,025	0,035	0,055
0,04	0,05	0,6	0,75	0,7	0,85	–	–	–	–	0,025	0,04	0,07
0,045	0,06	0,7	0,9	0,75	1	1,7	2,2	1,8	2,4	0,035	0,05	0,08
0,05	0,07	0,7	1,1	0,8	1,2	1,9	2,7	2	2,8	0,05	0,065	0,1
0,065	0,09	1,1	1,4	1,2	1,5	2,7	3,5	2,8	3,6	0,055	0,08	0,11
0,075	0,1	1,2	1,6	1,3	1,7	3	4	3,1	4,2	0,055	0,09	0,13
0,08	0,11	1,3	1,7	1,4	1,9	3,2	4,2	3,3	4,6	0,06	0,1	0,15
0,09	0,13	1,4	2	1,5	2,2	3,5	4,5	3,6	5	0,07	0,1	0,16
0,1	0,14	1,6	2,2	1,7	2,4	4	5,5	4,2	5,7	0,08	0,12	0,18
0,11	0,15	1,7	2,4	1,8	2,6	4,2	6	4,6	6,2	0,09	0,13	0,2
0,12	0,17	1,9	2,6	2	2,9	4,7	6,7	4,8	6,9	0,1	0,14	0,22
0,13	0,19	2	3	2,2	3,2	5	7,5	5,2	7,7	0,11	0,15	0,24
0,15	0,21	2,4	3,4	2,6	3,6	6	8,2	6,2	8,4	0,12	0,17	0,26
0,17	0,23	2,6	3,6	2,9	3,9	6,5	9	5,8	9,2	0,13	0,19	0,29
0,2	0,26	3,1	4,1	3,4	4,4	7,7	10	8	10,4	0,13	0,2	0,31
0,21	0,28	3,3	4,4	3,6	4,8	8,2	11	8,4	11,2	0,16	0,23	0,35
0,24	0,32	3,7	5	4,1	5,4	9,2	12,5	9,6	12,8	0,17	0,25	0,36
0,26	0,35	4	5,4	4,4	5,9	10	13,5	10,4	14	0,2	0,29	0,41
0,3	0,4	4,6	6,2	5,1	6,8	11,5	15,5	12	16	0,21	0,31	0,45
0,34	0,45	5,3	7	5,8	7,6	13,3	17,5	13,6	18	0,23	0,35	0,51
0,37	0,5	5,7	7,8	6,3	8,5	14,3	19,5	14,8	20	0,27	0,39	0,57
0,41	0,55	6,3	8,5	7	9,4	15,8	21	16,4	22	0,3	0,43	0,64
0,45	0,6	6,8	9	7,6	10,2	17	23	18	24	0,32	0,48	0,7
0,49	0,65	7,4	9,8	8,3	11	18,5	25	19,6	26	0,34	0,54	0,77
0,55	0,72	8,3	10,8	9,3	12,1	21	27	22,2	28,3	0,36	0,59	0,84



Radialluftverminderung

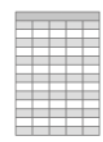
Radialluftverminderung bei FAG-Toroidalrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Nennmaß der Lagerbohrung		Radialluft vor dem Einbau Luftgruppe					
d		Group N		Group 3		Group 4	
mm		mm		mm		mm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.
24	30	0,035	0,055	0,050	0,065	0,065	0,085
30	40	0,045	0,065	0,060	0,080	0,080	0,100
40	50	0,050	0,075	0,070	0,095	0,090	0,120
50	65	0,060	0,090	0,085	0,115	0,110	0,150
65	80	0,075	0,110	0,105	0,140	0,135	0,180
80	100	0,095	0,135	0,130	0,175	0,170	0,220
100	120	0,115	0,155	0,155	0,205	0,200	0,255
120	140	0,135	0,180	0,180	0,235	0,230	0,295
140	160	0,155	0,215	0,210	0,270	0,265	0,340
160	180	0,170	0,240	0,235	0,305	0,300	0,385
180	200	0,190	0,260	0,260	0,330	0,325	0,420
200	225	0,210	0,290	0,285	0,365	0,360	0,460
225	250	0,235	0,315	0,315	0,405	0,400	0,515
250	280	0,255	0,345	0,340	0,445	0,440	0,560
280	315	0,280	0,380	0,375	0,485	0,480	0,620
315	355	0,315	0,420	0,415	0,545	0,540	0,680
355	400	0,350	0,475	0,470	0,600	0,595	0,755
400	450	0,380	0,525	0,525	0,655	0,650	0,835
450	500	0,435	0,575	0,575	0,735	0,730	0,915
500	560	0,470	0,640	0,630	0,810	0,800	1,010
560	630	0,530	0,710	0,700	0,890	0,880	1,110
630	710	0,590	0,780	0,770	0,990	0,980	1,230
710	800	0,670	0,860	0,860	1,100	1,100	1,380
800	900	0,730	0,960	0,950	1,220	1,210	1,530
900	1 000	0,810	1,040	1,040	1,340	1,340	1,670
1 000	1 120	0,890	1,170	1,160	1,500	1,490	1,880
1 120	1 250	0,970	1,280	1,270	1,640	1,630	2,060
1 250	1 400	1,080	1,410	1,410	1,790	1,780	2,250
1 400	1 600	1,200	1,550	1,550	1,990	1,990	2,500
1 600	1 800	1,320	1,690	1,690	2,180	2,180	2,730

[1] Gilt nur für Vollwellen aus Stahl und für Hohlwellen, deren Bohrung nicht größer ist als der halbe Wellendurchmesser.
Es gilt: Lager, deren Radialluft vor dem Einbau in der oberen Hälfte des Toleranzbereichs liegt, montiert man mit dem größeren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs,
Lager in der unteren Hälfte des Toleranzbereichs mit dem kleineren Wert der Radialluftverminderung oder des axialen Verschiebewegs.

[2] Der Kontrollwert für die Radialluft darf nicht unterschritten werden. Bei Lagern mit kleinerem Durchmesser ist er unter Umständen nur schwer zu ermitteln.

Verminderung der Radialluft[1]		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:12[1]		Verschiebeweg auf dem Kegel 1:30[1]		Kontrollwert für die Radialluft nach dem Einbau[2]		
		Welle		Welle		Group N	Group 3	Group 4
mm		mm		mm		mm	mm	mm
min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	min.	min.
0,010	0,017	0,24	0,29	0,61	0,72	0,025	0,035	0,048
0,014	0,021	0,30	0,34	0,76	0,84	0,031	0,041	0,059
0,018	0,028	0,37	0,42	0,91	1,04	0,033	0,046	0,062
0,024	0,035	0,46	0,50	1,14	1,24	0,036	0,054	0,075
0,030	0,046	0,55	0,61	1,37	1,53	0,045	0,065	0,090
0,040	0,056	0,67	0,73	1,68	1,83	0,056	0,080	0,114
0,049	0,069	0,79	0,89	1,98	2,23	0,066	0,093	0,131
0,060	0,083	0,91	1,05	2,29	2,62	0,075	0,105	0,147
0,072	0,095	1,04	1,21	2,59	3,02	0,083	0,123	0,170
0,081	0,107	1,16	1,36	2,90	3,41	0,089	0,137	0,193
0,090	0,121	1,28	1,52	3,20	3,81	0,100	0,150	0,204
0,101	0,134	1,43	1,68	3,58	4,20	0,109	0,162	0,226
0,113	0,151	1,59	1,88	3,96	4,69	0,123	0,177	0,249
0,126	0,168	1,77	2,08	4,42	5,19	0,129	0,186	0,273
0,142	0,188	1,98	2,31	4,95	5,78	0,138	0,203	0,292
0,160	0,211	2,23	2,59	5,56	6,47	0,155	0,221	0,329
0,180	0,238	2,50	2,90	6,25	7,26	0,170	0,251	0,357
0,203	0,268	2,81	3,26	7,01	8,15	0,178	0,279	0,382
0,225	0,300	3,11	3,66	7,78	9,14	0,210	0,300	0,430
0,250	0,335	3,48	4,05	8,69	10,13	0,220	0,325	0,465
0,285	0,375	3,90	4,52	9,76	11,31	0,245	0,355	0,505
0,320	0,420	4,39	5,08	10,98	12,69	0,270	0,380	0,560
0,360	0,475	4,94	5,71	12,35	14,27	0,310	0,425	0,625
0,405	0,535	5,55	6,42	13,88	16,05	0,325	0,460	0,675
0,450	0,605	6,16	7,21	15,40	18,03	0,360	0,490	0,735
0,505	0,670	6,89	8,00	17,23	20,00	0,385	0,545	0,820
0,565	0,750	7,69	8,95	19,21	22,37	0,410	0,580	0,880
0,630	0,840	8,60	9,98	21,50	24,94	0,450	0,640	0,940
0,720	0,940	9,82	11,16	24,55	27,90	0,480	0,685	1,050
0,810	1,070	11,04	12,74	27,60	31,85	0,510	0,705	1,110



FAG-Wälzlagerfette Arcanol – Chemisch-physikalische Daten

Fett		Charakteristische Anwendungen	Gebrauchstemperatur °C		Dauergrenztemperatur °C	Verdicker
			von	bis		
Mehrzweckfette	MULTITOP	Kugel- und Rollenlager in Walzwerken Baumaschinen Spinn- und Schleifspindeln Kfz	–50[1)]	+140	+80	Lithiumseife
	MULTI2	Kugellager bis zu 62 mm Außendurchmesser in kleinen Elektromotoren Land- und Baumaschinen Haushaltsgeräte	–30	+120	+75	Lithiumseife
	MULTI3	Kugellager ab 62 mm Außendurchmesser in großen Elektromotoren Land- und Baumaschinen Lüfter	–30	+120	+75	Lithiumseife
Hohe Lasten	LOAD150	Kugel-, Rollen- und Nadellager Linearführungen in Werkzeugmaschinen	–20	+140	+95	Lithium-komplexseife
	LOAD220	Kugel- und Rollenlager in Walzwerksanlagen Papiermaschinen Schienenfahrzeuge	–20	+140	+80	Lithium-Calciumseife
	LOAD400	Kugel- und Rollenlager in Bergwerksmaschinen Baumaschinen Windkraftanlagenhauptlager	–40	+130	+80	Lithium-Calciumseife
	LOAD460	Kugel- und Rollenlager Windkraftanlagen Lager mit Bolzenkäfig	–40[1)]	+130	+80	Lithium-Calciumseife
	LOAD1000	Kugel- und Rollenlager in Bergwerksmaschinen Baumaschinen Zementanlagen	–30[1)]	+130	+80	Lithium-Calciumseife
Hohe Temperaturen	TEMP90	Kugel- und Rollenlager in Kupplungen Elektromotoren Kfz	–40	+160	+90	Polyharnstoff
	TEMP110	Kugel- und Rollenlager in Elektromotoren Kfz	–35	+160	+110	Lithium-komplexseife
	TEMP120	Kugel- und Rollenlager in Stranggießanlagen Papiermaschinen	–30	+180	+120	Polyharnstoff
	TEMP200	Kugel- und Rollenlager in Laufrollen für Backautomaten Ofenwagen und chemische Anlagen Kolbenbolzen in Kompressoren	–30	+260	+200	PTFE

Fortsetzung nächste Seite.

+++ Sehr gut geeignet. ++ Gut geeignet. + Geeignet. – Weniger geeignet. –– Nicht geeignet.

1) Messwerte nach Schaeffler-FE8-Tieftemperaturprüfung.

Grundöl	Konsistenz NLGI	Grundölviskosität bei +40 °C mm^2/s	Temperaturen		Geringe Reibung, hohe Drehzahl	Hohe Last, niedrige Drehzahl	Schwingungen	Unterstützung der Abdichtung	Nachschmierbarkeit
			tiefe	hohe					
teilsynthetisches Öl	2	82	+++	++	++	+++	++	+	+++
Mineralöl	2	110	++	+	+	+	+	+	+++
Mineralöl	3	80	++	+	+	+	++	++	++
Mineralöl	2	160	+	++	–	+++	++	++	++
Mineralöl	2	245	+	+	–	+++	++	++	++
Mineralöl	2	400	+	+	–	+++	++	++	++
Mineralöl	1	400	++	+	–	+++	++	–	++
Mineralöl	2	1 000	+	+	––	+++	++	++	++
teilsynthetisches Öl	3	148	+++	++	+	+	+	++	++
teilsynthetisches Öl	2	130	+++	+++	++	+	+	+	+
synthetisches Öl	2	400	++	+++	–	+++	+	++	+
Alkoxyfluoröl	2	550	++	+++	––	++	+	+	+

FAG-Wälzlagerfette Arcanol – Chemisch-physikalische Daten

Fett		Charakteristische Anwendungen	Gebrauchstemperatur °C		Dauergrenztemperatur °C	Verdicker
			von	bis		
Spezielle Anforderungen	SPEED2,6	■ Kugellager in Werkzeugmaschinen ■ Spindellager ■ Rundtischlager ■ Instrumentenlager	–40	+120	+80	Lithiumkomplexseife
	VIB3	■ Kugel- und Rollenlager in Rotoren von Windkraftanlagen (Blattverstellung) ■ Verpackungsmaschinen ■ Schienenfahrzeuge	–30	+150	+90	Lithiumkomplexseife
	FOOD2	■ Kugel- und Rollenlager in Anwendungen mit Lebensmittelkontakt (NSF-H1-Registrierung, Kosher- bzw. Halal-Zertifizierung)	–30	+120	+70	Aluminiumkomplexseife
	CLEAN-M	■ Kugel-, Rollen- und Nadellager sowie Linearführungen in Reinraumanwendungen	–30	+180	+90	Polyharnstoff
	MOTION2	■ Kugel- und Rollenlager im oszillierenden Betrieb ■ Drehverbindungen in Windkraftanlagen	–40	+130	+75	Lithiumseife

+++ Sehr gut geeignet. ++ Gut geeignet. + Geeignet. – Weniger geeignet. –– Nicht geeignet.

Grundöl	Konsistenz NLGI	Grundölviskosität bei +40 °C mm^2/s	Temperaturen		Geringe Reibung, hohe Drehzahl	Hohe Last, niedrige Drehzahl	Schwingungen	Unterstützung der Abdichtung	Nachschmierbarkeit
			tiefe	hohe					
synthetisches Öl	2 – 3	25	+++	+	+++	––	–	+	+
Mineralöl	3	170	++	++	–	++	+++	++	–
synthetisches Öl	2	150	++	–	+	+	+	+	+++
Etheröl	2	103	+++	+++	+	+	+	+	++
synthetisches Öl	2	50	+++	+	–	++	+++	++	+

Montage- und Demontageverfahren für Wälzlager

Lagerbauart				Lager-bohrung	d mm
	Rillenkugellager		Kegelrollenlager	zylind-risch	< 80
	Schrägkugellager Spindellager		Tonnenlager		80 – 200
	Vierpunktlager		Pendelrollenlager		> 200
	Pendelkugellager		Toroidallager		
	Zylinderrollenlager			zylind-risch	< 80
	Nadellager				80 – 200
					> 200
	Axial-Rillenkugellager			zylind-risch	< 80
	Axial-Schrägkugellager				80 – 200
	Axial-Zylinderrollenlager				> 200
	Axial-Pendelrollenlager				
	Pendelkugellager Pendelkugellager mit Spannhülse			kegelig	< 80
	Toroidallager				80 – 200
	Tonnenlager Tonnenlager mit Spannhülse				> 200
	Pendelrollenlager Pendelrollenlager mit Spannhülse Pendelrollenlager mit Abziehhülse				
	Spannhülse		Abziehhülse		
	Zylinderrollenlager, zweireihig			kegelig	< 80
					80 – 200
					> 200

Symbole

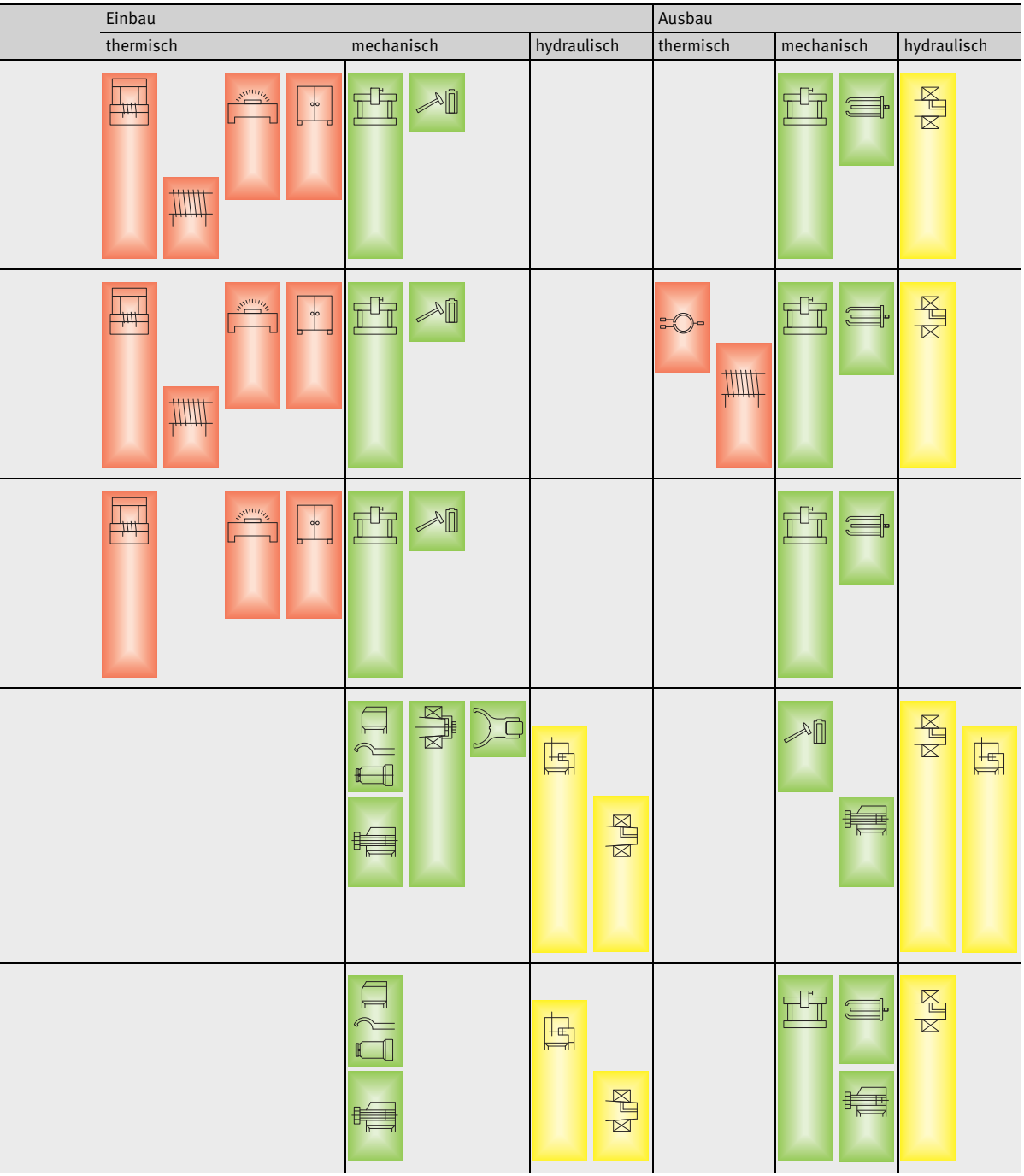
Induktives Anwärmgerät

Wärmeschrank

Anwärmring

Heizplatte

Mittelfrequenz-technik



Hammer und Schlagbüchse

Doppelhaken-schlüssel

Steckschlüssel

Achskappe

Hydraulikmutter

Mechanische und hydraulische Pressen

Mutter und Hakenschlüssel

Mutter und Montageschlüssel

Abzieh-vorrichtung

Hydraulik-verfahren

Messprotokoll

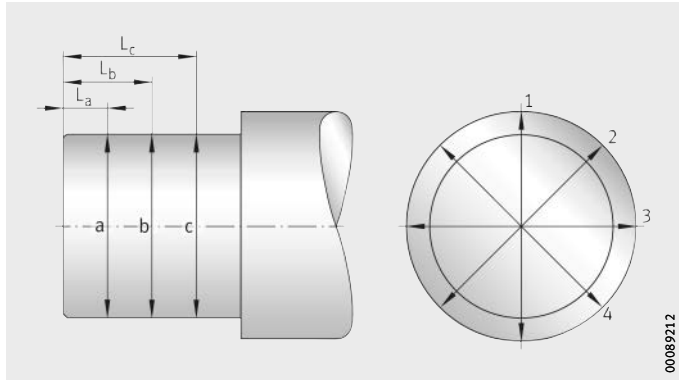


Bild 1
Welle

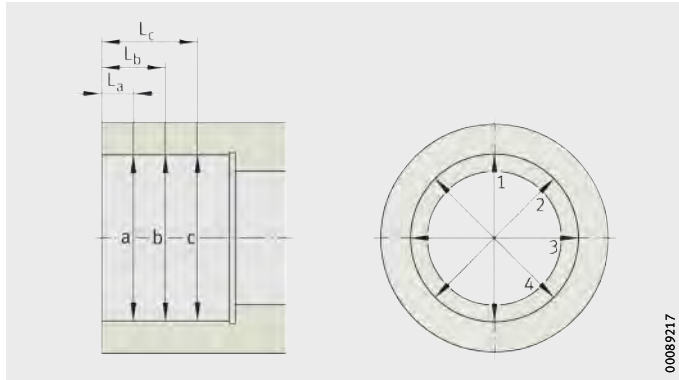


Bild 2
Gehäuse

Messprotokoll der Welle

Abstand [mm]	L_a	L_b	L_c
Durchmesser [mm]	a	b	c
1			
2			
3			
4			
Mittelwert (1 + 2 + 3 + 4)/4			

Messprotokoll des Gehäuses

Abstand [mm]	L_a	L_b	L_c
Durchmesser [mm]	a	b	c
1			
2			
3			
4			
Mittelwert (1 + 2 + 3 + 4)/4			

Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Industriestraße 1 – 3
91074 Herzogenaurach
Internet www.schaeffler.de
E-Mail info.de@schaeffler.com

In Deutschland:
Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:
Telefon +49 9132 82-0
Telefax +49 9132 82-4950

Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Internet www.schaeffler.de
E-Mail info.de@schaeffler.com

In Deutschland:
Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:
Telefon +49 9721 91-0
Telefax +49 9721 91-3435

MATNR 085323292-0000 / MH 1 / 01 / D-D / 201810 / pdf only