



Lagerlösungen für Großmaschinen

- 1-Lagerlösungen
- 2-Lagerlösungen
- 3-Lagerlösungen



added
competence

**„added competence“
für Ihren Erfolg**

INA und FAG liegen seit Jahrzehnten mit ihren richtungsweisenden Lagerungslösungen für Vorschubspindeln, Hauptspindeln, Rundtische und lineare Führungseinheiten an der Spitze des Weltmarktes. Entscheidend für den Erfolg dieser Maschinen-Teilsysteme ist heute jedoch nicht mehr nur die Lagerkomponente allein.

Es ergeben sich zwar nach wie vor deutliche Leistungssteigerungsoptionen und Alleinstellungsmerkmale für unsere Kunden direkt durch den Einsatz unserer „ready to fit“-Produkte, denn diese folgen dem effizienten Grundkonzept: auspacken, anschrauben, anwenden! Zur Optimierung des Gesamtsystems Werkzeugmaschine erlangt aber auch die Integration wichtiger Funktionen wie Messen, Abdichten, Schmieren, Bremsen usw. in die Komponente selbst eine immer höhere Bedeutung. Diesen Denkansatz erfüllt das neue Konzept „added competence“ des Geschäftsbereichs Produktionsmaschinen umfassend, da es den Systemlösungsgedanken für das Lager, die Lagerungsstelle und das Gesamtsystem konsequent in den Mittelpunkt stellt. Für Sie bedeutet das, dass Sie nun auf eine Produktpalette zugreifen können, die all Ihre Anwendungen in der Werkzeugmaschine optimal abdeckt.

Immer häufiger werden zudem Direktantriebe und mechatronische Lösungen in Werkzeugmaschinen eingesetzt. Daher haben wir mit IDAM – INA-Drives & Mechatronics – einen weiteren starken Partner in unseren Leistungsverbund aufgenommen. Damit liefern wir Ihnen nun mit den Lagerelementen und dem passenden Antrieb exakt aufeinander abgestimmte Komponenten aus einer Hand.

Ihnen eröffnen sich hierdurch vollkommen neue technische und wirtschaftliche Gestaltungsmöglichkeiten für Ihre Aufgabenstellungen sowie deutliche Vorteile in der Zeit- und Prozesskette.

Auf der Produktseite bieten wir Ihnen damit ein umfangreiches, fein ausbalanciertes Programm, Präzisions-Technologie und höchste Produkt-Qualität. Um Ihren Entwicklungspuls so hautnah wie möglich zu verfolgen, arbeitet weltweit ein Netz von Ingenieuren, Service- und Vertriebs Technikern für Sie und stellt den kurzen Kontaktweg zwischen Ihnen und uns vor Ort sicher.

Wir sind davon überzeugt, dass wir für Ihre Anwendung von der robusten Einzelkomponente bis hin zur allein stehenden High-End-Systemlösung das richtige Produkt haben.

Vielleicht sprechen Sie uns dazu einfach einmal an?

added
competence

Vorwort

Lagerlösungen für Großmaschinen

Der allgemeine Trend zu produktiveren Anlagen zeichnet sich auch bei größeren Fertigungssystemen ab. Damit steigt der Bedarf an entsprechend leistungsfähigen Komponenten und Baugruppen mit größeren Abmaßen. Die Herausforderungen liegen hierbei sowohl im technischen als auch im ökonomischen Bereich und können zum Teil sehr unterschiedlich ausfallen. Die Lagerungskomponenten gehören zu den Maschinenelementen, welche entscheidend zur Gesamtleistung eines Systems beitragen. Für die Lager in Werkzeugmaschinen sind neben der Tragfähigkeit die Genauigkeit, die Steifigkeit und das Drehzahlvermögen wichtig. Seitens der Maschinenhersteller wird dies durch die Komplettbearbeitung, aber auch Verfahrensintegration ergänzt.

Individuelle Lagerlösungen

Speziell für die Rundachsen mit vertikaler Drehachse ergibt sich für den Entwicklungspartner rund um die Lagerung die Aufgabenstellung, Lösungskonzepte zu entwickeln, die es ermöglichen, den aktuellen Anforderungen des Kunden gerecht zu werden. In der vorliegenden Produktinformation legt die Schaeffler Gruppe Industrie den Schwerpunkt auf die Realisierung von Drehanwendungen bei verschiedenen Tischdurchmessern. Neben den Lagereinheiten, die in der Technischen Produktinformation TPI 120, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten, beschrieben werden, bieten sich bei größeren Lagerdurchmessern gebaute Lagerlösungen an, die entsprechend den Anforderungen konfiguriert werden. Diese Lagerlösungen werden auch Königszapfenlagerungen genannt.

Erhöhte Anforderungen

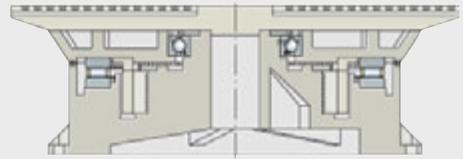
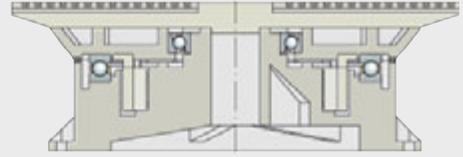
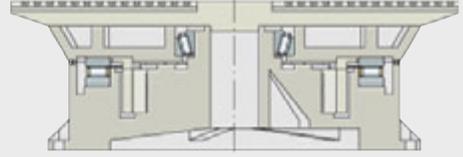
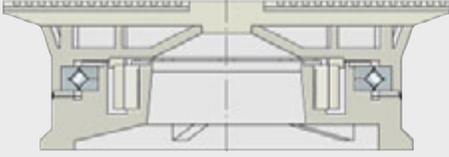
Während die überwiegend statische Verwendung der Rundtische einen unkritischen Zustand bei der Lagerauslegung und für den Betrieb darstellt, erfordert die Drehanwendung mit längeren Einschalt Dauern und höheren Drehzahlen die Berücksichtigung weiterer Einflussgrößen, die sich aus diesem Betrieb ergeben.

Weitere Informationen

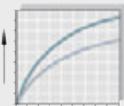
Die Produktinformation TPI 205 soll sowohl als Nachschlagewerk als auch als Vorlage für zukünftige Konstruktionen dienen. Sie kann bereits im Vorfeld Lösungsmöglichkeiten für die Lagerung solcher Maschinen entsprechend den gestellten Anforderungen aufzeigen. Für die detaillierte Auslegung empfehlen wir, die Anwendungstechniker der Schaeffler Gruppe Industrie zu kontaktieren.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Technische Grundlagen	8
Lagerlösungen.....	41
1-Lagerlösung.....	46
2-Lagerlösungen	50
3-Lagerlösungen	54
Produkte für Lagerlösungen	
Kreuzrollenlager.....	58
Axial-Rillenkugellager	82
Einreihige Schrägkugellager.....	90
Axial-Zylinderrollenlager	98
Einreihige Kegelrollenlager.....	106
Radial-Zylinderrollenlager	120
Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern.....	146
Anhang	
Adressen	155
Checklisten.....	156

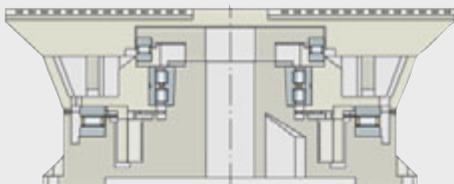
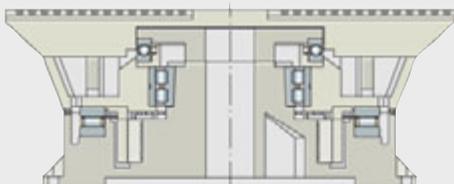
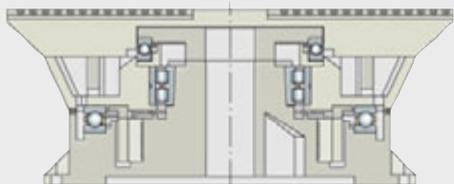


000176CF



00015CE8

Technische Grundlagen



000176D0

Lagerlösungen

- 1-Lagerlösung
- 2-Lagerlösungen
- 3-Lagerlösungen



Produkte für Lagerlösungen

Kreuzrollenlager



Axial-Rillenkugellager



Einreihige Schrägkugellager



Axial-Zylinderrollenlager

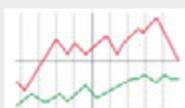


Einreihige Kegelrollenlager



Radial-Zylinderrollenlager

000176D1



0001773F

Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern

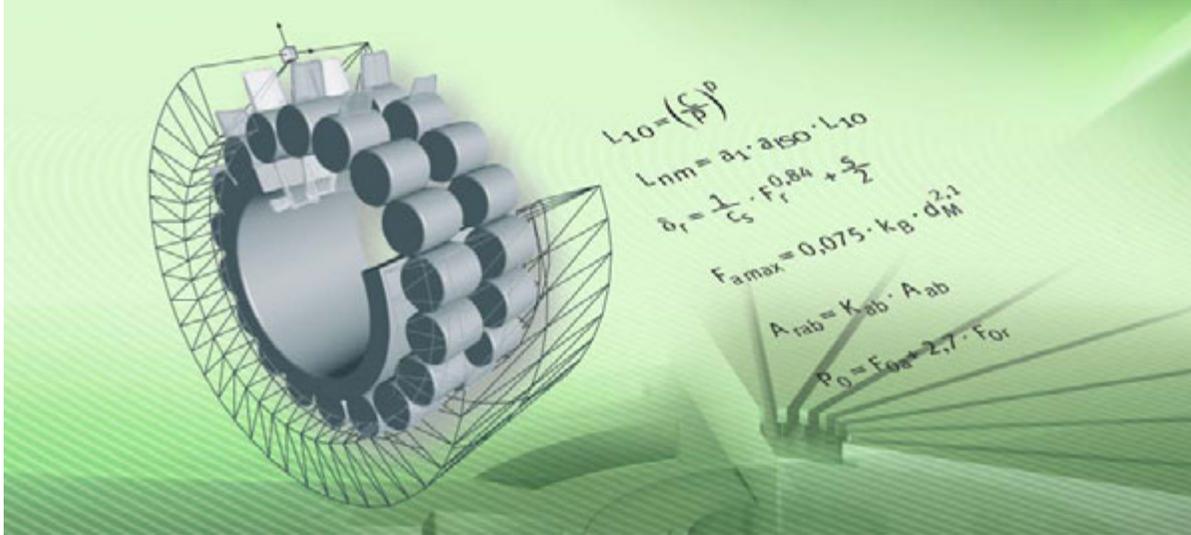


000174DA

- Anhang
- Adressen
- Checklisten



FAG



Technische Grundlagen

Auswahlkriterien

Tragfähigkeit und Lebensdauer

Reibung und Erwärmung

Drehzahlen

Schmierung

Lagerdaten

Gestaltung der Lagerung

Montage



Technische Grundlagen

	Seite
Auswahlkriterien	Vorgehen bei der Lagerauswahl 10
	Geometrische Randbedingungen..... 10
	Drehzahl..... 10
	Werkstückgenauigkeit..... 10
	Lebensdauer..... 11
	Sicherheitsfaktoren 11
	Dynamische Tragfähigkeit 11
	Unterschiedliche Belastungen..... 11
Weitere Hinweise 11	
Tragfähigkeit und Lebensdauer	Nominelle Lebensdauer..... 12
	Dynamisch äquivalente Belastung..... 12
Reibung und Erwärmung	Reibung..... 13
	Wärmeabfuhr..... 13
	Bestimmung der Reibungsgrößen 14
Drehzahlen	Drehzahlen bei Lagerkombinationen..... 17
	Grenzdrehzahl..... 17
Schmierung	Auswahl des Schmierstoffes 18
	Empfohlene Schmierölviskosität..... 19
	Ölauswahl..... 21
	Umlaufschmierung mit mittleren und größeren Ölmengen 22
Lagerdaten	Maß- und Lauftoleranzen 27
	Kantenabstände 33
Gestaltung der Lagerung	Anschlusskonstruktion 36
	Wellen- und Gehäusetoleranzen 36
Montage	1-Lagerlösungen..... 39
	2-Lagerlösungen..... 39
	3-Lagerlösungen..... 39

Auswahlkriterien

Vorgehen bei der Lagerauswahl

Die Vertikaldrehmaschinen gehören zu den spanenden Werkzeugmaschinen. Um den gestellten Anforderungen nachkommen zu können, muss die Lagerung entsprechende Eigenschaften erfüllen.

Die wichtigsten Eigenschaften sind:

- Drehzahlvermögen
- Laufgenauigkeit
- Gebrauchsdauer
- Steifigkeit.

Ausgehend von den geometrischen Randbedingungen kommen dabei unterschiedliche Lagerlösungen zum Einsatz. Im Folgenden soll ein Überblick über das Vorgehen aufgezeigt werden, damit eine Lagervorauswahl getroffen werden kann.



Für die endgültige Bestimmung der Lagertypen, Einstellwerte und Betriebsparameter bitte Rücksprache mit den Anwendungstechnikern der Schaeffler Gruppe Industrie halten! Hier kann mit dem Berechnungstool BEARINX® die Lagerauslegung entsprechend des Pflichtenheftes durchgeführt und eine Schmierempfehlung abgegeben werden!

Zur Zusammenführung der dafür benötigten Daten kann der im Anhang aufgeführte Vordruck verwendet werden, siehe Seite 156!

Geometrische Randbedingungen

Der Durchmesser der Planscheibe (Tischdurchmesser) ergibt sich aus dem zu spannenden Teilespektrum. Als Hauptstützlager wählt man Lager mit einem Durchmesser von etwa $\frac{2}{3}$ des Planscheibendurchmessers. Bei Planscheiben mit einem Durchmesser über 7 m sind Lager mit einem Durchmesser von 50% des Planscheibenlagers möglich.

Drehzahl

Mit dieser Einschränkung kann die Auswahl bezüglich der erreichbaren Drehzahl weitergeführt werden. Das Drehzahlvermögen, als Voraussetzung für günstige Schnittparameter, hängt stark von der verwendeten Lagerbauform ab. Aufgrund der Reibleistung wird zum Teil eine nicht unerhebliche Wärmemenge generiert, die durch den Schmierstoff wieder abgeführt werden muss. Dies spiegelt sich in der Art der erforderlichen Schmierung wider.

Werkstückgenauigkeit

Die erreichbare Werkstückgenauigkeit wird durch die Laufgenauigkeiten der verwendeten Lager bestimmt, die wiederum eine entsprechend genau gefertigte Anschlusskonstruktion voraussetzen.



Lebensdauer Um eine ausreichende Ermüdungslebensdauer L_h zu erreichen, ist abhängig von der Last eine entsprechende Tragfähigkeit der Lager, gekennzeichnet durch deren Tragzahlen, erforderlich. Diese kann einerseits durch die Lagergröße, aber auch durch die Lagerbauform beeinflusst werden.

Sicherheitsfaktoren Für einen ruhigen Lauf sollte ein Faktor $f_S \geq 4$ angestrebt werden. Im Normalfall muss bei der Berechnung keine zusätzliche Sicherheit eingerechnet werden.



In Sonderfällen, zum Beispiel Abnahmespezifikationen, werksinternen Vorschriften oder Vorgaben von Prüfungsgesellschaften, sind entsprechende Sicherheitsfaktoren einzusetzen!

Dynamische Tragfähigkeit Dynamisch beanspruchte Lager, das heißt überwiegend rotierend betriebene Lager, werden nach ihrer dynamischen Tragfähigkeit dimensioniert.

Die Größe eines dynamisch beanspruchten Lagers kann näherungsweise durch die dynamische Tragzahl C und die nominelle Lebensdauer L oder L_h überprüft werden.

Unterschiedliche Belastungen In der Regel werden verschiedene Werkstücke auf einem Maschinentyp gefertigt. Dies führt zu unterschiedlichen Belastungen auf die Lager. Bei der Lagerauslegung sind alle Lastfälle zu berücksichtigen, um eine einwandfreie Funktion der Lager sicherzustellen.

Durch eine entsprechende Wahl der Vorspannung im Lagersystem können in allen Lastfällen die Mindestlasten sichergestellt werden. Mindestlasten sind für ein schlupffreies und damit reibungs- und verschleißarmes Abrollen der Wälzkörper erforderlich. Die Vorspannung hat wiederum Einfluss auf die Steifigkeit des Lagersystems.

Weitere Hinweise Die Leistungsfähigkeit der Lagerung wird durch eine saubere und genaue Montage stark beeinflusst, so dass hier mit der erforderlichen Sorgfalt vorgegangen werden muss.

Tragfähigkeit und Lebensdauer

Nominelle Lebensdauer

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

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

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

L_{10} 10^6 Umdrehungen

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

C kN

Dynamische Tragzahl

P kN

Dynamisch äquivalente Lagerbelastung für Radial- und Axiallager

p –

Lebensdauerexponent;

für Rollenlager: $p = 10/3$

für Kugellager: $p = 3$

L_{10h} h

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

n min^{-1}

Betriebsdrehzahl.

Dynamisch äquivalente Belastung

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

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

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

P kN

Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

X –

Radialfaktor aus den Maßtabellen oder der Beschreibung des Produktes

F_r kN

Radiale dynamische Lagerbelastung

Y –

Axialfaktor aus den Maßtabellen oder der Beschreibung des Produktes

F_a kN

Axiale dynamische Lagerbelastung.



Diese Berechnung ist nicht anwendbar für Axial-Zylinderrollenlager! Bei diesen Lagern sind kombinierte Belastungen nicht zulässig!



Reibung und Erwärmung

Reibung

Die Reibung eines Wälzlagers setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen, siehe Tabelle. Durch die Vielzahl der Einflussgrößen, wie Dynamik in Drehzahl und Last, Verkippung und Verschränkung infolge Einbau und Betrieb, können reale Reibungsmomente und Reibungsleistungen deutlich von den berechneten Größen abweichen. Ist das Reibungsmoment ein wichtiges Auslegungskriterium, bitte beim Ingenieurdienst der Schaeffler Gruppe rückfragen.

Reibungsanteil und Einflussgröße

Reibungsanteil	Einflussgröße
Rollreibung	■ Größe der Belastung
Gleitreibung der Wälzkörper Gleitreibung des Käfigs	■ Größe und Richtung der Belastung ■ Drehzahl und Schmierzustand, Einlaufzustand
Flüssigkeitsreibung (Strömungswiderstände)	■ Bauart und Drehzahl ■ Art, Menge und Betriebsviskosität des Schmierstoffs
Dichtungsreibung	■ Bauart und Vorspannung der Dichtung

Die Leerlaufreibung hängt ab von der Schmierstoffmenge, der Drehzahl, der Betriebsviskosität des Schmierstoffs, den Dichtungen und dem Einlaufzustand des Lagers.

Wärmeabfuhr

Reibung wird in Wärme umgesetzt. Diese muss aus dem Lager abgeführt werden. Dies kann bei geringeren Drehzahlen ausreichend über die Anschlusskonstruktion erfolgen. Bei höheren Drehzahlen und längeren Einschalt Dauern muss der Wärmeabtransport über den Schmierstoff erfolgen.

Wärmeabfuhr durch den Schmierstoff

Schmieröl führt einen Teil der Wärme ab. Besonders wirksam ist die Umlaufschmierung mit Rückkühlung. Fett führt keine Wärme ab.

Wärmeabfuhr über Welle und Gehäuse

Die Wärmeabfuhr über die Welle und das Gehäuse hängt ab von der Temperaturdifferenz zwischen Lager und Umgebung, *Bild 1*.



Benachbarte, zusätzliche Wärmequellen oder Wärmestrahlung beachten!

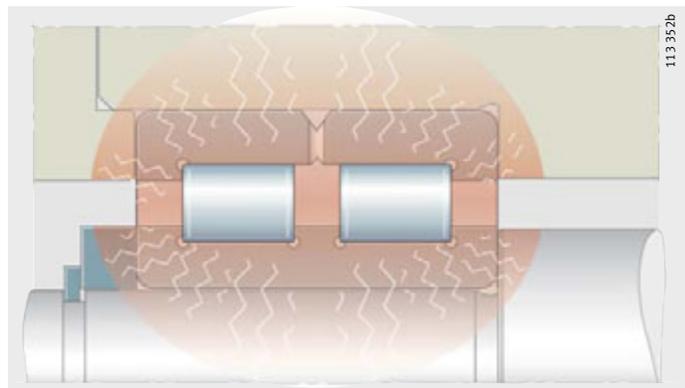


Bild 1
Temperaturverteilung zwischen Lager, Welle und Gehäuse

Reibung und Erwärmung

Bestimmung der Reibungsgrößen

Dazu müssen Drehzahl und Belastung bekannt sein. Schmierungsart, Schmiervorgang und die Viskosität des Schmierstoffs bei Betriebstemperatur sind weitere notwendige Rechengrößen.

Gesamtreibungsmoment M_R :

$$M_R = M_0 + M_1$$

Reibungsleistung N_R :

$$N_R = M_R \cdot \frac{n}{9550}$$

Drehzahlabhängiges Reibungsmoment:

$$M_0 = f_0 \cdot (\nu \cdot n)^{2/3} \cdot d_M^3 \cdot 10^{-7}$$

Lastabhängiges Reibungsmoment für Zylinderrollenlager:

$$M_1 = f_1 \cdot F \cdot d_M$$

Lastabhängiges Reibungsmoment für Kugellager, Kegelrollenlager und Pendelrollenlager:

$$M_1 = f_1 \cdot P_1 \cdot d_M$$

M_R Nmm

Gesamtreibungsmoment

M_0 Nmm

Drehzahlabhängiges Reibungsmoment

M_1 Nmm

Lastabhängiges Reibungsmoment

N_R W

Reibungsleistung

n min^{-1}

Betriebsdrehzahl

f_0 –

Lagerbeiwert für drehzahlabhängiges Reibungsmoment, siehe Tabellen, Seite 15

ν mm^2s^{-1}

Kinematische Viskosität des Schmierstoffs bei Betriebstemperatur.

Bei Fett entscheidet die Viskosität des Grundöls bei Betriebstemperatur

d_M mm

Mittlerer Lagerdurchmesser $(d + D)/2$

f_1 –

Lagerbeiwert für lastabhängiges Reibungsmoment, siehe Tabellen, Seite 15

F_r, F_a N

Radiallast bei Radiallagern, Axiallast bei Axiallagern

P_1 N

Maßgebende Belastung für das Reibungsmoment.

Für Kugellager, Kegelrollenlager und Pendelrollenlager, siehe Tabelle, Seite 16.



Lagerbeiwerte

Die Lagerbeiwerte f_0 und f_1 sind Mittelwerte aus Versuchsreihen und entsprechen den Angaben nach ISO 15312.

Die Lagerbeiwerte f_0 sind für Öleinspritzschmierung angegeben, siehe Tabellen. Der Lagerbeiwert f_0 wächst bei gleichem mittleren Lagerdurchmesser d_M mit der Größe der Kugeln oder der Rollenlänge, also indirekt auch mit der Größe des Lagerquerschnitts.

In den Tabellen sind deshalb den breiten Baureihen größere Lagerbeiwerte f_0 zugeordnet als den schmalen Baureihen. Laufen Radiallager auf senkrechter Welle unter Radiallast, muss man mit dem Doppelten des genannten Wertes rechnen. Dies gilt auch bei großem Kühlöldurchsatz oder zu hohem Fettfüllungsgrad (liegt vor, sobald mehr Fett vorhanden ist, als seitlich verdrängt werden kann).



Frisch gefettete Lager haben in der Anlaufphase Lagerbeiwerte f_0 wie Lager mit Ölbadschmierung! Nach der Fettverteilung sind die Lagerbeiwerte f_0 zu halbieren!

Lagerbeiwerte für Zylinderrollenlager mit Käfig

Baureihe	Lagerbeiwert f_0		Lagerbeiwert f_1
	Fett, Ölnebel	Öleinspritzung, Ölumlaufl	
NN30..-K	1,7	3	0,0002 – 0,0004
NNU49..-K	1,7	3	

Lagerbeiwerte für Axial-Rollenlager

Baureihe	Lagerbeiwert f_0		Lagerbeiwert f_1
	Fett, Ölnebel	Öleinspritzung, Ölumlaufl	
811, K811	2	3	0,0015
812, K812			
893, K893			
894, K894			

Lagerbeiwerte für Kegelrollenlager

Baureihe	Lagerbeiwert f_0		Lagerbeiwert f_1
	Fett, Ölnebel	Öleinspritzung, Ölumlaufl	
302, 303, 320, 329, 330	2	3	0,0004
313, 322, 323, 331, 332	3	4,5	

Lagerbeiwerte für Schrägkugellager

Baureihe	Lagerbeiwert f_0		Lagerbeiwert f_1
	Fett, Ölnebel	Öleinspritzung, Ölumlaufl	
70..-B	1,3	2	$0,001 \cdot (P_0/C_0)^{0,33}$
719..-B			
73..-B	2	3	

Reibung und Erwärmung

Lagerbeiwerte für Axial-Rillenkugellager

Baureihe	Lagerbeiwert f_0		Lagerbeiwert f_1
	Fett, Ölnebel	Öleinspritzung, Ölumlaufl	
511, 512, 513, 514	1	1,5	$0,0012 \cdot (F_a/C_0)^{0,33}$

Maßgebende Belastung für Kugellager und Kegelrollenlager

Lagerbauart	Einzellager P_1
Rillenkugellager	$3,3 \cdot F_a - 0,1 \cdot F_r$
Schräggugellager, einreihig	$F_a - 0,1 \cdot F_r$
Kegelrollenlager	$2 \cdot Y \cdot F_a$ oder F_r , den größeren Wert einsetzen



Für $P_1 \leq F_r$ gilt $P_1 = F_r$!



Drehzahlen

Drehzahlen bei Lagerkombinationen

Bei Lagerlösungen in Vertikaldrehmaschinen mit kombinierten Lagern ist immer das Hauptlager in der Anordnung für die maximal mögliche Drehzahl ausschlaggebend.

Grenzdrehzahl

Die Grenzdrehzahl n_G für Öl- und Fettschmierung beruht auf Erfahrungen aus der Praxis und berücksichtigt zusätzliche Kriterien wie Laufruhe und Fliehkräfte.



Die Grenzdrehzahl darf auch bei günstigen Betriebsbedingungen und Kühlverhältnissen nicht überschritten werden!

Schmierung

Auswahl des Schmierstoffes

Die Lager können prinzipiell sowohl mit Fett als auch mit Öl geschmiert werden. Für die Anwendungen in Drehmaschinen mit längeren Einschalt Dauern und höheren Drehzahlen ist aber auf jeden Fall die Ölschmierung zu verwenden, um die durch die Reibleistung entstandene Wärme aus dem Lager abzuführen.

Schmieröle auf Mineralölbasis werden heute am häufigsten verwendet. Diese Mineralöle müssen mindestens die Anforderungen nach DIN 51517 erfüllen, siehe Tabelle.

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, siehe Tabelle. Besondere Bedeutung haben zum Beispiel wirksame Verschleißschutzadditive für den Betrieb von Wälzlagern im Mischreibungsbereich.

Grundöle und ihre typischen Eigenschaften

Grundöl, Abkürzung	Einsatztemperatur		Viskositäts-Temperatur-Verhalten	Elastomer-verträglichkeit	Preis
	max. °C	min. °C			
Mineralöl ¹⁾ , Min	+120	-20	100	gut	1
Polyalphaolefin ²⁾ , PAO, SHC	+150	-40	160	gut	6

1) Am häufigsten eingesetzter Grundöltyp, „natürlich verunreinigt“, da Naturprodukt.

2) Weit verbreiteter Syntheseöltyp, auch für Schmierstoffe mit Lebensmittelzulassung.

Schmierstoffadditive und ihre Wirkung

Additivtyp	Aufgabe
Hochdruckzusätze EP	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verbesserung des Druckaufnahmeverhaltens ■ Verschleißminderung durch Reaktionsschichtbildung
Reibungsänderer FM	<ul style="list-style-type: none"> ■ Veränderte Reibung bei Misch- und Grenzreibung
Verschleißschutz AW	<ul style="list-style-type: none"> ■ Senkung von mildem Adhäsions-Abrasionsverschleiß bei Mischreibung
Korrosionsinhibitoren KI	<ul style="list-style-type: none"> ■ Schutz von Metalloberflächen gegen Korrosion
Alterungsinhibitoren OI	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verzögern der oxidativen Zersetzung des Schmierstoffes
Haftzusätze	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verbesserung der Haftung des Schmierstoffes auf der Oberfläche
Detergent und Dispersant	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verbesserung des Schmutzlöse- und Schmutztrageverhaltens des Schmierstoffes
V-T-Verbesserer	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verbesserung (Verringerung) des Viskositäts-Temperatur-Verhalten
Schauminhibitoren	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vermeidung stabiler Schaumbildung
Pourpointniedriger	<ul style="list-style-type: none"> ■ Herabsetzung des Stockpunktes



Empfohlene Schmierölviskosität

Die erreichbare Lebensdauer und die Sicherheit gegen Verschleiß sind umso höher, je besser die Kontaktflächen durch den Schmierfilm getrennt sind. Da die Schmierfilmdicke mit der Viskosität des Öles zunimmt, sollte nach Möglichkeit ein Öl mit hoher Betriebsviskosität ν gewählt werden.

Eine sehr lange Lebensdauer lässt sich erreichen, wenn das Viskositätsverhältnis aus vorhandener zu erforderlicher Viskosität $\kappa = \nu/\nu_1 \cong 2$ beträgt. Mit steigender Viskosität nimmt allerdings auch die Schmierstoffreibung zu. Bei tiefer, aber auch bei normaler Temperatur können Probleme mit der Zu- und Abführung des Öles auftreten.



Das Öl ist gerade so zäh zu wählen, dass sich einerseits eine möglichst hohe Ermüdungslebensdauer ergibt, andererseits die Verlustleistung durch erhöhte Reibung möglichst gering gehalten wird! Eine ständig ausreichende Ölversorgung der Lager ist sicherzustellen!

Betriebsviskosität

In Einzelfällen kann die Betriebsviskosität nicht in der gewünschten Höhe realisiert werden, weil:

- Die Ölauswahl noch von anderen Komponenten der Maschine bestimmt wird und diese ein dünnflüssiges Öl erfordern
- Für Umlaufschmierung ein ausreichend fließfähiges Öl eingesetzt werden soll, um Verunreinigungen und Wärme aus dem Lager abzuführen
- Zeitweise eine höhere Temperatur oder sehr niedrige Umfangsgeschwindigkeit vorliegt und dann die Betriebsviskosität, die mit dem zähesten anwendbaren Öl erreicht werden kann, noch unterhalb der angestrebten Viskosität liegt.

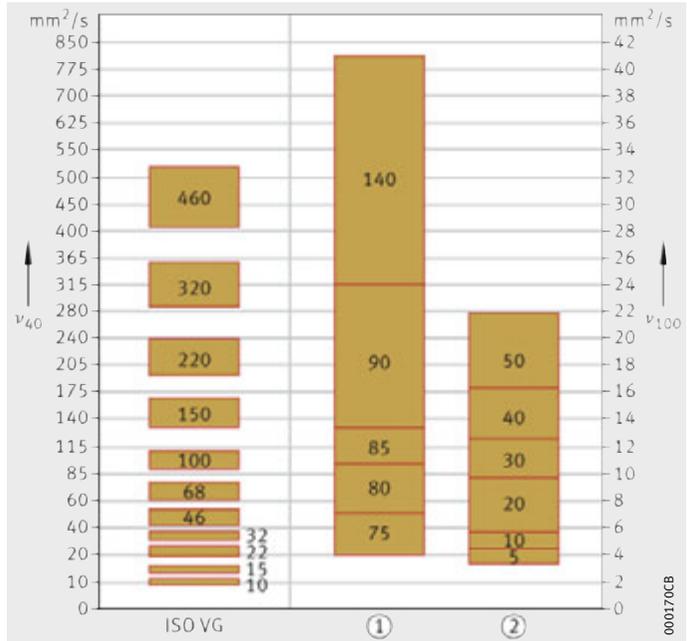
In solchen Fällen kann auch ein Öl mit geringerer Viskosität als empfohlen verwendet werden. Das Öl muss dann allerdings wirksame Zusätze enthalten und seine Schmierungsseignung durch eine Wälzlagerprüfung nachgewiesen sein. Anderenfalls ist je nach Abweichung vom Sollwert mit verminderter Ermüdungslaufzeit und Verschleißerscheinungen an den Funktionsflächen zu rechnen, wie die Berechnung der erreichbaren Lebensdauer ausweist.

Gebräuchliche Viskositätsklassen nach ISO und SAE, *Bild 1*, Seite 20 und *Tabelle*, Seite 20.

Schmierung

- Viskositätsklassen nach ISO und SAE
 ν_{40} = Viskosität bei +40 °C
 ν_{100} = Viskosität bei +100 °C
 ① Getriebeöl nach SAE-Klassifikation
 ② Motorenöl nach SAE-Klassifikation

Bild 1
Viskositätsklassen



Viskositätsklassen ISO VG

Viskositäts- klasse ISO VG	Mittelpunkts- viskosität mm ² /s	Grenzen der kinematischen Viskosität bei +40 °C mm ² /s	
		min.	max.
22	22	19,8	24,2
32	32	28,8	35,2
46	46	41,4	50,6
68	68	61,2	74,8
100	100	90	110
150	150	135	165
220	220	198	242



Ölauswahl Das Öl ist entsprechend der jeweiligen Anwendung auszuwählen. In den meisten Fällen werden Getriebe- oder Hydrauliköle CLP oder HLP der ISO VG 46, ISO VG 68 oder ISO VG 100 verwendet. Die Wahl ist abhängig von der Drehzahl und dem Belastungsverhältnis C/P.

Hohe Drehzahlkennwerte Liegen hohe Umfangsgeschwindigkeiten vor, ist ein oxidationsstabiles Öl mit geringer Verschäumungsneigung und günstigem Viskositäts-Temperatur-Verhalten (V-T-Verhalten) vorteilhaft. Der maximal zulässige Drehzahlkennwert für Axial-Zylinderrollenlager ist $n \cdot d_M = 250\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$, für Axial-Rillenkugellager $n \cdot d_M = 440\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$. Geeignete synthetische Öle mit gutem V-T-Verhalten sind Ester und Polyalphaolefine PAO, da bei diesen Ölen die Viskosität mit steigender Temperatur weniger stark abnimmt. In der Anlaufphase, wenn die Temperatur meistens niedrig ist, werden hohe Planschverluste und damit Erwärmung vermieden; bei der höheren Beharrungstemperatur bleibt eine ausreichende Viskosität zur Sicherstellung der Schmierung erhalten.

Hohe Belastungen Sind die Lager hoch belastet ($C/P < 7$) oder ist die Betriebsviskosität ν kleiner als die Bezugsviskosität ν_1 , sollten Öle mit Verschleißschutzzusätzen verwendet werden (Kennbuchstabe P nach DIN 51502).

Verschleißschutzzusätze mindern die schädlichen Auswirkungen der stellenweise auftretenden metallischen Berührung. Die Eignung von Verschleißschutzzusätzen ist unterschiedlich und meist stark temperaturabhängig. Die Wirksamkeit kann nur durch eine Prüfung im Wälzlager (zum Beispiel Prüfstand FE 8) beurteilt werden.

Schmierung

Umlaufschmierung mit mittleren und größeren Ölmengen

Bei der Umlaufschmierung wird das Öl nach dem Durchlauf durch die Lager in einen Sammelbehälter geleitet und erneut den Lagern zugeführt, *Bild 2*. Verschleißteilchen und Verunreinigungen haben negative Auswirkung auf die erreichbare Lebensdauer. Es ist deshalb unbedingt ein Filter zum Aussondern von Verschleißteilchen und Verunreinigungen erforderlich. Der Filter in der Zufuhrleitung sollte eine Rückhalterate von $6\ \mu\text{m}$ besitzen.

- ① Filter
- ② Pumpe
- ③ Kühlung

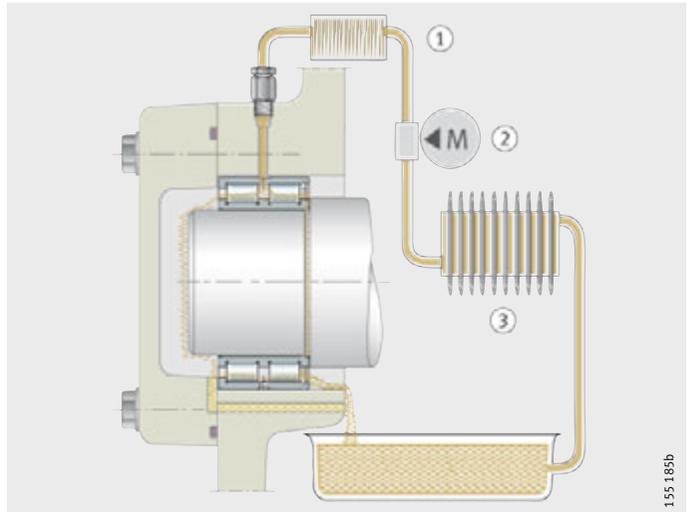


Bild 2
Ölumlufschmierung

Öl-Umlaufmenge

Umlaufmengen, die bei Viskositätsverhältnissen $\kappa = \nu/\nu_1$ von 1 bis 2,5 einen mäßigen Lager-Durchlaufwiderstand erzeugen, können dem Diagramm entnommen werden, *Bild 3*.

- \dot{V} = Ölmenge
D = Lagerdurchmesser außen
- ① Zunehmende Ölmenge zur Wärmeabfuhr notwendig
 - ② Keine Wärmeabfuhr notwendig
- a = Zur Schmierung ausreichende Ölmenge
b = Obere Grenze für Lager symmetrischer Bauart
c = Obere Grenze für Lager asymmetrischer Bauart
a₁; b₁; c₁: D/d > 1,5
a₂; b₂; c₂: D/d ≤ 1,5

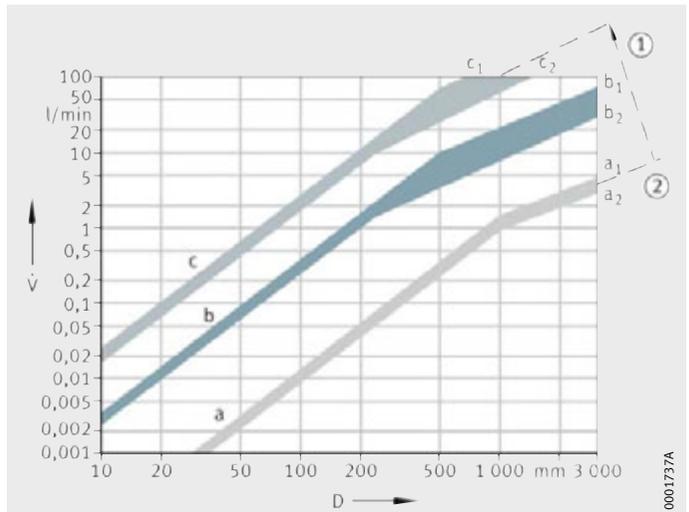


Bild 3
Ölmengen



- Betriebsverhältnisse** Die Umlaufmengen werden den Betriebsverhältnissen angepasst:
- Zur Schmierung des Lagers ist nur eine sehr geringe Ölmenge erforderlich. Im Vergleich hierzu sind die als ausreichend angegebenen Schmiermengen (Linie a) groß, *Bild 3*, Seite 22. Diese Ölmenngen werden empfohlen, um sicherzustellen, dass auch bei ungünstiger Zufuhr des Öles zum Lager alle Kontaktflächen vollständig mit Öl versorgt werden. Mit den angegebenen Mindestmengen schmirt man, wenn eine geringe Reibung erwünscht ist. Das sich hierbei einstellende Temperatur-niveau ist vergleichbar mit der Ölbad-schmierung.
 - Ist eine Wärmeabfuhr erforderlich, sind größere Ölmenngen nötig (Linie b), *Bild 3*, Seite 22. Da jedes Lager dem durchfließenden Öl einen Widerstand entgegensetzt, gibt es für die Ölmenngen auch obere Grenzen.
 - Für Lager mit asymmetrischem Querschnitt wie Schrägkugellager, Kegelrollenlager oder Axial-Pendelrollenlager sind größere Durchlaufmengen zulässig (Linie c) als für Lager mit symmetrischem Querschnitt, *Bild 3*, Seite 22. Dies liegt daran, dass Lager mit asymmetrischem Querschnitt wegen ihrer Förderwirkung dem Öldurchfluss in Förderrichtung weniger Widerstand entgegensetzen.

Bei den angegebenen Grenzen wird druckloser Zulauf und Aufstau des Öles auf der Zuführseite des Lagers bis knapp unter die Welle vorausgesetzt. Welche Ölmenge im Einzelfall zugeführt werden muss, um eine befriedigend niedrige Lagertemperatur zu erhalten, hängt von den Bedingungen der Wärmezu- und -abfuhr ab. Höhere Werte als in Bereich c sind nicht sinnvoll, *Bild 3*, Seite 22. Die richtige Ölmenge kann man bei der Inbetriebnahme der Maschine durch Messung der Temperatur bestimmen und dann entsprechend regeln.

Schmierung

Einspritzschmierung

Mit steigender Umfangsgeschwindigkeit setzen Lager mit symmetrischem Querschnitt dem durchfließenden Öl einen zunehmenden Widerstand entgegen. Sind größere Umlaufmengen vorgesehen, wird bei schnell drehenden Wälzlagern daher das Öl gezielt in den Spalt zwischen Käfig und Lagerring eingespritzt. Durch die Öleinspritzung treten geringere Planschverluste auf.

Gebräuchliche Ölmengen können in Abhängigkeit vom Drehzahlkennwert und der Lagergröße ermittelt werden. Dazu bitte Rücksprache mit dem Ingenieurdienst der Schaeffler Gruppe halten.

Der Ölstau vor dem Lager wird dadurch verhindert, dass man das Öl an Stellen einspritzt, die einen freien Eintritt in das Lager ermöglichen. Ausreichend bemessene Abflusskanäle vor und hinter der Lagerung sorgen dafür, dass das vom Lager nicht aufgenommene und durch das Lager gelaufene Öl zwangsfrei ablaufen kann.

Druckverlust und Einspritzgeschwindigkeit

Für den Bereich hoher Umfangsgeschwindigkeiten, der bei Einspritzschmierung üblich ist, haben sich Öle der Spezifikation CLP oder HLP bewährt, die eine Viskosität $\nu = 46 \text{ mm}^2/\text{s}$ bis $68 \text{ mm}^2/\text{s}$ oder $100 \text{ mm}^2/\text{s}$ haben, um ein $\kappa = 2$ zu erreichen. Die Diagramme geben in Abhängigkeit vom Druckabfall, Düsendurchmesser und Betriebsviskosität die Ölmenge und die Strahlgeschwindigkeit an, *Bild 4*.

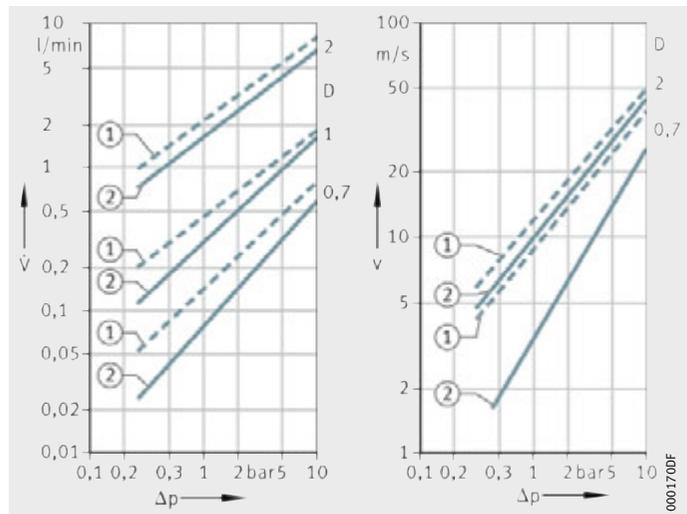
Diese Angaben stammen aus Versuchen. Der Öldurchsatz durch das schnell drehende Lager sinkt mit steigender Drehzahl. Er steigt mit wachsender Einspritzgeschwindigkeit, wobei 30 m/s die sinnvolle Obergrenze ist.

Düsenlänge $L = 8,3 \text{ mm}$

\dot{V} = Volumenstrom des Öles (Ölmenge)
 Δp = Druckabfall
 v = Strahlgeschwindigkeit
 D = Düsendurchmesser

- ① Betriebsviskosität $\nu = 7,75 \text{ mm}^2/\text{s}$
- ② Betriebsviskosität $\nu = 15,5 \text{ mm}^2/\text{s}$

Bild 4
 Druckverlust und
 Einspritzgeschwindigkeit





Konstruktive Auslegung

Wälzlager müssen bereits beim Einschalten der Maschine mit Schmierstoff versorgt sein. Bei einer Ölumlaufschmierung sollte daher die Pumpe bereits vor dem Start des Lagers anlaufen. Ein zusätzlich zur Umlaufschmierung vorgesehener Ölsumpf trägt außerdem zur Betriebssicherheit bei, da bei Ausfall der Pumpe die Ölversorgung wenigstens noch eine gewisse Zeit aus dem Sumpf erfolgt. Bei tiefer Temperatur kann die Ölumlaufmenge bis zur Erwärmung des Öles im Behälter zunächst auf die zur Schmierung notwendige Menge reduziert werden. Das erleichtert die Auslegung der Umlaufanlage (Pumpenantrieb, Ölrücklauf).

Wird mit größerer Ölmenge geschmiert, dann muss durch Abflusskanäle dafür gesorgt werden, dass kein Ölstau auftritt, der vor allem bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten zu beachtlichen Leistungsverlusten führt. Der erforderliche Durchmesser der Abflussleitung hängt von der Viskosität des Öles und den Gefällewinkeln der Ableitrohre ab.

Bei der Kombination von mehreren Lagern ist für jedes einzelne Lager die entsprechende Schmiermenge zu bestimmen. Die Schmierung der Radial-Zylinderrollenlager muss mit besonderer Sorgfalt erfolgen, siehe Katalog SP 1, Hochgenauigkeitslager. Häufig wird das Radial-Zylinderrollenlager durch die Ölmenge des oberen Lagers ausreichend mit versorgt.

Schmierung

Durchmesser der Abflussleitung

Für Öle mit einer Betriebsviskosität bis $500 \text{ mm}^2/\text{s}$ kann der Durchmesser der Abflussleitung in mm überschlägig angegeben werden:

$$d_a = (15 \dots 25) \cdot m^{0,5}$$

Für eine genauere Dimensionierung im Gefällebereich der Abflussleitung von 1% bis 5% gilt für den Durchmesser:

$$d_a = 11,7 \cdot \left(\frac{m \cdot v}{G} \right)^{0,25}$$

d_a	mm
Lichter Durchmesser der Abflussleitung	
m	l/min
Öldurchsatzmenge	
v	mm^2/s
Betriebsviskosität	
G	%
Gefälle.	

Füllmenge des Ölbehälters

Die Füllmenge des Ölbehälters richtet sich nach dem Öldurchsatz. Bei niedriger Umwälzzahl setzen sich Verunreinigungen im Ölbehälter gut ab, das Öl kann abkühlen und altert nicht so schnell. Bei hoher Umwälzzahl besteht die Gefahr übermäßiger Schaumbildung.

In der Regel wird die Füllmenge so gewählt, dass sie in der Stunde etwa $z = 3$ bis 8 mal umgewälzt wird:

$$M = m \cdot \frac{60 \text{ min}}{z}$$

M	l
Füllmenge des Ölbehälters	
m	l/min
Öldurchsatzmenge	
z	-
Umwälzzahl.	



Lagerdaten

Maß- und Lauf toleranzen

Soweit nicht anders angegeben, entsprechen die Toleranzen der Radial-Wälzlager DIN 620-2 (ISO 492), die Toleranzen der Axial-Wälzlager DIN 620-3 (ISO 199), *Bild 1*.

Die Genauigkeit entspricht der Toleranzklasse PN. Für Lager mit höherer Genauigkeit sind die Toleranzen auf die Werte der Klassen P6, P5, P4 und P2 eingengt. Toleranztabellen der einzelnen Toleranzklassen, siehe Seite 29 bis Seite 32.

Genauigkeitslager

Außer in den genormten Toleranzklassen werden Genauigkeitslager auch in den Toleranzklassen P4S, SP und UP gefertigt.

Diese Toleranzen sind in den Produktbeschreibungen der Genauigkeitslager aufgeführt, siehe TP 120, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten.

Messverfahren

Für die Abnahme der Wälzlager gelten die Messverfahren nach DIN 620-1 (ISO 1132-2).

Für weitere Informationen zu den Messverfahren gibt es die TPI 138, Wälzlager toleranzen, Definitionen und Messprinzipien. Diese TPI kann über das Internet bestellt werden.

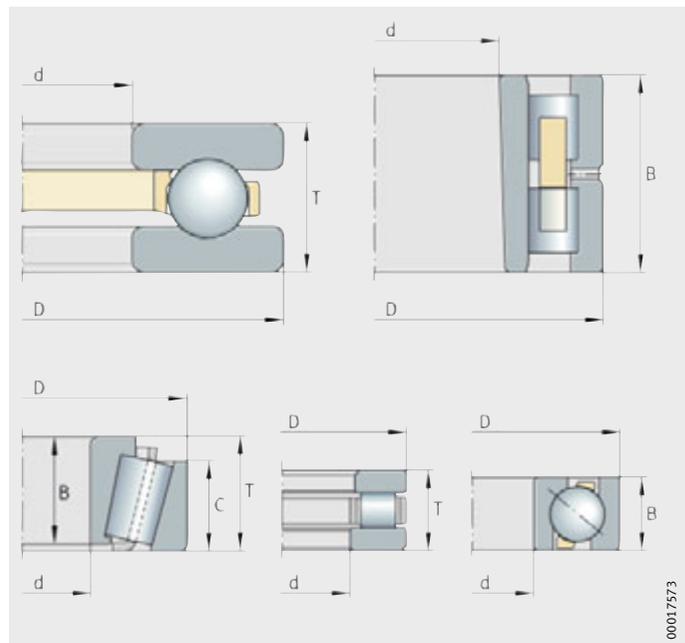


Bild 1
Hauptabmessungen nach DIN 620

Lagerdaten

Maßbuchstaben und Toleranzsymbole

Maßbuchstaben und Toleranzsymbole	Tolerierte Eigenschaft nach DIN 1132 und DIN 620
d	Nenndurchmesser der Bohrung
Δ_{dmp}	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer einzelnen Ebene
Δ_{d1mp}	Abweichung des mittleren großen Durchmessers bei kegeligen Bohrungen
V_{dsp}	Schwankung eines einzelnen Bohrungsdurchmessers in einer einzelnen Ebene
V_{dmp}	Schwankung des mittleren Bohrungsdurchmessers
D	Nenndurchmesser des Mantels
Δ_{Dmp}	Abweichung des mittleren Manteldurchmessers in einer einzelnen Ebene
V_{Dsp}	Schwankung eines einzelnen Manteldurchmessers in einer einzelnen Ebene
V_{Dmp}	Schwankung des mittleren Manteldurchmessers
B	Nennbreite des Innenrings
Δ_{Bs}	Abweichung einer einzelnen Innenringbreite
V_{Bs}	Schwankung der Innenringbreite
C	Nennbreite des Außenrings
Δ_{Cs}	Abweichung einer einzelnen Außenringbreite
V_{Cs}	Schwankung der Außenringbreite
K_{ia}	Radialschlag des Innenrings am zusammengebauten Lager
K_{ea}	Radialschlag des Außenrings am zusammengebauten Lager
S_d	Planlauf der Stirnseite in Bezug auf die Bohrung
S_D	Schwankung der Neigung der Mantellinie bezogen auf die Bezugsseitenfläche
S_{ia}	Axialschlag des Innenrings am zusammengebauten Lager
S_{ea}	Axialschlag des Außenrings am zusammengebauten Lager
S_j	Schwankung der Scheibendicke der Wellenscheibe
S_e	Schwankung der Scheibendicke der Gehäusescheibe
T	Nennhöhe eines einseitig wirkenden Axiallagers
T	Gesamtbreite eines Kegelrollenlagers



**Radiallager,
außer Kegelrollenlager**

Die Maß- und Lauf toleranzen der Wälzlager entsprechen Toleranzklasse P5, siehe Tabellen.

**Toleranzklasse P5
Innenring
Toleranzen in μm**

d		Δ_{dmp}		V_{dsp} Durchmesserreihen		V_{dmp}	K_{ia}	S_{d}
über	bis	oberes	unteres	9	0, 1, 2, 3, 4			
mm		Abmaß		max.	max.	max.	max.	max.
120	180	0	-13	13	10	7	8	10
180	250	0	-15	15	12	8	10	11
250	315	0	-18	18	14	9	13	13
315	400	0	-23	22	18	12	15	15
400	500	0	-27	26	20	14	17	18
500	630	0	-33	32	24	17	19	22
630	800	0	-40	40	30	20	22	26
800	1 000	0	-50	50	38	25	26	32
1 000	1 250	0	-65	64	50	35	30	38
1 250	1 600	0	-80	80	60	40	35	45

**Toleranzklasse P5
Innenring
Toleranzen in μm
Fortsetzung**

d		$S_{\text{ia}}^{1)}$	Δ_{Bs} Abmaß normal		V_{Bs}
über	bis		oberes	unteres	
mm		max.	max.		
120	180	10	0	-250	8
180	250	13	0	-300	10
250	315	15	0	-350	13
315	400	20	0	-400	15
400	500	25	0	-450	18
500	630	30	0	-500	22
630	800	35	0	-750	26
800	1 000	40	0	-1 000	32
1 000	1 250	45	0	-1 250	38
1 250	1 600	50	0	-1 600	45

¹⁾ Nur für Rillenkugellager und Schrägkugellager.

Lagerdaten

Toleranzklasse P5
Außenring¹⁾
Toleranzen in μm

D mm		Δ_{Dmp} Abmaß		$V_{\text{Dsp}}^{2)}$ Durchmesserreihen		$V_{\text{Dmp}}^{3)}$	K_{ea}	S_{D}	$S_{\text{ea}}^{4)}$	V_{Cs}
				9	0, 1, 2, 3, 4					
über	bis	oberes	unteres	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.
180	250	0	-15	15	11	8	15	11	15	10
250	315	0	-18	18	14	9	18	13	18	11
315	400	0	-20	20	15	10	20	13	20	13
400	500	0	-23	23	17	12	23	15	23	15
500	630	0	-28	28	21	14	25	18	25	18
630	800	0	-35	35	26	18	30	20	30	20
800	1 000	0	-40	44	34	23	35	25	35	24
1 000	1 250	0	-50	54	40	30	40	30	45	28
1 250	1 600	0	-65	70	54	35	45	35	55	32
1 600	2 000	0	-85	82	64	45	55	40	65	38
2 000	2 500	0	-110	110	84	55	65	50	75	45
2 500	3 150	0	-140	140	104	70	75	60	90	50
3 150	4 000	0	-170	170	130	85	85	70	110	60

1) Δ_{Cs} ist identisch mit Δ_{Bs} für den Innenring des zugehörigen Lagers, siehe Tabelle Toleranzklasse 5 Innenring, Seite 29.

2) Für Radial-Kugellager mit Deck- und Dichtscheiben sind keine Werte festgelegt.

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

4) Nur für Rillenkugellager und Schrägkugellager.



Axiallager

Die Toleranzen für Wellenscheiben und Gehäusescheiben richten sich nach ISO 199 und DIN 620-3, siehe Tabellen.

Toleranzen des Bohrungsdurchmessers für Wellenscheiben Toleranzen in μm

d mm		P5			
		Δ_{dmp} Abmaß		V_{dp} max.	S_i max.
über	bis	oberes	unteres		
120	180	0	-25	19	5
180	250	0	-30	23	5
250	315	0	-35	26	7
315	400	0	-40	30	7
400	500	0	-45	34	9
500	630	0	-50	38	11
630	800	0	-75	56	13
800	1 000	0	-100	75	15
1 000	1 250	0	-125	95	18
1 250	1 600	0	-160	120	21
1 600	2 000	0	-200	150	25
2 000	2 500	0	-250	190	30
2 500	3 150	0	-300	224	35

Toleranzen des Außendurchmessers für Gehäusescheiben Toleranzen in μm

D mm		P5			
		Δ_{Dmp} Abmaß		V_{Dp} max.	S_e
über	bis	oberes	unteres		
180	250	0	-30	22	5
250	315	0	-35	26	7
315	400	0	-40	30	7
400	500	0	-45	34	9
500	630	0	-50	38	11
630	800	0	-75	55	13
800	1 000	0	-100	75	15
1 000	1 250	0	-125	90	18
1 250	1 600	0	-160	120	21
1 600	2 000	0	-200	150	25
2 000	2 500	0	-250	190	30
2 500	3 150	0	-300	224	35

Lagerdaten

Toleranzen der Nennhöhe

Diese Toleranzen sind in den Tabellen angegeben. Die zugehörigen Maßbuchstaben entsprechen DIN 620, *Bild 1*, Seite 27.

Toleranzen der Lager-Nennhöhe Toleranzen in μm

d mm		T Abmaß	
über	bis	oberes	unteres
120	180	25	-400
180	250	30	-400
250	315	40	-400
315	400	40	-500
400	500	50	-500
500	630	60	-600
630	800	70	-750
800	1 000	80	-1 000
1 000	1 250	100	-1 400



Kantenabstände

Die Maße für Kantenabstände entsprechen DIN 620-6.

Radiallager, außer Kegelrollenlager

Für Mindest- und Maximalwerte der Lager, *Bild 2* und Tabelle. Zu den Kantenabständen für Kegelrollenlager siehe Seite 34, für Axiallager Seite 35.

- ① Symmetrischer Ringquerschnitt mit gleichen Kanten an beiden Ringen
- ② Symmetrischer Ringquerschnitt mit verschiedenen Kanten an beiden Ringen

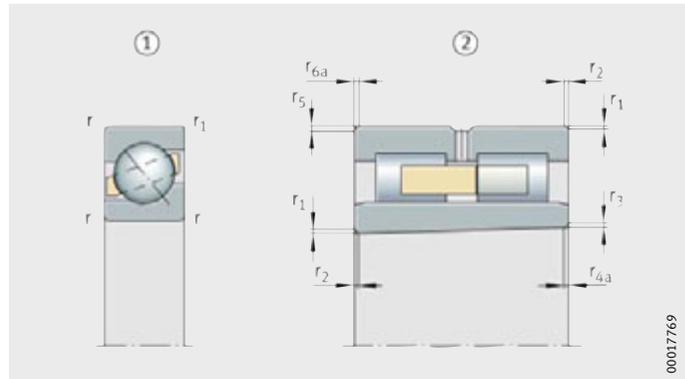


Bild 2
Kantenabstände bei Radiallagern
außer Kegelrollenlager

Grenzwerte der Kantenabstände nach DIN 620-6 Angaben in mm

$r^{1)}$	d		r_1 bis r_{6a} min.	r_1, r_3, r_5 max.	$r_2, r_4, r_6^{2)}$ max.	r_{4a}, r_{6a} max.
	über	bis				
1	50	–	1	1,9	3	2,2
1,1	120	–	1,1	2,5	4	2,7
1,5	120	–	1,5	3	5	3,5
2	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	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 kleinstzulässigen Kantenabstand r_{min} .

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

Lagerdaten

Kegelrollenlager

Für Mindest- und Maximalwerte metrischer Kegelrollenlager, Bild 3 und Tabelle.

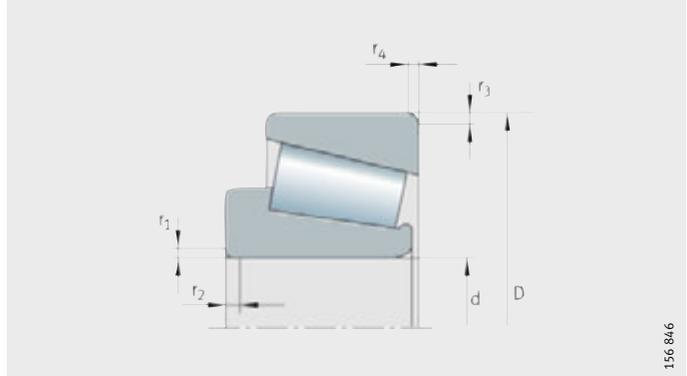


Bild 3
Kantenabstände
bei metrischen Kegelrollenlagern

Grenzwerte
der Kantenabstände
Angaben in mm

$r^{1)}$	d, D		r_1 bis r_4	r_1, r_3	r_2, r_4
	über	bis	min.	max.	max.
1	50	–	1	1,9	3
1,5	120	250	1,5	2,8	3,5
	250	–	1,5	3,5	4
2	120	250	2	3,5	4,5
	250	–	2	4	5
2,5	120	250	2,5	4	5,5
	250	–	2,5	4,5	6
3	120	250	3	4,5	6,5
	250	400	3	5	7
	400	–	3	5,5	7,5
4	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} .



Axiallager Für Mindest- und Maximalwerte der Lager, *Bild 4* und Tabelle. Die Werte in der Tabelle entsprechen 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 Einseitig wirkendes Axial-Zylinderrollenlager, einreihig
- ③ Einseitig wirkendes Axial-Zylinderrollenlager, zweireihig

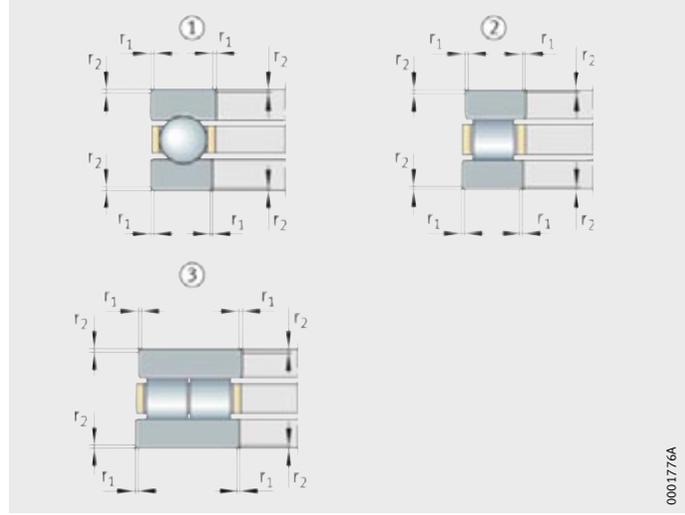


Bild 4
Kantenabstände bei Axiallagern

**Grenzwerte
der Kantenabstände
Angaben in mm**

r ¹⁾	r ₁ , r ₂	
	min.	max.
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 kleinstzulässigen Kantenabstand r_{min}.

Gestaltung der Lagerung

Anschlusskonstruktion

Um die Genauigkeit und Steifigkeit der Lager in der Maschine nutzen zu können, ist neben der Genauigkeit auf eine ausreichende Steifigkeit und Tragfähigkeit der Anschlusskonstruktion zu achten. Besonderes Augenmerk ist auf die Einleitung der womöglich hohen Axiallasten zu legen. Empfohlen wird eine steife, formstabile Abstützung in Richtung der Maschinenbettauflaufpunkte.

Wellen- und Gehäuse toleranzen

Die ISO-Toleranzen für Welle und Gehäuse (ISO 286) ergeben zusammen mit den Toleranzen Δ_{dmp} für die Bohrung und Δ_{Dmp} für den Außendurchmesser der Lager (DIN 620) die Passung.

Hinweis zu den Tabellen der Wellen- und Gehäuse toleranzen

Die Empfehlungen für die Wahl von Wellen- und Gehäuse toleranzen gelten für übliche Einbau- und Betriebsbedingungen, siehe Tabellen, Seite 37.



**Wellentoleranzen
für Radiallager
mit zylindrischer Bohrung**

Umlaufverhältnis	Lagerbauart	Wellendurchmesser mm	Verschiebbarkeit Belastung	Toleranzfeld
Punktlast für den Innenring	Kugellager, Rollenlager	Alle Größen	Leicht verschiebbarer Innenring	g6 (g5)
			Schwer verschiebbarer Innenring, Schrägkugellager und Kegelrollenlager	h6 (j6)
Umfangslast für den Innenring oder unbestimmte Lastrichtung	Kugellager	100 bis 200	Niedrige Belastung ¹⁾	k6 (k5)
			Normale und hohe Belastung ²⁾	m6 (m5)
		Über 200	Niedrige Belastung	m6 (m5)
			Normale und hohe Belastung	n6 (n5)
	Rollenlager	60 bis 200	Niedrige Belastung	k6 (k5)
			Normale Belastung	m6 (m5)
			Hohe Belastung	n6 (n5)
		200 bis 500	Normale Belastung	m6 (m5)
			Hohe Belastung, Stöße	p6
		Über 500	Normale Belastung	n6 (p6)
Hohe Belastung	p6			

¹⁾ $C/P > 10$.

²⁾ $C/P < 10$.

**Wellentoleranzen
für Axiallager**

Belastung	Lagerbauart	Wellendurchmesser	Toleranzfeld
Axiallast	Axial-Rillenkugellager	Alle Größen	j6
	Axial-Zylinderrollenlager mit Wellenscheibe		h6 (j6)
	Axial-Zylinderrollenkranz		h8

Gestaltung der Lagerung

Gehäusetoleranzen für Radiallager

Umlaufverhältnis	Verschiebbarkeit Belastung	Betriebsbedingungen	Toleranzfeld
Punktlast für den Außenring	Leicht verschiebbarer Außenring, Gehäuse ungeteilt	Die Qualität der Toleranz richtet sich nach der notwendigen Laufgenauigkeit	H7 (H6) ¹⁾
	Leicht verschiebbarer Außenring, Gehäuse geteilt		H8 (H7)
	Schwer verschiebbarer Außenring, Gehäuse ungeteilt	Hohe Laufgenauigkeit notwendig	H6 (J6)
	Schwer verschiebbarer Außenring, Schrägkugellager und Kegelrollenlager mit angestelltem Außenring, Gehäuse geteilt	Normale Laufgenauigkeit	H7 (J7)
	Leicht verschiebbarer Außenring	Wärmezufuhr von der Welle	G7 ²⁾
Umfangslast für den Außenring oder unbestimmte Lastrichtung	Kleine Belastung, Außenring nicht verschiebbar	Bei hohen Anforderungen an die Laufgenauigkeit K6, M6, N6 und P6	K7 (K6)
	Normale Belastung, Stöße, Außenring nicht verschiebbar		M7 (M6)
	Hohe Belastung, Stöße (C/P < 6), Außenring nicht verschiebbar		N7 (N6)
	Hohe Belastung, starke Stöße, dünnwandiges Gehäuse, Außenring nicht verschiebbar		P7 (P6)

1) G7 bei Gehäusen aus GG, wenn Lageraußendurchmesser $D > 250$ mm und Temperaturdifferenz zwischen Außenring und Gehäuse > 10 K.

2) F7 bei Gehäusen aus GG, wenn Lageraußendurchmesser $D > 250$ mm und Temperaturdifferenz zwischen Außenring und Gehäuse > 10 K.

Gehäusetoleranzen für Axiallager

Belastung	Lagerbauart	Betriebsbedingungen	Toleranzfeld
Axiallast	Axial-Rillenkugellager	Normale Laufgenauigkeit	E8
		Hohe Laufgenauigkeit	H6
	Axial-Zylinderrollenlager mit Gehäusescheibe	–	H7 (K7)
	Axial-Zylinderrollenkranz	–	H10



Montage



Schon bei der Montage ist eine ausreichende Schmierung im Wälzkontakt sicherzustellen! Die erforderliche Genauigkeit der Anschlusskonstruktion ist zu prüfen!

Zur Unterstützung bei der Erstmontage empfehlen wir, unsere Experten vom Industrieservice hinzuzuziehen, siehe Kapitel Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern, Seite 146!

- 1-Lagerlösungen** Bei den 1-Lagerlösungen wird unterschieden zwischen den Genauigkeitslagern YRTS und ZKLDF in kompakter Bauweise und der in dieser TPI vorgestellten Lösung mit Kreuzrollenlagern.
- Genauigkeitslager** Die Montage von Genauigkeitslagern nach der TPI 120 ist in der TPI 103, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten, beschrieben.
- Kreuzrollenlager** Die Kreuzrollenlager Z-556 sind werkseitig auf eine axial definierte Vorspannung eingestellt. Bei Kreuzrollenlagern Z-549 ist die axiale Vorspannung bei der Montage einzustellen.
- 2-Lagerlösungen** Bei der Montage ist zum einen auf einen guten Radiallauf zwischen dem Axialrillenkugellager und dem Schrägkontaktlager zu achten. Dies kann zum einen durch die Zentrierungen erreicht werden oder durch eine entsprechende Ausrichtung der Axialscheiben bei der Montage. Zum anderen ist die axiale Vorspannung mittels des Schrägkontaktlagers korrekt einzustellen.
-  Axial-Rillenkugellager können nur bedingt über die Passung zentriert werden! Die überwiegende Anzahl der Lager sind über eine Vorrichtung zum Radiallager auszurichten, siehe Maßtabelle!
- 3-Lagerlösungen** Bei den Axialrillenkugellager ist auf einen guten Radiallauf zum Radialzylinderrollenlager zu achten. Dies kann durch den Zentriersitz oder eine durchgeführte Ausrichtung erfolgen. Das Radialzylinderrollenlager ist entsprechend der vorgegebenen radialen Vorspannung zu montieren, siehe Katalog SP 1, Hochgenauigkeitslager. Die Vorspannung der Axiallager muss sorgfältig durchgeführt werden.
-  Axial-Rillenkugellager können nur bedingt über die Passung zentriert werden! Die überwiegende Anzahl der Lager sind über eine Vorrichtung zum Radiallager auszurichten, siehe Maßtabelle!



FAG



Lagerlösungen

- 1-Lagerlösung
- 2-Lagerlösungen
- 3-Lagerlösungen

Lagerlösungen

1-Lagerlösung **46**

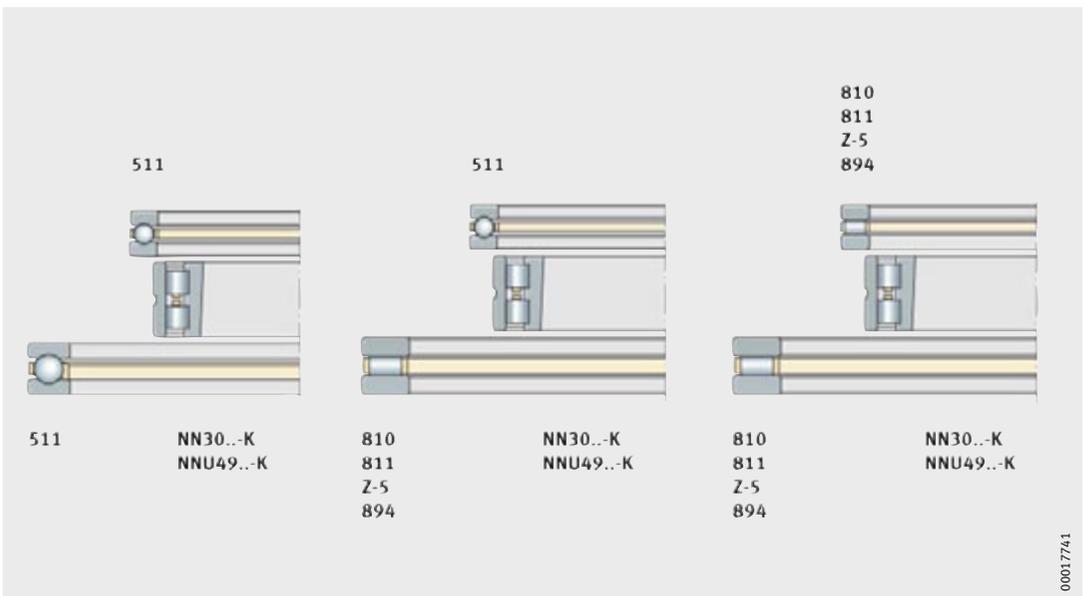
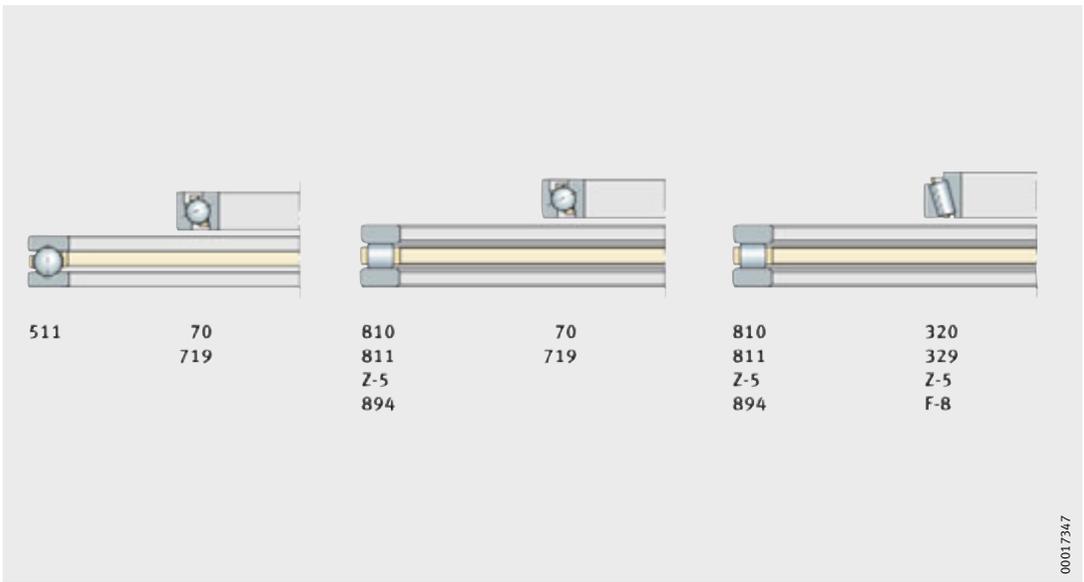
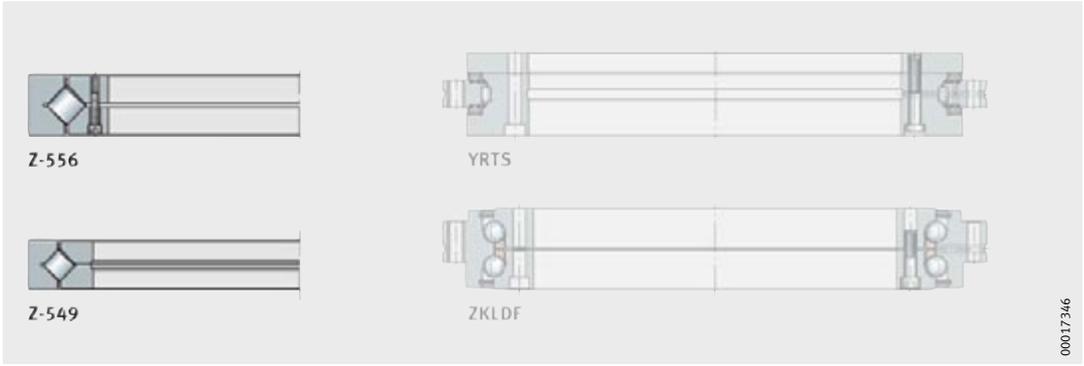
Aufgrund eines begrenzten Größenbereichs der Axial-Radiallager YRTS und Axial-Schrägkugellager ZKLDF (siehe TPI 120, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten) kommen hier hochgenaue Kreuzrollenlager zum Einsatz. Diese Lager zeichnen sich durch eine einfache Anschlusskonstruktion, engsten Bauraum und günstige Schmiermöglichkeiten aus.

2-Lagerlösungen **50**

Bei der Mehrzahl der Anwendungen können die Anforderungen mittels einer Lagerung bestehend aus zwei Lagern erfüllt werden. Dabei bildet ein Axiallager die Hauptlagerung und wird durch das zweite Lager, das auch die radiale Führung übernimmt, vorgespannt. Forderungen nach mittleren bis hohen Drehzahlen können mit dieser Lagerlösung erfüllt werden. Hierzu eignen sich Schrägkugellager wie auch Kegelrollenlager.

3-Lagerlösungen **54**

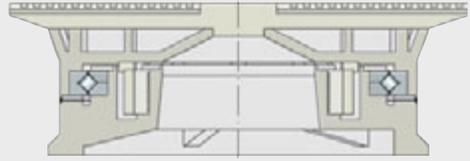
Bei sehr hohen Anforderungen sowohl an die Genauigkeit wie auch an die Steifigkeit haben Lagerungen mit drei Einzellagerungen deutliche Vorteile. Demgegenüber ist ein erhöhter Montageaufwand zu berücksichtigen.



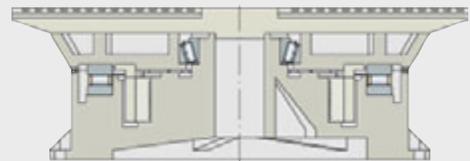
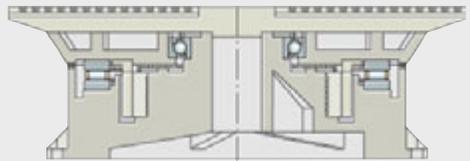
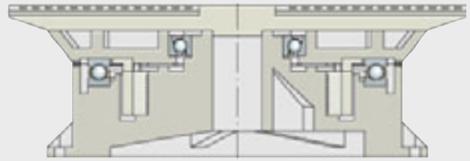
Vorauswahl der Lagerungen

Anwendung

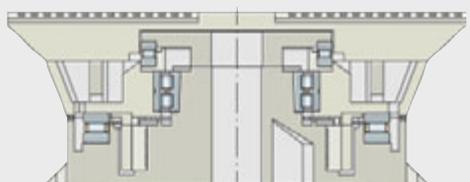
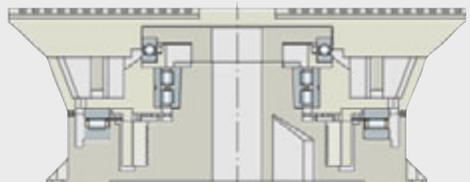
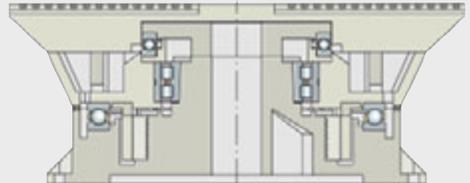
1-Lagerlösung



2-Lagerlösungen



3-Lagerlösungen

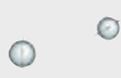
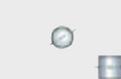


Bedeutung der Symbole

- +++ sehr gut
- ++ gut
- + befriedigend
- o ausreichend

Achtung!

Diese Auswahlmatrix ist eine grobe Übersicht zur Vorbeurteilung, ob die Lagerlösungen für den gewünschten Einsatzzweck in Frage kommen! Für den konkreten Anwendungsfall müssen grundsätzlich die Angaben in den Produktkapiteln und technischen Grundlagen berücksichtigt werden!

Mögliche äußere Krafteinwirkungen	Eigenschaften									
	Kosten	Kleiner Bauraum	Axiale Steifig- keit	Radiale Steifig- keit	Kipp- steifig- keit	Axiale Rundlaufab- weichung	Radiale Rundlaufab- weichung	Dreh- zahl	Reib- moment	Komplexität der Bauteile
	+	+++	+	+	++	0	0	++	++	++
	+++	++	0	0	+	+++	+	+++	+++	+
	++	++	++	0	++	++	+	++	++	+
	++	++	++	+	++	++	+	+	+	+
	++	+	+	++	+	+++	+++	+++	++	0
	0	0	++	++	+++	+++	+++	0	0	0
	0	0	+++	++	+++	+++	+++	0	0	0





FAG



1-Lagerlösung

1-Lagerlösung



	Seite
Produktübersicht 1-Lagerlösung	48
Merkmale Kreuzrollenlager	49
Höhere Laufgenauigkeit.....	49

Produktübersicht 1-Lagerlösung

Kreuzrollenlager

Z-549, Z-556



1-Lagerlösung

Merkmale Bei der 1-Lagerlösung werden alle Lasten durch ein Lager aufgenommen. Dies erlaubt eine sehr kompakte und einfache Anschlusskonstruktion. Zudem entfällt das Ausrichten der einzelnen Lager zueinander und die Schmierung gestaltet sich relativ einfach, da nur eine Lagerstelle mit Schmierstoff versorgt werden muss.

Kreuzrollenlager Die Rollen dieser Lager sind zur Lagerachse geneigt und so eingebaut, dass sich aufeinanderfolgende Rollen fortgesetzt kreuzen. Als Abstandshalter dienen Käfigsegmente aus Polyamid. Diese Lager werden in der Genauigkeit P5 gefertigt und weisen eine Laufgenauigkeit besser als P4 auf. Kreuzrollenlager werden mit einstellbarer Vorspannung oder mit definierter Vorspannung geliefert.

Höhere Laufgenauigkeit Neben den hier beschriebenen Kreuzrollenlagern eignen sich auch die Axial-Radiallager YRTS und ZKLDF im Durchmesserbereich von 200 mm bis 460 mm für diese Anwendungen. Axial-Radiallager ZKLDF werden auf Anfrage auch bis zu einem Bohrungsdurchmesser von 1030 mm gefertigt. Diese Baureihen haben gegenüber den Kreuzrollenlagern eine höhere Genauigkeit, siehe TPI 120, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten.





FAG



2-Lagerlösungen

2-Lagerlösungen

	Seite
Produktübersicht 2-Lagerlösungen.....	52
Merkmale Drehzahlen.....	53
Genauigkeit Maß- und Lauf toleranzen	53



Produktübersicht 2-Lagerlösungen

Schräggugellager und Axial-Rillenkugellager

70, 719
511



Schräggugellager und Axial-Zylinderrollenlager

70, 719
810, 811, Z-5, 894



Kegelrollenlager und Axial-Zylinderrollenlager

320, 329, Z-5, F-8
810, 811, Z-5, 894



2-Lagerlösungen

Merkmale Gegenüber der 1-Lagerlösung werden bei der 2-Lagerlösung die Belastungen aufgeteilt. Das Axiallager nimmt dabei die Hauptlast, bestehend aus der Tischmasse und dem Werkstück, auf. Das Schrägkontaktlager dient sowohl zur radialen Abstützung als auch zur axialen Vorspannung des Lagersystems.

Das Axiallager kann, bei der Verwendung eines Rollenlagers, sehr hohe Lasten aufnehmen. Für höhere Drehzahlen empfiehlt sich der Einsatz von Kugellagern. Bei der Auslegung und später bei der Montage ist darauf zu achten, dass sich in den verschiedenen Lastfällen die erforderlichen Mindestlasten einstellen. Dies hat auch Einfluss auf die sinnvollen Paarungen der Lager.

Drehzahlen Hinsichtlich der Drehzahleignung bietet die 2-Lagerlösung bei der Verwendung von Kugellagern einen guten Kompromiss bezüglich der Reibleistung, des Schmieraufwandes und einer hohen Genauigkeit.

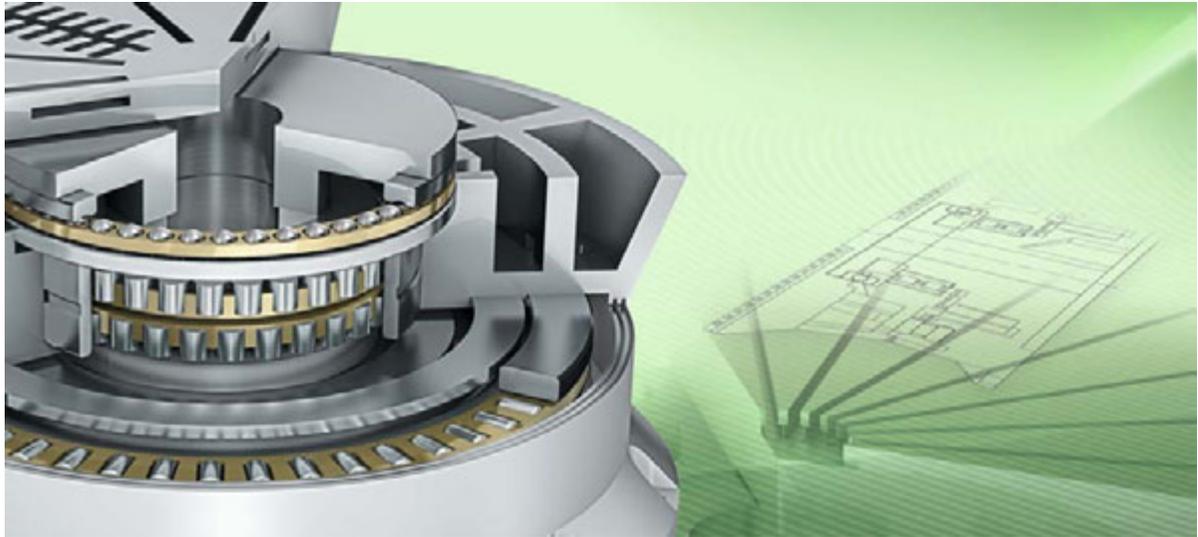
Genauigkeit
Maß- und Lauf toleranzen

Die Genauigkeit wird primär durch das größere Axiallager vorgegeben. Der Einfluss des Radialschlags vom Schrägkontaktlager wird demgegenüber durch den kleineren Durchmesser dieser Lager relativiert.





FAG



3-Lagerlösungen

3-Lagerlösungen

	Seite
Produktübersicht 3-Lagerlösungen.....	56
Merkmale Schmierung.....	57
Steifigkeit	57
Genauigkeit Maß- und Lauf toleranzen	57



Produktübersicht 3-Lagerlösungen

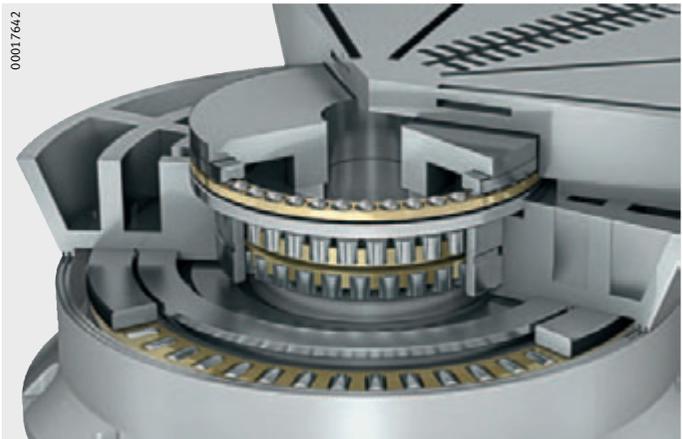
Radial-Zylinderrollenlager und zwei Axial-Rillenkugellager

NN30..-K, NNU49..-K
511



Radial-Zylinderrollenlager, Axial-Rillenkugellager und Axial-Zylinderrollenlager

NN30..-K, NNU49..-K
511, 810, 811, Z-5, 894



Radial-Zylinderrollenlager und zwei Axial-Zylinderrollenlager

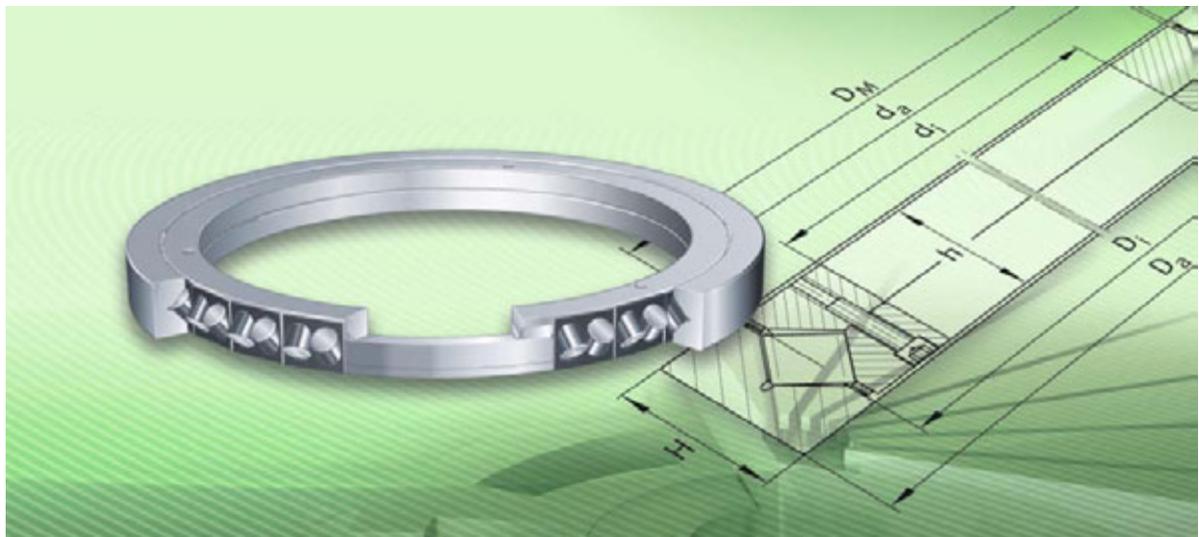
NN30..-K, NNU49..-K
810, 811, Z-5, 894



3-Lagerlösungen

- Merkmale** Bei dieser Anordnung werden die kombinierten Belastungen jeweils auf die beiden axialen und das radiale Lager aufgeteilt. Dies ermöglicht bei der Auslegung eine getrennte Betrachtung. Die Wahl der Vorspannung zur Sicherstellung der Mindestlasten in den Axialreihen ist entsprechend der Lastfälle zu ermitteln.
- Schmierung** Besondere Sorgfalt ist auch bei der Schmierung erforderlich. Während die Axiallager zur Wärmeabfuhr einen höheren Öldurchsatz benötigen, ist dies bei dem Radial-Zylinderrollenlager bei den hier auftretenden Drehzahlen nicht erforderlich. Konstruktionsbedingt kann in den meisten Fällen das Radiallager mit dem Öl des darüber liegenden kleineren Axiallagers versorgt werden, siehe Seite 124.
- Steifigkeit** Eine hohe Steifigkeit des Lagersystemes wird erreicht, indem man die beiden Axiallager gegeneinander definiert axial vorspannt und das Radiallager ebenfalls mit 5 μm radial vorspannt, siehe Seite 126 und Katalog SP 1, Hochgenauigkeitslager.
- Genauigkeit**
Maß- und Lauf toleranzen Bei korrektem Zusammenspiel der Einzellager ist mit dieser Lagerlösung die höchste Genauigkeit erreichbar.





Kreuzrollenlager

Kreuzrollenlager

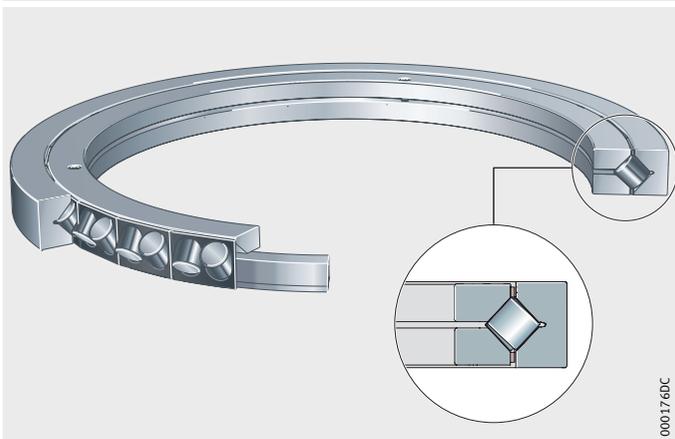
	Seite
Produktübersicht	Kreuzrollenlager 60
Merkmale	Für axiale, radiale und Momentenbelastung 61
	Grenzdrehzahl..... 62
	Vorspannung..... 62
	Steifigkeit 64
	Abdichtung 64
	Schmierung..... 65
	Betriebstemperatur 66
Konstruktions- und Sicherheitshinweise	Statische Tragsicherheit prüfen..... 67
	Sicherheitsfaktoren 67
	Berechnung der Lebensdauer 67
	Wellen- und Gehäusetoleranzen 71
	Befestigung durch Klemmringe 73
	Befestigungsschrauben 73
	Schraubensicherungen..... 73
	Kreuzrollenlager einbauen 74
	Funktion prüfen 74
Genauigkeit	Lager mit metrischen Abmessungen..... 75
	Lager mit Zollabmessungen 76
Maßtabellen	Kreuzrollenlager, einstellbare Vorspannung, metrische Abmessungen und Zollabmessungen..... 78
	Kreuzrollenlager, vorgegebene, definierte Vorspannung, metrische Abmessungen und Zollabmessungen..... 80



Produktübersicht Kreuzrollenlager

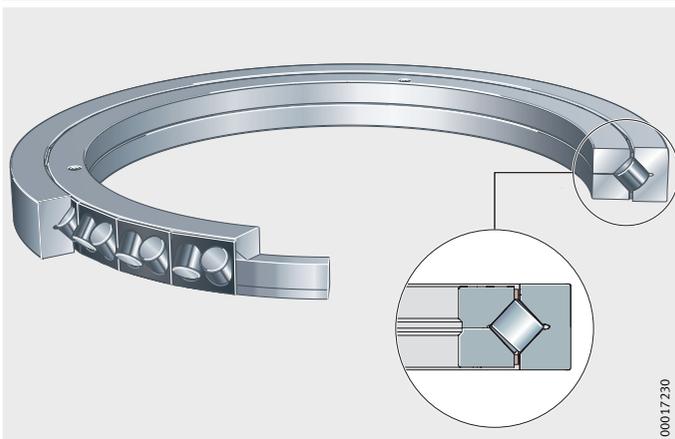
**axiale Vorspannung
einstellbar**

Z-549



mit definierter Vorspannung

Z-556



Kreuzrollenlager

Merkmale

Kreuzrollenlager sind sehr steif, haben eine Laufgenauigkeit besser als P4, übrige Toleranzen nach P5 und sind vorgespannt.

Die Fixierung der Lageraußenringe in der Anschlusskonstruktion erfolgt montagefreundlich durch Klemmringe.

Die hier aufgeführten Kreuzrollenlager sind mittels spezieller Innenkonstruktion für höhere Drehzahlen ausgelegt und für den Einsatz in Vertikaldrehmaschinen optimiert. Gegenüber den in der TPI 120, Genauigkeitslager für kombinierte Lasten, beschriebenen Lagern können die Kreuzrollenlager bei gleicher Baugröße mit einer deutlich höheren dynamischen Tragzahl aufwarten. Dafür haben sie aufgrund der geringeren Anzahl an Wälzkörpern eine verminderte Steifigkeit.



Die in diesem Kapitel angegebenen Hinweise und Werte beziehen sich nur auf die in den Tabellen aufgeführten Kreuzrollenlager!

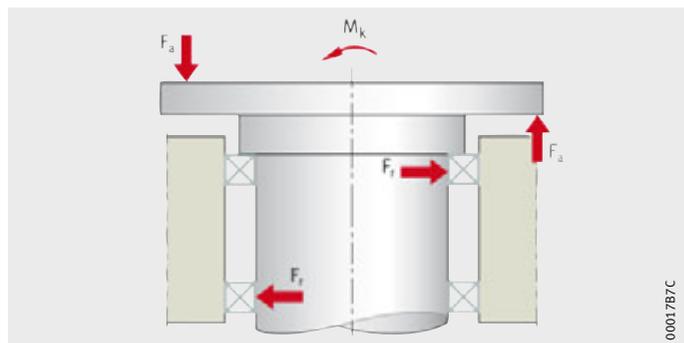
Die Lager werden mit drehendem Außenring betrieben!

Für axiale, radiale und Momentenbelastung

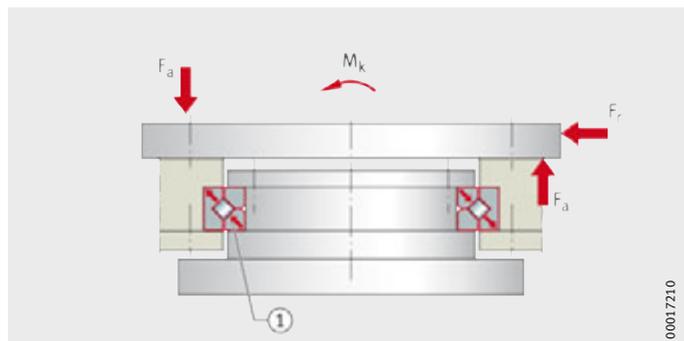
Durch die O-Anordnung der Zylinderrollen nehmen diese Lager axiale Kräfte aus beiden Richtungen sowie radiale Kräfte, Kippmomentenbelastungen und beliebige Lastkombinationen mit einer Lagerstelle auf. Dadurch lassen sich Konstruktionen mit zwei Lagerstellen auf eine Lagerstelle reduzieren, *Bild 1* und *Bild 2*.

F_a = Axiale Belastung
 F_r = Radiale Belastung
 M_k = Kippmomentenbelastung

Bild 1
Lagerung
mit zwei Lagerstellen



① Kreuzrollenlager
Bild 2
Lagerung
mit einem Kreuzrollenlager



Kreuzrollenlager

Grenzdrehzahl Die Grenzdrehzahl hängt von der Schmierung (Fett oder Öl) ab, siehe Maßtabellen.
Werden andere Grenzdrehzahlen gefordert, bitte beim Ingenieurdienst der Schaeffler Gruppe rückfragen.

Vorspannung Bei Kreuzrollenlager Z-556 ist die Vorspannung werkseitig eingestellt, die Lagerringe sind mit entsprechenden Deckeln und Schraubenverbindungen zu fixieren.
Bei Kreuzrollenlager Z-549 ist die Ist-Höhe der Innenringe im mitgelieferten Protokoll angegeben. Die gewünschte Vorspannung der Kreuzrollenlager mit Spalt stellt man durch Anstellen der Innenringe ein. Dazu verwendet man Passscheiben oder Passscheibensegmente, die zwischen dem Zapfen und dem Spannelement am oberen Innenring eingesetzt werden. Zur Bestimmung der Passscheibendicke empfiehlt es sich, wie folgt vorzugehen.

Vorläufige Passscheibendicke ermitteln

Zunächst fertigt man eine etwa 0,25 mm bis 0,5 mm dicke Passscheibe an, womit sich eine messbare Axialluft ergibt.
Die vorläufige Passscheibendicke X_1 errechnet sich aus:

$$X_1 = B_i - L + s$$

X_1 mm
Vorläufige Passscheibendicke, Bild 3
 B_i mm
Gesamtbreite des Innenrings aus Prüfprotokoll
 L mm
Gemessene Sitzlänge der Welle
 s mm
Dicke der gefertigten Passscheibe,
 $s = 0,25$ mm bis $0,5$ mm.

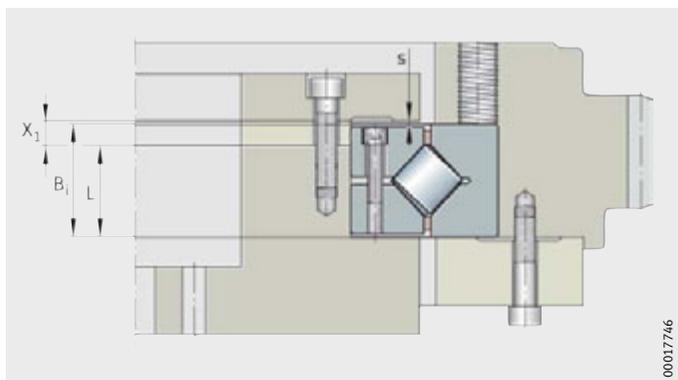


Bild 3
Lagerung mit vorläufiger
Passscheibendicke X_1

Erforderliche Passscheibendicke ermitteln

Nach dem Messen der Axialluft ermittelt man die endgültige Passscheibendicke X. Die Axialluft kann durch gemeinsames Anheben des Außenrings mit den umgebenden Teilen ermittelt werden.

Ermittlung der erforderlichen Passscheibendicke:

$$X = X_1 - A - V$$

Ermittlung der Vorspannung:

$$V = 2 \cdot \frac{1,08 \sqrt{F_V}}{C_S}$$

X mm

Erforderliche Passscheibendicke, Bild 4

X₁ mm

Vorläufige Passscheibendicke

A mm

Gemessene Axialluft

V mm

Vorspannung

F_V kN

Vorspannkraft,

empfohlen werden etwa 3,5% der dynamischen Tragzahl C

C_S kN^{0,926}/mm

Axiale Federkonstante, siehe Maßtabelle.

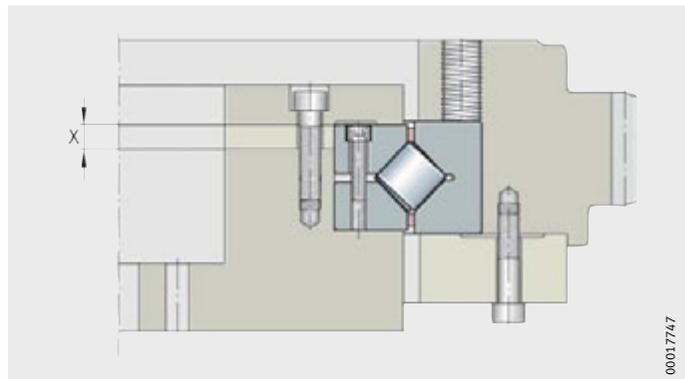


Bild 4
Lagerung mit erforderlicher
Passscheibendicke X

Kreuzrollenlager

Steifigkeit

Die große Anzahl Zylinderrollen verleiht dem Lager eine hohe axiale und radiale Tragfähigkeit. Die Linienberührung zwischen den Rollen und den Laufbahnen ergibt darüber hinaus eine große Steifigkeit, die sich beim Einbau des Lagers durch die Vorspannung weiter erhöht. Die axiale Verlagerung δ_a der Kreuzrollenlager bei zentrisch angreifender Axialkraft K_a kann mit nachfolgenden Gleichungen ermittelt werden.

Axiale Einfederung für $K_a \leq 2,114 \cdot F_V$:

$$\delta_a = \frac{K_a}{2,114 \cdot F_V^{0,074} \cdot C_S}$$

Axiale Einfederung für $K_a > 2,114 \cdot F_V$:

$$\delta_a = \frac{1,08\sqrt{K_a} - 1,08\sqrt{F_V}}{C_S}$$

δ_a mm

Axiale Verlagerung zwischen Wellen- und Gehäusescheibe

K_a kN

Innen wirkende Axialkraft

F_V kN

Lagervorspannung

C_S kN^{0,926}/mm

Axiale Steifigkeitskennzahl.



Das Rechenergebnis ergibt nur die Lagerfederung!

Die Nachgiebigkeit der Umgebungsstruktur ist gesondert zu berücksichtigen!

Abdichtung

Die Lager sind offen. Die Abdichtung der Lagerstelle kann in der Anschlusskonstruktion frei gestaltet werden.

Schmierung Die Kreuzrollenlager können mit Öl oder mit Fett geschmiert werden.

Fettschmierung Bei Fettschmierung ist ein hochwertiges Lithiumseifenfett KP2N-20 nach DIN 51825 geeignet, zum Beispiel Arcanol MULTITOP.

Für geringe Drehzahlen und besonders für horizontale Achsen sollte die einfache Fettschmierung verwendet werden. In Vertikalachsen mit Fettschmierung hilft ein stehendes Staublech unter dem Lager den Fettaustritt zu minimieren. Wir empfehlen ein Fett auf Lithiumseifenbasis mit EP-Additiven. Bei der Erstbefüllung sollte der Raum zwischen den Rollen mit Fett gefüllt werden. Als Nachschmiermenge werden 20% bis 30% der Erstbefüllungsmenge empfohlen.

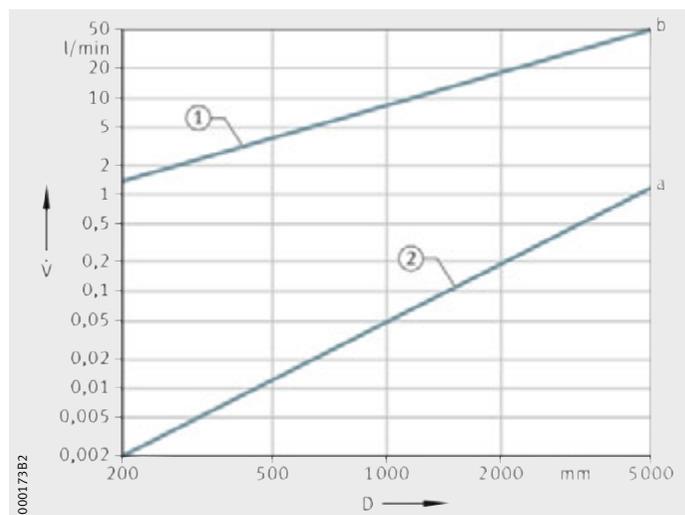
Ölschmierung Für Ölschmierung eignen sich Schmieröle CLP nach DIN 51 517 oder HLP nach DIN 51 524 der Viskositätsklassen ISO VG 46 bis ISO VG 68.

Ölumlaufschmierung Im Allgemeinen kann die Ölumlaufschmierung für Kreuzrollenlager auch für den Antrieb benutzt werden. Wenn nur das Lager geschmiert werden soll, ist eine geringere Menge ausreichend. Wenn mit dem Öl auch gekühlt werden muss, wie es bei höheren Drehzahlen der Fall ist, werden größere Ölmengen benötigt, *Bild 5*. Im Einzelfall kann durch eine Temperaturmessung am Lager die tatsächlich erforderliche Ölmenge bestimmt werden.

\dot{V} = Ölmenge
D = Lagerdurchmesser außen
a = Zur Schmierung
ausreichende Ölmenge
b = Notwendige Ölmenge
für Kühlung und Schmierung

① Schmierung und Kühlung
② Nur Schmierung

Bild 5
Ölmengen



Kreuzrollenlager

Bezugviskosität für Mineralöle

Die für eine ausreichende Schmierung erforderliche kinematische Ölviskosität wird durch die Referenzviskosität ν_1 bestimmt. Dabei wird angenommen, dass die Betriebsviskosität ν des Öls (Viskosität bei der Betriebstemperatur) gleich der Referenzviskosität ν_1 ist. Angestrebt werden sollte ein Verhältnis $\kappa = \nu/\nu_1 = 2$, Bild 6.

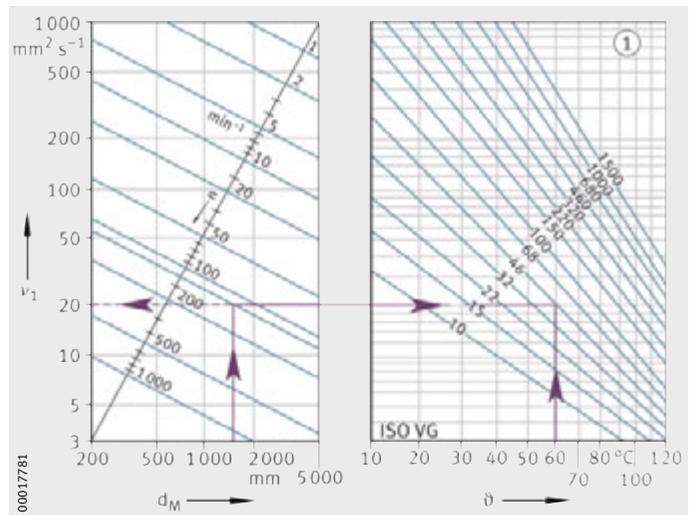
Die Referenzviskosität ist von dem Lagerdurchmesser $d_M = (D + d)/2$ und der Drehzahl abhängig. Die Betriebsviskosität ν wird bestimmt mit Hilfe des Viskositäts-Temperatur-Diagramms unter Berücksichtigung der angenommenen Betriebstemperatur und der nominalen Viskosität bei +40 °C. Ein Öl mit höherer Betriebsviskosität als ν_1 bei der Betriebstemperatur hat einen positiven Effekt auf die Ermüdungslebensdauer des Lagers. Durch die EP-Additive ist auch eine ausreichende Schmierfähigkeit bei geringen Drehzahlen gegeben. Zudem sind sie bei kleinen κ -Werten erforderlich.

n = Betriebsdrehzahl
 ν_1 = Bezugviskosität
 d_M = Mittlerer Lagerdurchmesser
 $(d + D)/2$
 ϑ = Betriebstemperatur

① Viskosität mm^2s^{-1} bei +40 °C

Bild 6
 Bezugviskosität und
 V-/T-Diagramm für Mineralöle

Betriebstemperatur



Kreuzrollenlager sind für Betriebstemperaturen von -30 °C bis +80 °C geeignet.

Konstruktions- und Sicherheitshinweise

Statische Tragsicherheit prüfen

Die statische Tragsicherheit kann näherungsweise überprüft werden, wenn eine Lastanordnung vorliegt und alle Anforderungen bezüglich Klemmringe, Befestigung, Einbau und Schmierung erfüllt sind, *Bild 2*, Seite 61.

Zur Überprüfung der statischen Tragfähigkeit müssen die folgenden statisch äquivalenten Betriebswerte ermittelt werden:

- Lagerbelastung F_{0q}
- Kippmomentenbelastung M_{0q}

Die Überprüfung ist für Anwendungen ohne und mit vorhandener Radiallast möglich.



Bei komplexeren Lastanordnungen oder Abweichungen von den Bedingungen bitte rückfragen!

Sicherheitsfaktoren

Für einen ruhigen Lauf sollte ein Faktor $f_S \geq 4$ angestrebt werden, siehe Seite 11.

Berechnung der Lebensdauer

Verfahren zur Berechnung der Lebensdauer sind:

- Nominelle Lebensdauer L_{10} und L_{10h} nach ISO 281, siehe Seite 12
- Vereinfachte Form der Lebensdauerberechnung aus Erfahrungswerten, siehe Seite 68.

Gültigkeit

Die Lebensdauer-Gleichungen L und L_h sind nur gültig:

- Bei einer Lastanordnung nach *Bild 2*, Seite 61
- Wenn alle Anforderungen erfüllt sind bezüglich Befestigung (die Lagerringe müssen starr beziehungsweise fest mit der Anschlusskonstruktion verbunden sein), Einbau, Schmierung und Abdichtung
- Wenn Belastung und Drehzahl im Lastkollektiv als konstant angesehen werden können.



Kreuzrollenlager

Vereinfachte Form der Lebensdauerberechnung

Zum Nachweis der Lebensdauer kann bei Kreuzrollenlagern innerhalb eines Lastkollektivs eine vereinfachte Form der Lebensdauerberechnung gewählt werden. Innerhalb eines solchen Lastkollektivs werden Drehzahl und Belastung als konstant bezeichnet.

Die dynamische Kennzahl f_L , die bei dieser Berechnung erreicht werden soll, ist ein Erfahrungswert, mit dem Neukonstruktionen und bewährte Lagerungen verglichen werden.

$$f_L = \frac{C}{P} \cdot f_n$$

f_L –

Dynamische Kennzahl, siehe Tabelle, Seite 70.

Bei Verwendung der Kreuzrollenlager in Werkzeugmaschinen: $3,5 \leq f_L \leq 5$

C kN

Dynamische Tragzahl

f_n –

Drehzahlfaktor, siehe Tabelle, Seite 69

P kN

Dynamisch äquivalente Lagerbelastung.

Berechnung der dynamisch äquivalenten Belastung

Die dynamisch äquivalente Lagerbelastung P setzt sich aus den jeweiligen Axial- und Radialkräften zusammen, siehe Gleichungen.

Für $F_a/F_r \leq 1,4$ gilt:

$$P = 1,4 \cdot F_r + 0,67 \cdot F_a$$

Für $F_a/F_r > 1,4$ gilt:

$$P = 0,93 \cdot F_r + F_a$$

Vorspannkraft, ausschlaggebende Axialkraft für $K_a \leq 2,114 \cdot F_V$:

$$F_a = F_V + 0,5 \cdot K_a$$

Vorspannkraft, ausschlaggebende Axialkraft für $K_a > 2,114 \cdot F_V$:

$$F_a = K_a$$

Axiale Vorspannung:

$$V = 2 \cdot \frac{1,08 \sqrt{F_V}}{C_S}$$

P kN

Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

F_r, F_a kN

Radiale oder axiale dynamische Lagerbelastung

F_V kN

Vorspannkraft,

empfohlen werden etwa 3% der dynamischen Tragzahl C

K_a kN

Äußere Axialkraft

V mm

Vorspannweg

C_S $\text{kN}^{0,926}/\text{mm}$

Axiale Steifigkeitskennzahl, siehe Maßtabelle.

Drehzahlfaktor f_n
für Rollenlager

Der Drehzahlfaktor f_n ist für jeden Drehzahlwert unterschiedlich, siehe Tabelle.

Berechnung des Drehzahlfaktors:

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 33 \cdot 1}{n \cdot 3}}$$

Vorgegebene Werte
für f_n

Drehzahl n min^{-1}	Drehzahlfaktor f_n
1	2,86
2	2,33
3	2,06
4	1,89
5	1,77
6	1,67
7	1,6
8	1,53
9	1,48
10	1,44
15	1,27
20	1,17
30	1,03
40	0,947
50	0,885
60	0,838
70	0,8
80	0,769
90	0,742
100	0,719
150	0,637
200	0,584
300	0,517
400	0,475
500	0,444
600	0,42
700	0,401
800	0,385
900	0,372
1 000	0,36
1 100	0,35
1 200	0,341



Kreuzrollenlager

Dynamische Kennzahl f_L
für Rollenlager

Die Lebensdauer L_h lässt sich von der dynamischen Kennzahl ableiten, siehe Tabelle.

Berechnung der Lebensdauer aus der dynamischen Kennzahl:

$$L_h = 500 \cdot f_L^{10/3}$$

Vorgegebene Werte
für f_L

Dynamische Kennzahl f_L	Lebensdauer L_h
1,23	1 000
1,39	1 500
1,52	2 000
1,71	3 000
1,87	4 000
2	5 000
2,11	6 000
2,21	7 000
2,3	8 000
2,38	9 000
2,46	10 000
2,77	15 000
3,02	20 000
3,42	30 000
3,72	40 000
3,98	50 000
4,2	60 000
4,4	70 000
4,58	80 000
4,75	90 000
4,9	100 000

Wellen- und Gehäusetoleranzen

Grundsätzlich sollten die Innen- und Außenringe fest gepasst sein. Damit die Montage erleichtert und somit die Lagervorspannung eingestellt werden kann, erhält jedoch der Ring, der Punktlast hat, einen weniger festen Sitz. Bei Kreuzrollenlagern in Werkzeugmaschinen ist das der Innenring. Kreuzrollenlager montiert man deshalb mit losem Sitz auf der Welle.

Bei der Festlegung der Durchmesser für die Welle und die Gehäusebohrung wird von den Istmaßen der Lagerbohrung und des Außendurchmessers ausgegangen. Die Istmaße entnimmt man dem Prüfprotokoll, das jedem Lager beiliegt.

Einbautoleranzen für die Welle

Da der Innenring Punktlast hat, passt man ihn lose. Als Richtwert empfiehlt es sich, die Welle so zu bearbeiten, dass sich ein Passungsspiel ergibt, siehe Gleichung und Tabelle.

$$P = \sqrt[3]{d}$$

P μm
 Passung, Passungsspiel
 d mm
 Wellendurchmesser.

Einbautoleranzen

Nennmaßbereich		Rundheits- toleranz t_1	Gesamtplanlauf- toleranz t_2
d > mm	\leq mm		
-	250	7	4
250	315	7	4
315	400	8	5
400	500	8	6
500	630	9	7
630	800	11	9
800	1 000	12	10
1 000	1 250	14	12
1 250	1 600	16	13
1 600	2 000	20	17
2 000	2 500	23	20
2 500	3 150	28	23
3 150	4 000	34	27



Kreuzrollenlager

Einbautoleranzen für die Gehäusebohrung

Da der Außenring Umfangslast hat, passt man ihn fest. Bei der Bearbeitung der Gehäusebohrung sollte sich folgendes Passungsübermaß ergeben, siehe Gleichung und Tabelle.

$$P = 0,03 \cdot D$$

P μm
 Passung, Passungsübermaß
 D mm
 Gehäusedurchmesser.

Einbautoleranzen

Nennmaßbereich		Rundheits- toleranz t_1	Gesamtplanlauf- toleranz t_2
> mm	\leq mm	μm	μm
-	315	10	6
315	400	12	7
400	500	12	9
500	630	13	11
630	800	15	13
800	1 000	18	15
1 000	1 250	20	18
1 250	1 600	23	20
1 600	2 000	27	25
2 000	2 500	33	30
2 500	3 150	39	35
3 150	4 000	47	40
4 000	5 000	57	50

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, siehe Tabelle.

Richtwerte für die Rauheit der Lagersitzflächen

Durchmesser des Lagersitzes d (D) mm		Empfohlene Mittenrauwerte Ra ¹⁾ für geschliffene Lagersitze Durchmessertoleranz entsprechend μm		
über	bis	IT6	IT5	IT4
80	500	1,6 (N7)	0,8 (N6)	0,4 (N5)
500	1 600	1,6 (N7)	1,6 (N7)	0,8 (N6)
1 600	4 000	3,2 (N8)	3,2 (N8)	1,6 (N6)

¹⁾ Klammerwerte sind Rauheitsklassen nach DIN ISO 1302.

Befestigung durch Klemmringe

Zum Befestigen der Kreuzrollenlager haben sich Deckel oder Labyrinthdeckel bewährt.



Die Lagerringe sind immer fest und gleichmäßig über den Umfang und die Breite der Ringe zu unterstützen!

Die Dicke der Klemmringe und der Anschlussflansche ist den Anforderungen entsprechend auszuführen!

Befestigungsschrauben

Zur Befestigung der Lagerringe oder Klemmringe sind Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 geeignet.



Abweichungen von der empfohlenen Abmessung, der Festigkeitsklasse und der Anzahl der Schrauben reduzieren die Tragfähigkeit und Gebrauchsdauer der Lager erheblich!

Bei Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9 ist die Mindestfestigkeit der Klemmringe zu beachten oder es sind vergütete Unterlegscheiben zu verwenden!

Schraubensicherungen

Normalerweise sind die Schrauben durch die richtige Vorspannung ausreichend gesichert. Bei regelmäßigen Stoßbelastungen oder Vibrationen kann jedoch eine zusätzliche Schraubensicherung notwendig sein.



Nicht jede Schraubensicherung ist für Kreuzrollenlager geeignet! Niemals Spannscheiben oder Federringe verwenden!

Allgemeine Informationen zu Schraubensicherungen sind in DIN 25201, spezielle zum Sichern mit Klebstoff in DIN 25203, Ausgabe 1992, aufgeführt!

Im Anwendungsfall bitte bei den entsprechenden Fachfirmen anfragen!



Kreuzrollenlager

Kreuzrollenlager einbauen

Die Bohrungen und Kanten der Anschlussbauteile müssen gratfrei sein. Die Auflageflächen für die Lagerringe müssen sauber sein.

Die Sitz- und Anlageflächen der Lagerringe an der Anschlusskonstruktion sind leicht zu ölen oder fetten.

Gewinde der Befestigungsschrauben leicht ölen, um unterschiedliche Reibungsfaktoren zu verhindern (Schrauben, die mit Klebstoff gesichert werden, nicht ölen oder fetten).



Sicherstellen, dass alle Anschlussbauteile und Schmierstoffkanäle frei von Reinigungs-, Lösungsmitteln und Waschemulsionen sind! Die Lagersitzflächen können rosten oder das Laufbahnsystem kann verunreinigt werden!

Montagekräfte nur auf den zu montierenden Lagerring aufbringen; Kräfte niemals über Wälzkörper oder Dichtungen leiten!

Direkte Schläge auf die Lagerringe unbedingt vermeiden!

Lagerringe nacheinander und ohne äußere Last befestigen!

Montage

Die beiden Innenringe sind mittels Befestigungsschrauben zum besseren Transport miteinander verschraubt. Diese sind bei der Montage zu lösen, sodass keine Vorspannung mehr vorherrscht. Zum leichteren Handling während der Montage und Demontage hat ein Innenring drei Gewinde für Ringschrauben.

Funktion prüfen

Nach beendeter Montage muss der Lauf des eingebauten Kreuzrollenlagers kontrolliert werden.



Läuft das Lager ungleichmäßig, rau oder steigt die Temperatur am Lager ungewöhnlich hoch an, Lager ausbauen, überprüfen und nach den beschriebenen Einbaurichtlinien neu einbauen!

Genauigkeit

Die Lauf toleranzen sind an DIN 620-2 und DIN 620-3 angelehnt und liegen im Bereich besser als P4, siehe Tabellen.

Die Hauptabmessungen werden in der Toleranz P5 gefertigt.

Lager mit metrischen Abmessungen

Toleranzen der Innenringe und Außenringe mit metrischen Abmessungen, siehe Tabellen.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung		Abweichung		Breitenabweichung		Rundlauf	Planlauf
d mm		Δ_{dmp} μm		Δ_{Bs} μm		K_{ia} μm	S_{ia} μm
über	bis	max.	min.	max.	min.	max.	max.
–	250	0	–20	0	–300	5	5
250	315	0	–23	0	–350	7	7
315	400	0	–25	0	–375	7	7
400	500	0	–27	0	–400	9	9
500	630	0	–30	0	–450	11	11
630	800	0	–35	0	–525	13	13
800	1 000	0	–40	0	–600	15	15
1 000	1 250	0	–46	0	–700	18	18
1 250	1 600	0	–54	0	–800	20	20
1 600	2 000	0	–65	0	–1 000	25	25
2 000	2 500	0	–77	0	–1 200	30	30
2 500	3 150	0	–93	0	–1 400	35	35
3 150	4 000	0	–114	0	–1 700	40	40

Toleranzen des Außenrings

Außendurchmesser		Abweichung		Breitenabweichung		Rundlauf	Planlauf
D mm		$\Delta_{Dmp}, \Delta_{Ds}$ μm		Δ_{Bs} μm		K_{ea} μm	S_{ea} μm
über	bis	max.	min.	max.	min.	max.	max.
–	315	0	–20	0	–350	K_{ea} und S_{ea} sind identisch mit den zugehörigen Werten des Innenrings	
315	400	0	–23	0	–375		
400	500	0	–25	0	–400		
500	630	0	–27	0	–450		
630	800	0	–30	0	–525		
800	1 000	0	–35	0	–600		
1 000	1 250	0	–40	0	–700		
1 250	1 600	0	–46	0	–800		
1 600	2 000	0	–54	0	–1 000		
2 000	2 500	0	–65	0	–1 200		
2 500	3 150	0	–77	0	–1 400		
3 150	4 000	0	–93	0	–1 700		

Kreuzrollenlager

Lager mit Zollabmessungen

Toleranzen der Innenringe und Außenringe mit Zollabmessungen, siehe Tabellen.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung d mm		Abweichung $\Delta_{dmp}, \Delta_{ds}$ μm		Breiten- abweichung Δ_{Bs} μm		Rund- lauf K_{ia} μm	Plan- lauf S_{ia} μm
über	bis	max.	min.	max.	min.	max.	max.
–	304,8	+13	0	Werte sind identisch zu den metrischen Abmessungen			
304,8	609,6	+25	0				
609,6	914,4	+38	0				
914,4	1 219,2	+51	0				
1 219,2	–	+76	0				

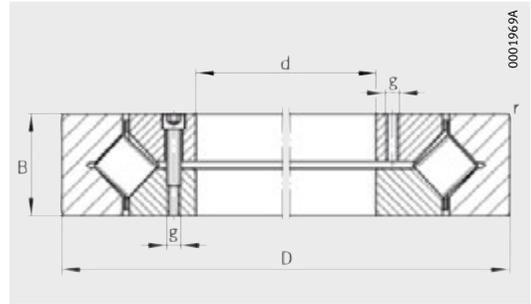
Toleranzen des Außenrings

Außendurchmesser D mm		Abweichung $\Delta_{Dmp}, \Delta_{Ds}$ μm		Breiten- abweichung Δ_{Bs} μm		Rund- lauf K_{ea} μm	Plan- lauf S_{ea} μm
über	bis	max.	min.	max.	min.	max.	max.
–	304,8	+13	0	Werte sind identisch zu den metrischen Abmessungen			
304,8	609,6	+25	0				
609,6	914,4	+38	0				
914,4	1 219,2	+51	0				
1 219,2	–	+76	0				



Kreuzrollenlager

einstellbare Vorspannung
metrische Abmessungen und
Zollabmessungen



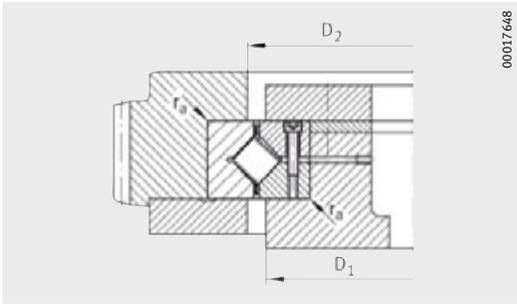
Z-549

Maßtablelle · Abmessungen in mm

Kurzzeichen	Masse m ≈ kg	Abmessungen				
		d	D	B	r min.	g
Z-549800 ¹⁾	6,1	203,2	279,4	31,75	1,5	–
Z-549801	14	300	400	38	1,5	–
Z-549802 ¹⁾	33	330,2	457,2	63,5	4	–
Z-549803	43	380	520	65	4	–
Z-549804 ¹⁾	70	414,95	614,924	65	4	M8
Z-549805 ¹⁾	54	457,2	609,6	63,5	4	–
Z-549806	101	580	760	80	6	M10
Z-549807 ¹⁾	152	685,8	914,4	79,375	4	M10
Z-549808	150	740	940	85	5	M10
Z-549809 ¹⁾	189	901,7	1 117,6	82,55	4	M12
Z-549810 ¹⁾	420	1 028,7	1 327,15	114,3	5	M16
Z-549811	305	1 100	1 350	95	4	M16
Z-549812 ¹⁾	354	1 270	1 524	95,25	4	M16
Z-549813	400	1 340	1 600	100	4	M16
Z-549814 ¹⁾	418	1 384,3	1 651	98,425	4	M16
Z-549815 ¹⁾	503	1 549,4	1 828,8	101,6	4	M16
Z-549816	573	1 580	1 870	110	4	M16
Z-549817 ¹⁾	1 850	1 749,872	2 219,874	190	7,5	M24
Z-549818 ¹⁾	689	1 879,6	2 197,1	101,6	6	M16
Z-549819	940	2 100	2 430	120	6	M20
Z-549820 ¹⁾	1 125	2 463,8	2 819,4	114,3	6	M20
Z-549821	1 652	3 000	3 380	130	6	M24
Z-549822	2 286	3 500	3 920	140	6	M30
Z-549823	3 161	4 000	4 460	155	6	M30

¹⁾ Lager in Zollabmessungen.

²⁾ Den angegebenen Drehzahlgrenzen liegt eine Vorspannung $F_V \approx 3,5\%$ von C zugrunde.
Bei höherer Vorspannung F_V liegen die Drehzahlgrenzen niedriger.



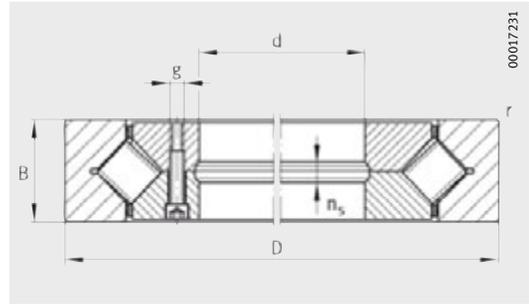
Anschlussmaße

Anschlussmaße			Tragzahlen		Grenzdrehzahlen ²⁾		Axiale Federkonstante C_S kN ^{0,926} /mm	Fettmenge, Erstbefüllung kg
D_1 min.	D_2 max.	r_a max.	dyn. C kN	stat. C_0 kN	n_G Fett min^{-1}	n_G Öl min^{-1}		
233	253	1,5	116	430	450	900	1 110	0,07
343	367	1,5	190	815	300	630	1 660	0,13
383	417	3	320	1 320	280	560	1 880	0,3
437	477	3	455	1 860	260	530	2 180	0,46
500	540	3	490	2 160	220	450	2 490	0,51
521	562	3	500	2 280	220	430	2 590	0,53
654	704	5	735	3 550	180	360	3 230	0,96
784	839	3	930	4 750	150	300	3 810	1,4
817	871	4	950	4 900	140	280	3 940	1,5
987	1 041	3	1 060	6 000	110	220	4 720	1,7
1 147	1 221	4	1 700	9 300	85	170	5 250	3,8
1 207	1 268	3	1 370	8 150	80	160	5 550	2,7
1 379	1 440	3	1 460	9 300	67	130	6 250	3,1
1 449	1 517	3	1 760	11 000	60	120	6 600	3,9
1 500	1 562	3	1 530	10 200	60	120	6 800	3,3
1 669	1 737	3	1 900	12 700	45	90	7 500	4,5
1 697	1 768	3	2 080	14 000	48	95	7 600	5,5
1 933	2 055	6	4 500	27 000	60	120	8 450	17
1 993	2 088	5	2 080	15 600	36	70	9 050	5,5
2 241	2 322	5	2 850	20 800	34	70	9 900	8,5
2 612	2 686	5	2 600	21 200	28	56	11 100	8,5
3 165	3 252	5	3 600	31 000	24	48	13 200	14
3 685	3 777	5	4 250	38 000	20	43	15 200	18
4 202	4 304	5	5 300	49 000	19	38	17 400	25



Kreuzrollenlager

vorgegebene, definierte Vorspannung
metrische Abmessungen und
Zollabmessungen

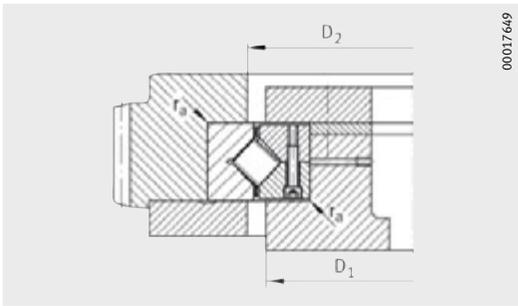


Z-556, Z-562

Maßtabelle · Abmessungen in mm

Kurzzeichen	Masse m ≈kg	Abmessungen					
		d	D	B	n _s	r min.	g
Z-556904-A ¹⁾	6,1	203,2	279,4	31,75	6	1,5	–
Z-556905-A	14	300	400	38	8	1,5	–
Z-556906-A ¹⁾	33	330,2	457,2	63,5	13	4	–
Z-556907-A	43	380	520	65	13	4	–
Z-562601 ¹⁾	70	414,95	614,924	65	13	4	M8
Z-556908-A ¹⁾	54	457,2	609,6	63,5	13	4	–
Z-556910-A	101	580	760	80	16	6	M10
Z-556911-A ¹⁾	152	685,8	914,4	79,375	16	4	M10
Z-556912-A	150	740	940	85	17	5	M10
Z-556913-A ¹⁾	189	901,7	1 117,6	82,55	17	4	M12
Z-562602 ¹⁾	420	1 028,7	1 327,15	114,3	23	5	M16
Z-556916-A	305	1 100	1 350	95	19	4	M16
Z-556917-A ¹⁾	354	1 270	1 524	95,25	19	4	M16
Z-556918-A	400	1 340	1 600	100	20	4	M16
Z-556919-A ¹⁾	418	1 384,3	1 651	98,425	20	4	M16
Z-556920-A ¹⁾	503	1 549,4	1 828,8	101,6	20	4	M16
Z-556921-A	573	1 580	1 870	110	22	4	M16
Z-562603 ¹⁾	1 850	1 749,872	2 219,874	190	38	7,5	M24
Z-556923-A ¹⁾	689	1 879,6	2 197,1	101,6	20	6	M16
Z-556924-A	940	2 100	2 430	120	24	6	M20
Z-556926-A ¹⁾	1 125	2 463,8	2 819,4	114,3	23	6	M20
Z-556928-A	1 652	3 000	3 380	130	26	6	M24
Z-556929-A	2 286	3 500	3 920	140	28	6	M30
Z-562604	3 161	4 000	4 460	155	31	6	M30

¹⁾ Lager in Zollabmessungen.

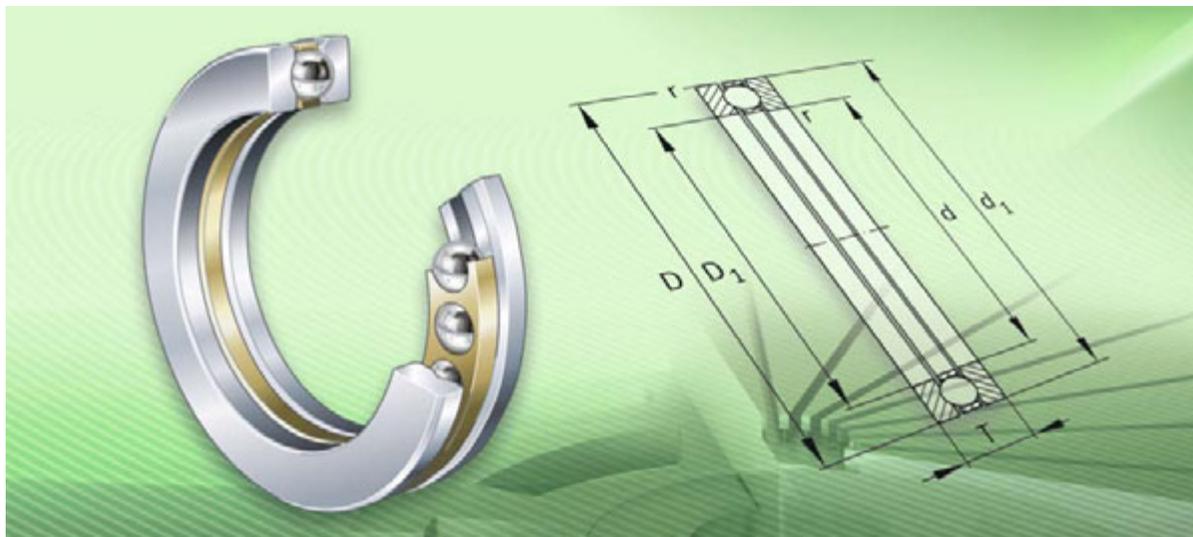


Anschlussmaße

Anschlussmaße			Tragzahlen		Grenzdrehzahlen		Axiale Federkonstante C_s	Fettmenge, Erstbefüllung kg	Vorspannkraft F_V kN
D_1 min.	D_2 max.	r_a max.	dyn. C kN	stat. C_0 kN	n_G Fett min^{-1}	n_G Öl min^{-1}			
233	253	1,5	122	455	450	900	1 160	0,07	4,3
343	367	1,5	200	880	300	630	1 770	0,13	7
383	417	3	340	1 400	280	560	1 990	0,3	12
437	477	3	480	2 040	260	530	2 350	0,46	17
500	540	3	520	2 360	220	450	2 580	0,51	18
521	562	3	540	2 450	220	430	2 790	0,53	19
654	704	5	800	3 900	180	360	3 480	0,96	28
784	839	3	1 000	5 100	150	300	4 080	1,4	35
817	871	4	1 020	5 300	140	280	4 220	1,5	36
987	1 041	3	1 140	6 550	110	220	5 050	1,7	40
1 147	1 221	4	1 800	10 000	85	170	5 600	3,8	60
1 207	1 268	3	1 460	9 000	80	160	6 000	2,7	50
1 379	1 440	3	1 560	10 200	67	130	6 750	3,1	55
1 449	1 517	3	1 860	12 000	60	120	7 050	3,9	65
1 500	1 562	3	1 630	11 200	60	120	7 350	3,3	55
1 669	1 737	3	2 000	13 700	45	90	8 050	4,5	70
1 697	1 768	3	2 200	15 000	48	95	8 050	5,5	75
1 933	2 055	6	4 750	29 000	60	120	8 950	17	170
1 993	2 088	5	2 200	17 000	36	70	9 650	5,5	75
2 241	2 322	5	3 000	22 400	34	70	10 500	8,5	110
2 612	2 686	5	2 750	22 800	28	56	11 800	8,5	95
3 165	3 252	5	3 800	33 500	24	48	14 000	14	130
3 685	3 777	5	4 500	41 500	20	43	16 100	18	160
4 202	4 304	5	5 500	53 000	19	38	18 300	25	190



FAG



Axial-Rillenkugellager

Axial-Rillenkugellager

	Seite
Produktübersicht	Axial-Rillenkugellager 84
Merkmale	Betriebstemperatur 85
	Käfige 85
	Nachsetzzeichen 85
	Bestellbezeichnung 85
Konstruktions- und Sicherheitshinweise	Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 86
	Statisch äquivalente Lagerbelastung 86
	Axiale Mindestbelastung 86
	Drehzahlen 87
	Gestaltung der Lagerung 87
Genauigkeit	Maß- und Lauf toleranzen 87
Maßtabellen	Axial-Rillenkugellager 88



Produktübersicht Axial-Rillenkugellager

Messingkäfig

511, Z-5, F-5, F-8



00015019

Axial-Rillenkugellager

Merkmale Axial-Rillenkugellager bestehen aus einer Wellenscheibe, einer Gehäusescheibe und einem Kugelkranz. Die Lager sind nicht selbsthaltend; Kugelkranz und Lagerscheiben können dadurch unabhängig voneinander montiert werden.

Einseitig wirkende Axial-Rillenkugellager nehmen axiale Kräfte aus einer Richtung auf, dürfen jedoch radial nicht belastet werden.

Betriebstemperatur Axial-Rillenkugellager können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+150\text{ °C}$ eingesetzt werden.

Käfige Große Axial-Rillenkugellager haben kugelgeführte Massivkäfige aus Messing (Nachsetzzeichen M oder MP) oder Stahl (Nachsetzzeichen F oder FP), siehe Tabelle.

Nachsetzzeichen Nachsetzzeichen der lieferbaren Ausführungen, siehe Tabelle.

Lieferbare Ausführungen

Nachsetzzeichen	Beschreibung	Ausführung
F	Massivkäfig aus Stahl, kugelgeführt	Standard
FP	Massiv-Fensterkäfig aus Stahl, kugelgeführt	
M	Massivkäfig aus Messing, kugelgeführt	
MP	Massiv-Fensterkäfig aus Messing, kugelgeführt	
P5	höhere Genauigkeit nach Toleranzklasse P5	Sonderausführung
MPB	Massiv-Fensterkäfig aus Messing, scheibengeführt	Sonderausführung, auf Anfrage
M15	mit Messprotokoll	
J15	Istwertkennzeichnung, Beschriftung	
J26	Kennzeichnung der maximalen Wänddickenschwankung	



Bestellbezeichnung Axial-Rillenkugellager mit Messprotokoll und gekennzeichnete Wanddickenschwankung:

- 511/1320-MP-P5-J26CA-M15EZ
 - CA = Wellenscheibe, Gehäusescheibe
 - E = Messumfang, hier beinhaltet dies d , D , S_i , S_e
 - Z = Messprotokoll ist der Verpackung beigelegt.

Axial-Rillenkugellager

Konstruktions- und Sicherheitshinweise



Axial-Rillenkugellager nehmen nur Axialkräfte auf!

Zur Berechnung der gesamten Lagerung sollte der Ingenieurdienst der Schaeffler Gruppe hinzugezogen werden!

Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

Für dynamisch beanspruchte Lager gilt:

$$P = F_a$$

P kN
Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

F_a kN
Axiale dynamische Lagerbelastung.

Statisch äquivalente Lagerbelastung

Für statisch beanspruchte Lager gilt:

$$P_0 = F_{0a}$$

P_0 kN
Statisch äquivalente Lagerbelastung

F_{0a} kN
Axiale statische Lagerbelastung.

Axiale Mindestbelastung

Bei höheren Drehzahlen können durch Fliehkräfte und Kreiselmomente schädliche Gleitbewegungen zwischen den Wälzkörpern und Laufbahnen auftreten. Zur Vermeidung von Schlupf müssen die Lager mit der Mindestbelastung $F_{a \min}$ belastet werden.

Der Minimallast-Faktor A ist in der Maßtabelle angegeben.

Für n_{\max} muss die höchste Betriebsdrehzahl eingesetzt werden.

$$F_{a \min} = A \cdot \left(\frac{n_{\max}}{1000} \right)^2$$

$F_{a \min}$ kN
Axiale Mindestbelastung

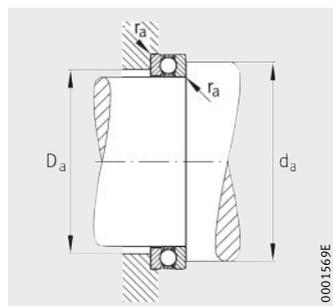
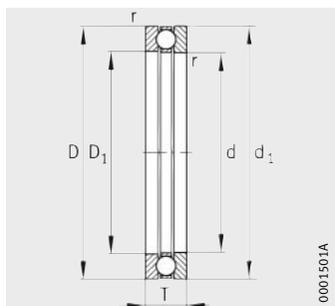
A –
Minimallast-Faktor, siehe Maßtabelle

n_{\max} min^{-1}
Höchste Betriebsdrehzahl.

- Drehzahlen** ISO 15312 gibt für Axial-Rillenkugellager keine thermischen Bezugsdrehzahlen an.
-  In der Maßtabelle sind die Grenzdrehzahlen für Ölschmierung aufgeführt!
- Gestaltung der Lagerung** Um die Leistungsfähigkeit der Lager umfassend zu nutzen, muss die Umgebungs konstruktion entsprechend ausgeführt sein.
- Wellen- und Gehäusetoleranzen** Für einseitig wirkende Lager sollte die Wellentoleranz j6 gewählt werden.
Die Toleranz der Aufnahmebohrung hängt von der angestrebten Laufgenauigkeit ab. Für eine normale Laufgenauigkeit sollte die Toleranz im Toleranzfeld E8, für eine hohe Laufgenauigkeit im Toleranzfeld H6 liegen.
Kundenspezifische Lösungen sind auf Anfrage möglich.
- Anschlusssteile** Die Schultern der Anschlusskonstruktion müssen bei Zentrierung über Welle und Gehäuse so hoch sein, dass die Wellen- und Gehäusescheiben mindestens bis zur Hälfte unterstützt sind.
Anlageschultern steif, eben und rechtwinklig zur Drehachse ausführen.
Die Größtmaße der Radien r_a und die Durchmesser der Anlageflächen d_a , D_a sind in der Maßtabelle angegeben.
- Genauigkeit**
- Maß- und Lauftoleranzen** Die Hauptabmessungen für einseitig wirkende Lager entsprechen ISO 104 oder DIN 711, siehe Maßtabelle.



Axial- Rillenkugellager



Anschlussmaße

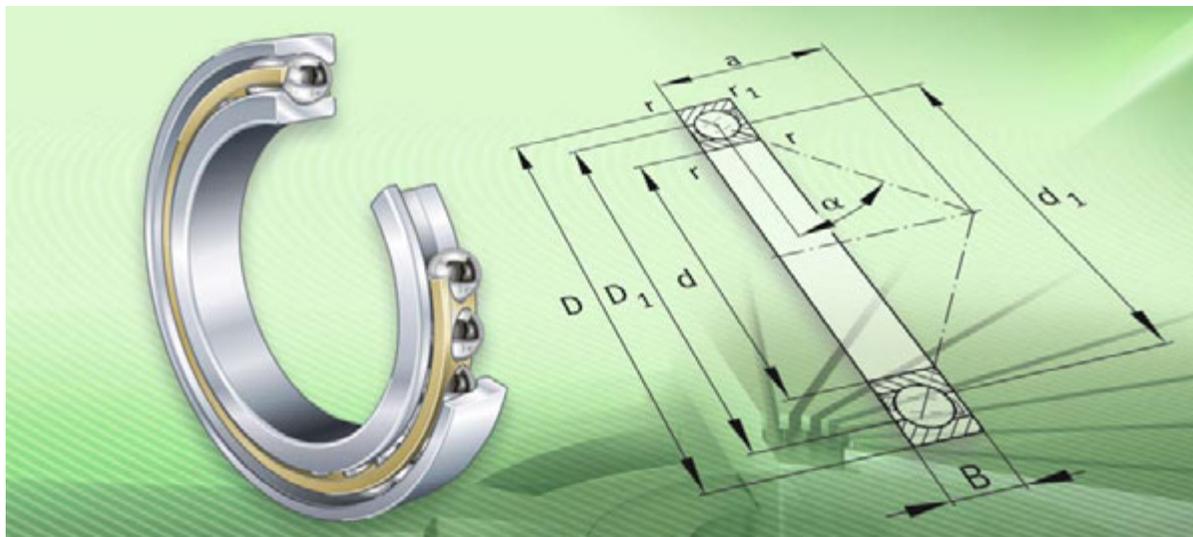
Maßtabelle · Abmessungen in mm

Kurzzeichen	Abmessungen						Anschlussmaße			Tragzahlen		Grenz- dreh- zahl n_G Öl min^{-1}	Plan- lauf μm	Minimal- last- faktor A
	d	D	T	D ₁	d ₁	r	d _a min.	D _a max.	r _a	dyn. C kN	stat. C ₀ kN			
F-574386 ¹⁾	500	595	80	500	595	2	550	545	2,1	550	3 350	530	5	58
F-574387 ¹⁾	600	705	85	600	705	3	672	633	3	640	4 400	450	5	101
511/630-MP-P5	630	750	95	635	745	3	702	678	2,5	720	5 000	430	11	130
F-573064 ¹⁾	800	945	90	800	945	4	894	851	4	750	5 850	360	5	204
F-571056 ¹⁾	1 000	1 175	109	1 000	1 175	5	1 091	1 056	5	1 270	11 600	300	5	724
511/1060-MP-P5	1 060	1 250	150	1 065	1 245	5	1 174	1 136	4	1 530	14 600	280	18	1 100
Z-577616	1 250	1 495	150	1 250	1 495	6	1 412	1 337	6	1 660	17 300	220	5	1 600
511/1320-MP-P5	1 320	1 540	175	1 325	1 535	6	1 451	1 406	5	1 760	19 000	200	21	1 900
F-570970 ¹⁾	1 700	1 960	170	1 700	1 960	7,5	1 828	1 731	7,5	2 400	30 000	170	5	4 860
F-807089 ¹⁾	2 240	2 485	150	2 240	2 485	5	2 399	2 326	5	1 960	28 500	150	10	4 500
Z-546992 ¹⁾	3 900	4 100	130	4 100	4 095	3	4 030	3 970	3	1 270	28 000	85	30	9 000

¹⁾ Diese Lager können nicht über die Passung zentriert werden.
Sie sind über eine Vorrichtung zum Radiallager auszurichten.



FAG



Einreihige Schrägkugellager

Einreihige Schrägkugellager

	Seite
Produktübersicht	Einreihige Schrägkugellager 92
Merkmale	Radial und axial belastbar 93
	Abdichtung 93
	Schmierung..... 93
	Betriebstemperatur 93
	Käfige..... 93
	Nachsetzzeichen 93
Konstruktions- und Sicherheitshinweise	Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 94
	Mindestbelastung 94
	Drehzahlen..... 94
	Gestaltung der Lagerung..... 95
Genauigkeit	Maß- und Lauf toleranzen 95
Maßtabellen	Schrägkugellager, einreihig 96



Produktübersicht Einreihige Schrägkugellager

einreihig

70, 719



Einreihige Schrägkugellager

- Merkmale** Einreihige Schrägkugellager sind, bis auf wenige Ausnahmen, selbsthaltende Baueinheiten mit massiven Außen- und Innenringen und Kugelkränzen mit Käfigen. Die Laufbahnen der Innen- und Außenringe sind in Richtung der Lagerachse gegeneinander versetzt. Die Winkeleinstellbarkeit dieser Lager ist sehr gering.
- Radial und axial belastbar** Einreihige Schrägkugellager nehmen hohe radiale und einseitig axiale Kräfte auf. Zur axialen Gegenführung ist ein zweites Lager notwendig.
Die axiale Belastbarkeit hängt vom Druckwinkel ab. Lager mit Druckwinkel 40° sind axial höher belastbar als solche mit Druckwinkel 30°.
- Abdichtung** Die Lager sind nicht abgedichtet.
- Schmierung** Einreihige Schrägkugellager können mit Fett oder Öl geschmiert werden.
- Betriebstemperatur** Nicht abgedichtete Schrägkugellager können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis +150 °C eingesetzt werden. Lager mit Durchmesser $D > 240$ mm sind bis +200 °C maßstabil.
- Käfige** Schrägkugellager mit kugelgeführten Massiv-Fensterkäfigen aus Messing haben bei den Lagern der genormten Reihen das Nachsetzzeichen MP.
Die Nachsetzzeichen MPA oder MPB(S) kennzeichnen Lager mit einem Massiv-Fensterkäfig aus Messing, der am Außenring oder am Innenring geführt wird.
- Nachsetzzeichen** Nachsetzzeichen der lieferbaren Ausführungen für Standardlager, siehe Tabelle.

Lieferbare Ausführungen

Nachsetzzeichen	Beschreibung	Ausführung
B	geänderte Innenkonstruktion	Standard
MP	Massivkäfig aus Messing	Standard
P5	Lager in der Toleranzklasse P5	Sonderausführung
M15	mit Messprotokoll	Sonderausführung, auf Anfrage
J15	Istwertkennzeichnung, Beschriftung	



Einreihige Schrägkugellager

Konstruktions- und Sicherheitshinweise Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

Die dynamisch äquivalente Belastung P gilt für Lager, die dynamisch radial und axial beansprucht werden. Sie ergibt die gleiche Lebensdauer wie die tatsächlich wirkende kombinierte Lagerbelastung.

Für dynamisch beanspruchte Lager gilt:

Druckwinkel 40°

Lageranordnung	Belastungsverhältnis	Dynamisch äquivalente Belastung
Einzellager	$\frac{F_a}{F_r} \leq 1,14$	$P = F_r$
	$\frac{F_a}{F_r} > 1,14$	$P = 0,35 \cdot F_r + 0,57 \cdot F_a$

F_a kN
Axiale dynamische Lagerbelastung
 F_r kN
Radiale dynamische Lagerbelastung
 P kN
Dynamisch äquivalente Lagerbelastung für kombinierte Belastung.

Für dynamisch beanspruchte Lager gilt:

Druckwinkel 30°

Lageranordnung	Belastungsverhältnis	Dynamisch äquivalente Belastung
Einzellager	$\frac{F_a}{F_r} \leq 0,8$	$P = F_r$
	$\frac{F_a}{F_r} > 0,8$	$P = 0,39 \cdot F_r + 0,76 \cdot F_a$

F_a kN
Axiale dynamische Lagerbelastung
 F_r kN
Radiale dynamische Lagerbelastung
 P kN
Dynamisch äquivalente Lagerbelastung für kombinierte Belastung.

Mindestbelastung

Bei Dauerbetrieb ist bei Schrägkugellagern mit Käfig eine Mindestbelastung in der Größenordnung von $P/C_r > 0,01$ erforderlich.

Drehzahlen

Für die Lager sind die Grenzdrehzahlen n_G angegeben, siehe Maßtabelle.



Die kinematischen Grenzdrehzahlen n_G sollten im Hauptlager nicht überschritten werden!

Gestaltung der Lagerung

Um die Leistungsfähigkeit der Lager umfassend zu nutzen, muss die Umgebungsstruktur entsprechend ausgeführt sein.

Wellen- und Gehäusetoleranzen

Empfohlene Wellentoleranzen für Radiallager mit zylindrischer Bohrung, siehe Tabelle, Seite 37.

Empfohlene Gehäusetoleranzen für Radiallager, siehe Tabelle, Seite 38.

Anschlussmaße

In der Maßtabelle sind das Größtmaß der Radien r_a und r_{a1} sowie die Durchmesser der Anlageschultern D_a , D_b und d_a angegeben.

Genauigkeit

Maß- und Lauf toleranzen

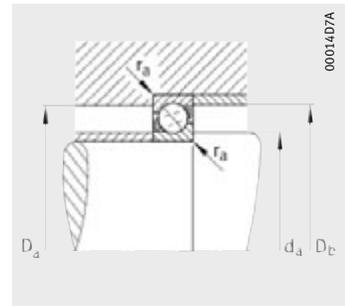
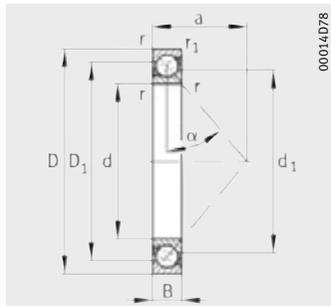
Schräggugellager mit genormten Hauptabmessungen entsprechen DIN 628-1.

Die Maß- und Lauf toleranzen der genormten Lager entsprechen der Toleranzklasse P5 nach DIN 620-2. Die Toleranzen der nicht genormten Lager geben wir auf Anfrage bekannt.



Schrägkugellager

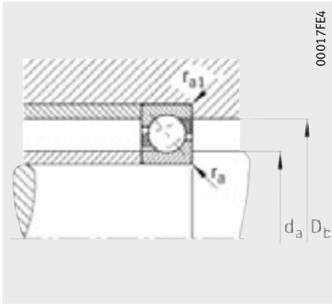
einreihig



Anschlussmaße

Maßtabelle · Abmessungen in mm

Kurzzeichen	Abmessungen										Anschlussmaße	
	d	D	B	r	r ₁	D ₁	d ₁	a	α	d _a	D _a	
				min.	min.	≈	≈	≈	°	min.	max.	
7044-B-MP-P5	220	340	56	3	1,1	293,8	269	109	40	232,4	327,6	
7060-MP-P5	300	460	74	4	1,5	402,9	360,6	147	30	314,6	445,4	
7072-MP-P5	360	540	82	5	2	475,5	428,4	171	30	378	522	
71984-MP-P5	420	560	65	4	1,5	508,2	474,6	174	30	434,6	545,4	
7088-MP-P5	440	650	94	6	3	566,5	523	204	30	463	627	
7092-MP-P5	460	680	100	6	3	600,1	544,5	214	30	483	657	
70/670-MPB-P5	670	980	136	7,5	4	869,1	790	306	30	698	952	
719/1000-MPB-P5-UL	1 000	1 320	140	7,5	4	1 254	1 122	442	30	1 028	1 392	



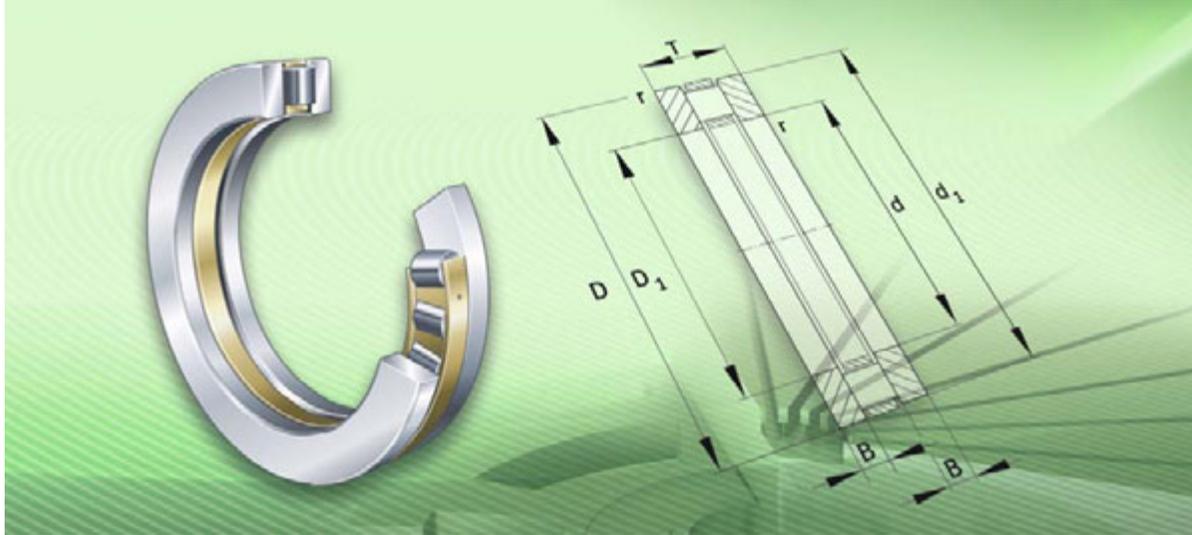
Anschlussmaße

D _b	r _a	r _{a1}	Tragzahlen		Berechnungsfaktoren				Grenz- drehzahl n _G Öl min ⁻¹	Plan- lauf S _{ea} μm	Rund- lauf K _{ea} μm
			dyn. C _r kN	stat. C _{0r} kN	e	X	Y	Y ₀			
334	2,5	1	255	355	1,14	0,35	0,57	0,26	3 000	20	20
453	3	1,5	430	720	0,8	0,39	0,76	0,33	2 400	23	23
531,2	4	2	530	980	0,8	0,39	0,76	0,33	1 900	25	25
553	3	1,5	415	780	0,8	0,39	0,76	0,33	1 800	25	25
637,6	5	5	655	1 370	0,8	0,39	0,76	0,33	1 500	30	30
667,6	5	2,5	710	1 500	0,8	0,39	0,76	0,33	1 400	30	30
965,4	6	3	1 200	3 200	0,8	0,39	0,76	0,33	1 000	40	35
1 405,4	6	3	1 860	6 200	0,8	0,39	0,76	0,33	700	55	45





FAG



Axial-Zylinderrollenlager

Axial-Zylinderrollenlager

	Seite
Produktübersicht	Axial-Zylinderrollenlager 100
Merkmale	Einseitig wirkende Lager 101
	Betriebstemperatur 101
	Käfige..... 101
	Nachsetzzeichen 101
Konstruktions- und Sicherheitshinweise	Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 102
	Statisch äquivalente Lagerbelastung 102
	Axiale Mindestbelastung 102
	Grenzdrehzahl..... 103
	Gestaltung der Anschlussteile 103
Genauigkeit	Maß- und Lauf toleranzen 103
Maßtabellen	Axial-Zylinderrollenlager 104



Produktübersicht Axial-Zylinderrollenlager

einseitig wirkend
einreihig oder zweireihig

810, 811, Z-5, F-8



Z-5



Axial-Zylinderrollenlager

- Merkmale** Axial-Zylinderrollenlager haben eine niedrige axiale Bauhöhe, sind hoch tragfähig und sehr steif.
- Einseitig wirkende Lager** Einseitig wirkende Axial-Zylinderrollenlager bestehen aus einem Axial-Zylinderrollenkranz, einer außenzentrierten Gehäusescheibe und einer innenzentrierten Wellenscheibe. Bohrungsdurchmesser, Außendurchmesser und Lauffläche der Gehäusescheibe und der Wellenscheibe sind feinstbearbeitet.
Diese Lager nehmen axiale Kräfte aus einer Richtung auf.
Lager 810 und 811 sind einreihig und entsprechen DIN 722/ISO 104.
Schräggugellager Z-5 und F-8 sind Sonderlager und haben nicht genormte Abmessungen und Kurzzeichen.
- Betriebstemperatur** Axial-Zylinderrollenlager und -kränze können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+150\text{ °C}$ eingesetzt werden.
- Käfige** Die Lager haben in der Regel Messingkäfige. Diese sind bei den Lagern der Reihen 810 und 811 am Nachsetzzeichen M zu erkennen. Die Käfigausführung der Sonderlager nennen wir auf Anfrage.
- Nachsetzzeichen** Nachsetzzeichen der lieferbaren Ausführungen von genormten Lagern, siehe Tabelle.

Lieferbare Ausführungen

Nachsetzzeichen ¹⁾	Beschreibung	Ausführung
M	Messingkäfig	Standard
MB	Massivkäfig aus Messing, innengeführt	
P5	verbesserte Maß-, Form- und Laufgenauigkeit	Sonderausführung
P4	hohe Maß-, Form- und Laufgenauigkeit	

¹⁾ Die Ausführung der Lager mit nicht genormten Kurzzeichen (Z-5, F-8) kann bei uns angefragt werden.



Axial-Zylinderrollenlager

Konstruktions- und Sicherheitshinweise

Axial-Zylinderrollenlager nehmen nur Axialkräfte auf.

Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

Für dynamisch beanspruchte Lager gilt:

$$P = F_a$$

P kN
Dynamisch äquivalente Lagerbelastung
 F_a kN
Axiale dynamische Lagerbelastung.

Statisch äquivalente Lagerbelastung

Für statisch beanspruchte Lager gilt:

$$P_0 = F_{0a}$$

P_0 kN
Statisch äquivalente Lagerbelastung
 F_{0a} kN
Axiale statische Lagerbelastung.

Axiale Mindestbelastung

Zum sicheren Betrieb ist die axiale Mindestbelastung $F_{a \min}$ nach folgender Gleichung aufzubringen:

$$F_{a \min} = 0,0005 \cdot C_{0a} + k_a \left(\frac{C_{0a} \cdot n}{10^8} \right)^2$$

$F_{a \min}$ N
Axiale Mindestbelastung
 C_{0a} N (Dimension beachten!)
Statische Tragzahl
 k_a –
Beiwert zur Bestimmung der Mindestbelastung, siehe Tabelle
 n min⁻¹
Drehzahl.

Beiwert k_a

Reihe	Beiwert $k_a^{1)}$
810	1,3
811	1,4

1) k_a -Werte für nicht genormte Lager nennen wir auf Anfrage.

Grenzdrehzahl



Die in den Maßtabellen angegebenen Grenzdrehzahlen gelten für Ölschmierung!

Gestaltung der Anschlusssteile

Axiallagerscheiben müssen auf der gesamten Fläche unterstützt werden.

Die Anlageschultern sind steif, eben und rechtwinklig zur Drehachse auszuführen.

Toleranzen für Welle und Gehäusebohrung

Toleranzen für Welle und Gehäusebohrung, siehe Tabelle.

Wellen- und Gehäusebohrungstoleranzen

Lagerbauteil	Wellentoleranz	Bohrungstoleranz
Käfig innengeführt	h8	–
Gehäusescheibe –	–	H7 (K7)
Wellenscheibe –	h6 (j6)	–

Einbaulage der Scheiben



Axiallagerscheiben müssen so eingebaut werden, dass deren Laufbahnseite den Wälzkörpern zugewandt ist!

Bei Gehäusescheiben ist die Laufbahnseite an einer kleineren Fase am Außendurchmesser erkennbar!

Bei Wellenscheiben ist die Laufbahnseite an einer kleineren Fase am Bohrungsdurchmesser erkennbar!

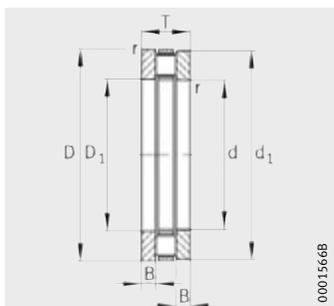
Genauigkeit

Maß- und Lauftoleranzen

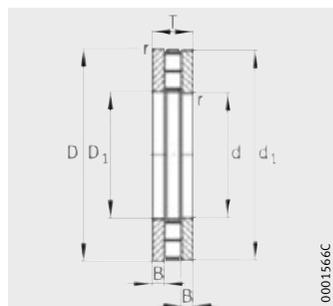
Die Maß- und Lauftoleranzen der Axiallagerscheiben GS und WS entsprechen der Toleranzklasse P5 oder besser nach DIN 620, siehe Maßtabelle.



Axial-Zylinderrollenlager



Ausführung 1,
einreihig



Ausführung 2,
zweireihig

Maßtabelle · Abmessungen in mm

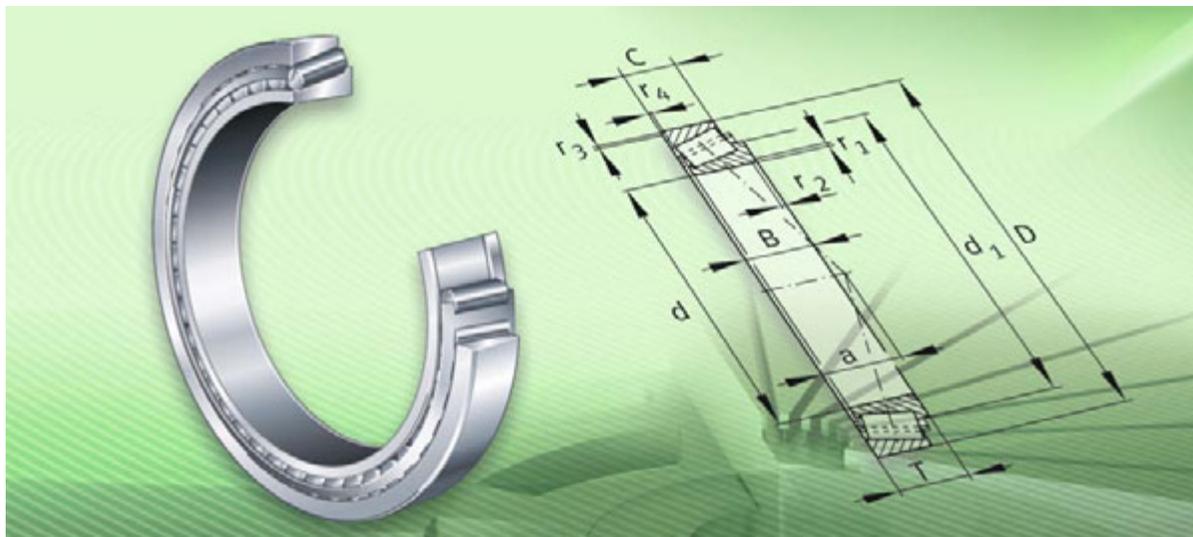
Kurzzeichen	Abmessungen							Tragzahlen		Grenz- drehzahl n_G Öl min^{-1}	Plan- lauf μm
	d	d ₁	D	D ₁	T	B	r	dyn. C kN	stat. C ₀ kN		
811/500-MB-P5	500	595	600	505	80	24	2,5	1 910	9 300	450	11
F-574528	610	745	765	635	95	28,5	3	2 400	12 500	380	11 ¹⁾ 13 ²⁾
811/800-MB-P5	800	945	950	805	120	36	4	4 050	21 500	300	15
F-804188	1 000	1 175	1 175	1 000	109	32	5	3 800	24 000	240	45
810/1320-MB-P5	1 320	1 436	1 440	1 324	95	29,5	3	3 250	24 500	190	20
810/1600-MB-P5	1 600	1 726	1 730	1 604	105	32	4	4 150	33 500	160	20
810/1900-MB-P5	1 900	1 904	2 060	2 056	130	40	5	6 100	50 000	130	25
810/2000-MB-P5	2 000	2 156	2 160	2 004	130	40	6	6 300	53 000	120	25
810/2120-MB-P5	2 120	2 296	2 300	2 124	140	43	6	7 200	60 000	120	30
Z-535820	2 350	2 550	2 550	2 350	90	31	6	6 700	90 000	110	20
810/2360-MB-P5	2 360	2 546	2 550	2 364	150	47	5	8 000	69 500	110	30
810/2500-MB-P5	2 500	2 696	2 700	2 504	160	50	5	9 000	78 000	100	30
Z-542346	2 875	3 120	3 125	2 880	110	37	6	8 300	106 000	85	20
Z-524624	3 050	3 300	3 300	3 050	110	37	6	7 800	95 000	80	20
Z-546952	3 280	3 595	3 600	3 285	160	52	3	14 000	156 000	75	20
F-804179	3 650	3 900	3 900	3 655	150	50	6	7 800	78 000	70	20
Z-560532	3 830	4 070	4 070	3 830	160	59	5	9 400	59 000	67	22
F-579626	3 640	3 900	3 650	3 900	150	50	6	5 700	76 000	70	20

Weitere Lager auf Anfrage.

1) Planlauf der Wellenscheibe.

2) Planlauf der Gehäusescheibe.





Einreihige Kegelrollenlager

Einreihige Kegelrollenlager

	Seite
Produktübersicht	Einreihige Kegelrollenlager 108
Merkmale	Radial und axial belastbar 109
	Ausgleich von Winkelfehlern 109
	Abdichtung 109
	Schmierung 109
	Betriebstemperatur 109
	Käfige 110
	Nachsetzzeichen 110
Konstruktions- und Sicherheitshinweise	Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 110
	Statisch äquivalente Lagerbelastung 111
	Mindestbelastung 111
	Drehzahlen 111
	Gestaltung der Lagerung 111
Genauigkeit	Lager mit metrischen Abmessungen 112
	Lager mit Zollabmessungen 114
Maßtabellen	Kegelrollenlager, einreihig 118



Produktübersicht Einreihige Kegelrollenlager

einreihig

320, 329, Z-5, F-8



00014FE2

Einreihige Kegelrollenlager

Merkmale	<p>Einreihige Kegelrollenlager bestehen aus massiven Außen- und Innenringen mit kegeligen Laufbahnen und Kegelrollen mit Käfigen aus gepresstem Stahlblech.</p> <p>Die Lager sind nicht selbsthaltend. Dadurch kann der Innenring mit den Rollen und dem Käfig getrennt vom Außenring eingebaut werden.</p> <p>Neben Lagern in genormten Hauptabmessungen und mit genormten Kurzzeichen gibt es auch Sonderlager mit metrischen oder zölligen Abmessungen, die nicht genormte Kurzzeichen Z-5 oder F-8 haben. Für Neukonstruktionen sollten immer Lager mit metrischen Abmessungen bevorzugt werden.</p>
Radial und axial belastbar	<p>Einreihige Kegelrollenlager nehmen hohe radiale und einseitig axiale Belastungen auf. Zur axialen Gegenführung ist ein zweites Lager notwendig.</p>
Druckwinkel	<p>Die axiale Belastbarkeit hängt vom Druckwinkel ab; das heißt, je größer der Winkel ist, desto höher kann das Lager axial belastet werden.</p> <p>Die Größe des Druckwinkels und damit die Belastbarkeit ist durch den lagerabhängigen Wert e in den Maßtabellen gekennzeichnet.</p>
Ausgleich von Winkelfehlern	<p>Die modifizierte Linienberührung zwischen den Kegelrollen und den Laufbahnen sorgt für eine optimale Spannungsverteilung an den Kontaktstellen, verhindert Kantenspannungen und ermöglicht die Winkeleinstellbarkeit der Lager.</p> <p>Bei dem Belastungsverhältnis $P/C_r \leq 0,2$ darf die Verkippung der Lagerringe zueinander maximal 4 Winkelminuten betragen. Bei größeren Belastungen oder Verkippungen bitte rückfragen.</p>
Abdichtung	<p>Standardlager sind nicht abgedichtet.</p>
Schmierung	<p>Sie können mit Öl oder mit Fett geschmiert werden.</p>
Betriebstemperatur	<p>Einreihige Kegelrollenlager können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+120\text{ °C}$ eingesetzt werden. Bei Dauerbetriebstemperaturen $> +120\text{ °C}$ bitte rückfragen. Lager mit Außendurchmessern über 240 mm sind maßstab stabil bis $+200\text{ °C}$.</p>



Einreihige Kegelrollenlager

Käfige Einreihige Kegelrollenlager haben gepresste Käfige aus Stahlblech. Da diese seitlich etwas vorstehen, müssen die Einbaumaße in den Maßtabellen und der Käfigüberstand, Seite 111, beachtet werden.

Nachsetzzeichen Nachsetzzeichen der lieferbaren Ausführungen, siehe Tabelle.

Lieferbare Ausführungen

Nachsetzzeichen	Beschreibung	Ausführung
A	geänderte Innenkonstruktion	Standard
X	Außenmaße internationalen Normen angepasst	
P5	höhere Genauigkeit	Sonderausführung

Konstruktions- und Sicherheitshinweise
Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

Die dynamisch äquivalente Belastung P gilt für Lager, die dynamisch radial und axial beansprucht werden. Sie ergibt die gleiche Lebensdauer wie die tatsächlich wirkende, kombinierte Lagerbelastung.

Für dynamisch beanspruchte Einzellager gilt:

Dynamisch beanspruchte Einzellager

Belastungsverhältnis	Dynamisch äquivalente Belastung
$\frac{F_a}{F_r} \leq e$	$P = F_r$
$\frac{F_a}{F_r} > e$	$P = 0,4 \cdot F_r + Y \cdot F_a$

F_a kN

Axiale dynamische Lagerbelastung

F_r kN

Radiale dynamische Lagerbelastung

e, Y –

Faktoren, siehe Maßtabelle

P kN

Dynamisch äquivalente Lagerbelastung für kombinierte Belastung.

Statisch äquivalente Lagerbelastung

Die statisch äquivalente Belastung P_0 gilt für Lager, die statisch radial und axial beansprucht werden. Sie verursacht die gleiche Beanspruchung im Mittelpunkt der am höchsten belasteten Berührstelle zwischen Rollkörper und Laufbahn wie die tatsächlich wirkende, kombinierte Lagerbelastung.

Statisch beanspruchte Einzellager

Für statisch beanspruchte Einzellager gilt:

Belastungsverhältnis	Statisch äquivalente Belastung
$\frac{F_{0a}}{F_{0r}} \leq \frac{1}{2 \cdot Y_0}$	$P_0 = F_{0r}$
$\frac{F_{0a}}{F_{0r}} > \frac{1}{2 \cdot Y_0}$	$P_0 = 0,5 \cdot F_{0r} + Y_0 \cdot F_{0a}$

F_{0a} kN
Axiale statische Lagerbelastung
 F_{0r} kN
Radiale statische Lagerbelastung

Y_0 –
Faktor, siehe Maßtabelle
 P_0 kN

Statisch äquivalente Lagerbelastung für kombinierte Belastung.

Mindestbelastung

Für den schlupffreien Betrieb muss auf die Lager radial eine Mindestlast $F_{r \min}$ wirken. Das gilt besonders bei hohen Drehzahlen und Beschleunigungen. Für Dauerbetrieb ist deshalb bei Rolllagern mit Käfig eine Mindestbelastung in der Größe von $P/C_r \cong 0,02$ erforderlich.

Drehzahlen



Drehzahlbegrenzendes Bauteil ist das Hauptlager!
Die kinematischen Grenzdrehzahlen n_G für die Hauptlager sollten nicht überschritten werden, siehe Maßstabellen!

Gestaltung der Lagerung

Um die Leistungsfähigkeit der Lager umfassend zu nutzen, muss die Umgebungs konstruktion entsprechend ausgeführt sein.

Wellen- und Gehäusetoleranzen

Empfohlene Wellentoleranzen für Radiallager mit zylindrischer Bohrung, siehe Tabelle, Seite 37.

Empfohlene Gehäusetoleranzen für Radiallager, siehe Tabelle, Seite 38.

Anschlussmaße

In den Maßstabellen sind die Größtmaße der Radien r_a und r_b sowie die Durchmesser der Anlageschultern angegeben.

Käfigüberstand



Die Käfige stehen seitlich etwas vor! Um ein Anstreifen zu vermeiden, sind die seitlichen Mindestabstände C_a und C_b in den Maßstabellen bei der Auslegung der Anschlusskonstruktion zu berücksichtigen!



Einreihige Kegelrollenlager

Genauigkeit Lager mit metrischen Abmessungen

Toleranzklasse P5

Die Hauptabmessungen der genormten Lager entsprechen DIN ISO 355 und DIN 720, die Maß- und Lauf toleranzen DIN 620-2.

Kegelrollenlager mit eingeeigten Toleranzen der Toleranzklasse P5 nach DIN 620-2, siehe Tabellen.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung		Abweichung der Bohrung		Schwankung		Rundlauf
d mm		Δ_{dmp} μm		V_{dsp} μm	V_{dmp} μm	K_{ia} μm
über	bis	max.	min.	max.	max.	max.
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

Toleranzen des Innenrings Fortsetzung

Bohrung		Planlauf der Stirnseite	Abweichung der Breite	
d mm		S_d μm	Δ_{Bs} μm	
über	bis	max.	max.	min.
250	315	13	0	-700
315	400	15	0	-800
400	500	17	0	-900
500	630	20	0	-1 100
630	800	25	0	-1 600
800	1 000	30	0	-2 000
1 000	1 250	40	0	-2 000
1 250	1 600	50	0	-2 000

Toleranzen des Außenrings

Außendurchmesser		Abweichung des Außendurchmessers		Schwankung		Rundlauf
D mm		Δ_{Dmp} μm		V_{Dsp} μm	V_{Dmp} μm	K_{ea} μm
über	bis	max.	min.	max.	max.	max.
250	315	0	-25	19	13	18
315	400	0	-28	22	14	20
400	500	0	-33	26	17	23
500	630	0	-38	30	20	25
630	800	0	-45	38	25	30
800	1000	0	-60	50	30	35
1000	1250	0	-80	65	38	52
1250	1600	0	-100	90	50	62
1600	2000	0	-125	120	65	73

Toleranzen des Außenrings Fortsetzung

Bohrung		Schwankung der Neigung der Mantellinie		Abweichung der Breite	
d mm		S_D μm		Δ_{Cs} μm	
über	bis	max.		max.	min.
250	315	13		0	-600
315	400	13		0	-700
400	500	17		0	-800
500	630	20		0	-900
630	800	25		0	-1 100
800	1000	30		0	-1 600
1000	1250	38		0	-2 000
1250	1600	50		0	-2 000
1600	2000	65		0	-2 000



Einreihige Kegelrollenlager

Lager mit Zollabmessungen

Kegelrollenlager mit Zollabmessungen werden serienmäßig mit Normaltoleranzen nach ANSI/ABMA gefertigt. Abweichung der Breite Δ_{B_5} und Rundlauf entsprechen der Toleranzklasse Q3 in Anlehnung an ANSI/ABMA.

Lager mit Zollabmessungen haben im Gegensatz zu den metrischen Lagern Plustoleranzen für Bohrungs- und Außendurchmesser.

Toleranzen des Innenrings

Bohrung		Abweichung der Bohrung		Abweichung der Breite	
d mm		Δ_{dmp} μm		Δ_{B_5} μm	
über	bis	max.	min.	max.	min.
250	315	13	0	0	-350
315	397	20	0	0	-400
397	500	20	0	0	-400
500	596	25	0	0	-600
596	710	25	0	0	-600
710	800	38	0	0	-800

Toleranzen des Innenrings Fortsetzung

Bohrung		Schwankung der Breite	Rundlauf	Planlauf der Stirnseite	Axiale Abweichung
d mm		V_{B_5} μm	K_{Ia} μm	S_d μm	S_{Ia} μm
über	bis	max.	max.	max.	max.
250	315	5	4	7	8
315	397	7	7	8	10
397	500	7	7	8	10
500	596	10	9	10	13
596	710	10	9	10	13
710	800	15	14	15	19

Toleranzen des Außenrings

Außendurchmesser		Abweichung des Außendurchmessers	
D mm		Δ_{Dmp} μm	
über	bis	max.	min.
250	315	13	0
315	400	20	0
400	500	20	0
500	630	25	0
630	900	38	0

Toleranzen des Außenrings Fortsetzung

Außen- durchmesser		Schwankung der Breite	Rundlauf	Schwankung der Neigung der Mantellinie
D mm		V_{Bs} μm	K_{ea} μm	S_D μm
über	bis	max.	max.	max.
250	315	5	4	7
315	400	7	7	8
400	500	7	7	8
500	630	10	9	10
630	900	20	18	20



Einreihige Kegelrollenlager

Kantenabstände

Die Maße für die Kantenabstände r gelten für Kegelrollenlager mit Zollabmessungen. Die Werte für metrische Kegelrollenlager sind in den Technischen Grundlagen angegeben, siehe Maßtabelle.

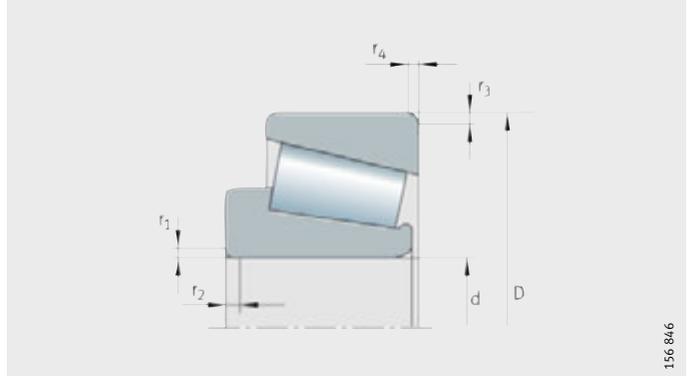


Bild 1
Kantenabstände bei zölligen Kegelrollenlagern

Grenzwerte der Kantenabstände für den Innenring

Nennmaß der Lagerbohrung d mm		Kantenabstand			
		r_1 mm		r_2 mm	
über	bis	max.	min.	max.	min.
254	355,6	+1,25	0	+2,05	0
355,6	457,2	+2,05	0	+3,05	0
457,2	609,6	+3,05	0	+4,05	0
609,6	914,4	+4,05	0	+5,6	0
914,4	1 219,2	+5,1	0	+6,85	0
1 219,2	–	+6,35	0	+8,9	0

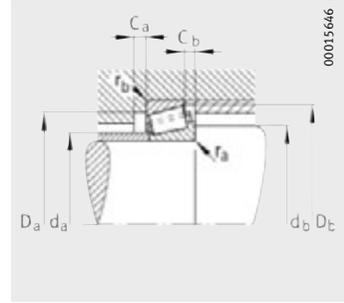
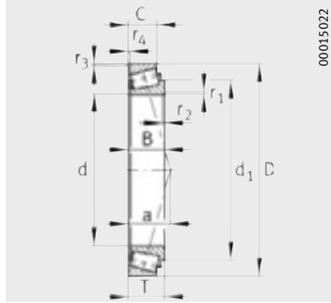
Grenzwerte der Kantenabstände für den Außenring

Nennmaß des Außendurchmessers D mm		Kantenabstand			
		r_3 mm		r_4 mm	
über	bis	max.	min.	max.	min.
266,7	355,6	+1,7	0	+1,7	0
355,6	457,2	+2,05	0	+3,05	0
457,2	609,6	+3,05	0	+4,05	0
609,6	914,4	+4,05	0	+5,6	0
914,4	1 219,2	+5,1	0	+6,85	0
1 219,2	–	+6,35	0	+8,9	0



Kegelrollenlager

einreihig



Anschlussmaße

Maßtabelle · Abmessungen in mm

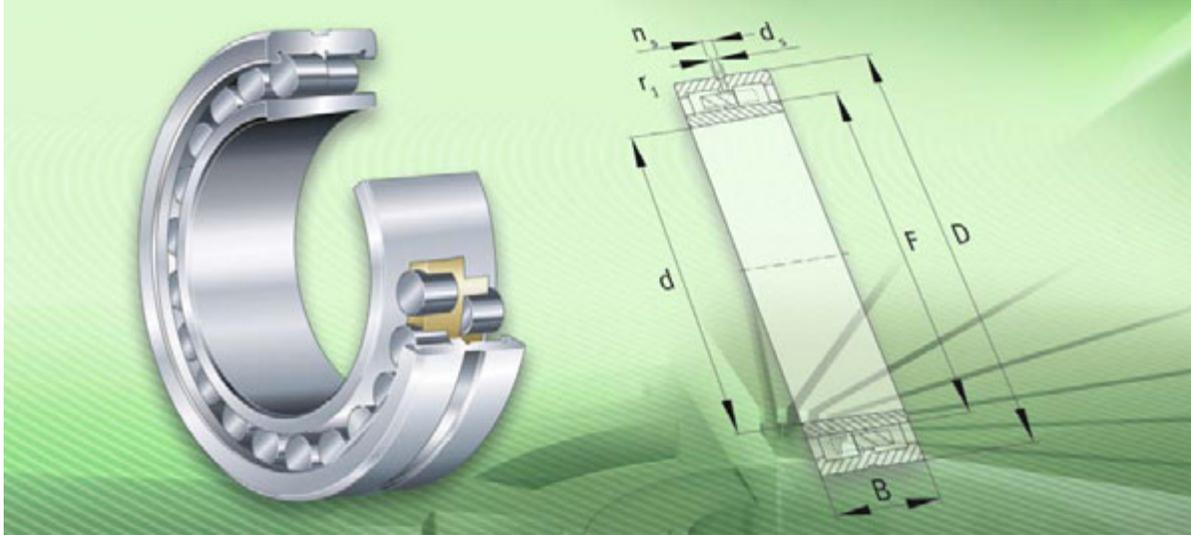
Kurzzeichen	Abmessungen									Anschlussmaße	
	d	D	B	C	T	r ₁ , r ₂ min.	r ₃ , r ₄ min.	a ≈	d ₁ ≈	d _a max.	d _b min.
32052-X-P5	260	400	87	65	87	5	4	86	331,5	287	278
32960-P5	300	420	76	57	76	4	3	80	362	324	314
32064-X-P5	320	480	100	74	100	5	4	104	397,5	350	338
F-807078-P5	460	600	87	71	87	5	4	110	524,5	482	480
Z-565803-P5	500	670	78	60	85	6	5	118	582	533	546
Z-533416-P5	558,8	736,6	104,775	81	104,775	6,4	6,4	120,8	645	585	594
Z-523871-P5	630	850	108	78	108	7,5	6	145	728	665	700
Z-545093-P5	850	1120	120	90	120	5	5	169	975,2	910	928

							Tragzahlen		Berechnungsfaktoren			Grenz- drehzahl
D _a		D _b	C _a	C _b	r _a	r _b	dyn. C	stat. C ₀	e	Y	Y ₀	n _G Öl
min.	max.	min.	min.	min.	max.	max.	kN	kN				min ⁻¹
352	382	383	14	22	5	4	1 150	2 140	0,43	1,38	0,76	1 100
383	406	405	12	19	4	3	990	2 030	0,39	1,52	0,84	950
424	462	461	15	26	5	4	1 560	3 050	0,46	1,31	0,72	850
554	–	583	9	12,5	5	4	1 420	3 250	0,4	1,49	0,82	630
617	–	640	9	25	6	5	1 530	3 300	0,41	1,45	0,8	560
696	–	708	11	19	6,4	6,4	2 270	5 500	0,35	1,73	0,95	500
780	–	815	11	28	7,5	6	2 600	5 800	0,4	1,5	0,83	450
1 034	–	1 064	13	30	5	5	3 600	9 100	0,36	1,68	0,92	360





FAG



Radial-Zylinderrollenlager

Radial-Zylinderrollenlager

	Seite
Produktübersicht	Radial-Zylinderrollenlager..... 122
Merkmale	Ideale Loslager..... 123
	Lager mit kleinerem Querschnitt 123
	Zweireihige Zylinderrollenlager..... 123
	Abdichtung 124
	Schmierung..... 124
	Betriebstemperatur 124
	Käfige..... 124
	Nachsetzzeichen 124
	Lagerbeschriftung..... 124
Konstruktions- und Sicherheitshinweise	Tragfähigkeit und Gebrauchsdauer 125
	Statische äquivalente Lagerbelastung..... 125
	Statische Tragsicherheit 125
	Spieleinstellung von Zylinderrollenlagern 125
	Drehzahlen..... 126
	Radiale Steifigkeit 126
	Gestaltung der Lagerung..... 127
Genauigkeit	Toleranzen der Klasse SP für zweireihige Lager..... 134
	Toleranzen der Klasse UP für zweireihige Lager 136
	Radiale Lagerluft 138
Maßtabellen	Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager, zweireihig 140



Produktübersicht Radial-Zylinderrollenlager

**zweireihig,
kegelige Bohrung**

NN30..-K, NNU49..-K



Radial-Zylinderrollenlager

Merkmale FAG-Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager bestehen aus massiven Außenringen, massiven Innenringen mit kegeliger Bohrung (Kegel 1:12) und Zylinderrollenkränzen mit Käfigen aus Messing oder Polyetheretherketon PEEK. Bei Zylinderrollenlager NN30 ist der Außenring abziehbar und damit getrennt vom übrigen Lagerpaket montierbar. Bei Zylinderrollenlager NNU49 ist der Innenring abziehbar.

Die zweireihigen Lager werden eingesetzt, wenn höchste Präzision bei sehr hoher radialer Belastung gefordert ist. In Werkzeugmaschinen ermöglichen sie hochgenaue, radial steife und sehr tragfähige Lagerungen. Sie übernehmen hier die radiale Abstützung der Hauptspindel.

Ideale Loslager Da ein Längenausgleich während der Drehbewegung zwanglos zwischen den Rollen und der bordlosen Laufbahn stattfindet, eignen sich die Zylinderrollenlager sehr gut als Loslager. Axialkräfte werden durch Axiallager aufgenommen.

Lager mit kleinerem Querschnitt Zylinderrollenlager NNU49 haben einen kleineren Querschnitt als andere Zylinderrollenlager aus dem FAG-Hochgenauigkeitsprogramm. Damit sind bei Mehrspindelanordnungen geringere Achsabstände möglich. Auf Anfrage können auch in den Maßtabellen nicht beschriebene Durchmesserbereiche geliefert werden.

Zweireihige Zylinderrollenlager Bei Zylinderrollenlager NN30 werden die Rollen am Innenring geführt. Der Außenring ist zylindrisch geschliffen und abziehbar, *Bild 1*.

Die Reihe NNU49 hat einen zylindrisch geschliffenen, herausnehmbaren Innenring. Der Außenring führt die Rollen.

NN30

Bild 1
Zweireihiges Zylinderrollenlager



00017E23



Radial-Zylinderrollenlager

Abdichtung Die Zylinderrollenlager werden offen geliefert.

Schmierung Durch die hohe Oberflächengüte der Laufbahnen und Rollen eignen sich FAG-Zylinderrollenlager besonders für Fettschmierung.

Ölschmierung Zweireihige Lager haben eine Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring.



Bei der Schmierstoffwahl ist die Betriebstemperatur des Schmierstoffes zu beachten! Konstruktionsbedingt kann in den meisten Fällen das Radiallager mit dem Öl des darüber liegenden kleineren Axiallagers versorgt werden, siehe Seite 57!

Betriebstemperatur Die Lager können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+150\text{ °C}$ eingesetzt werden.

Käfige Zweireihige Lager haben Massivkäfige aus Messing (Nachsetzzeichen M).

Nachsetzzeichen Nachsetzzeichen der lieferbaren Ausführungen, siehe Tabelle.

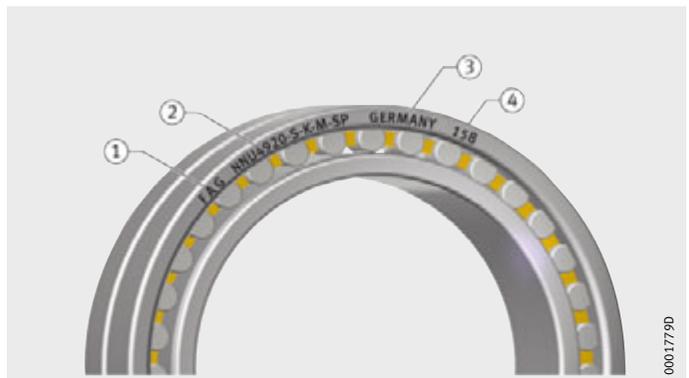
Lieferbare Ausführungen

Nachsetzzeichen	Beschreibung	Ausführung
S	Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring	Standard
AS	Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring, Reihe NN30	
K	Kegelige Bohrung, Kegel 1:12	
M	Messingkäfig, rollengeführt	
SP	Genauigkeit SP und radiale Lagerluft C1NA	
C2	Radiale Lagerluft nach Norm	Sonderausführung, auf Anfrage
UP	Ultrapräzision und radiale Lagerluft C1NA	
R40-50	Individuelle radiale Lagerluft	
H74	Höhere Laufgenauigkeit	

Lagerbeschriftung Die Lagerringe werden auf den Stirnseiten beschriftet, *Bild 2*.

- ① Markenzeichen
- ② Kurzzeichen (Lagerbezeichnung)
- ③ Herstellungsland
- ④ Internes Kennzeichen

Bild 2
Beschriftung
bei zweireihigen Lagern



Konstruktions- und Sicherheitshinweise

Tragfähigkeit und Gebrauchsdauer

Lagerungen mit Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlagern werden in der Regel nach den Anforderungen an ihre Tragfähigkeit, Steifigkeit und Genauigkeit ausgelegt.

Ein Ausfall durch Ermüdung spielt bei diesen Lagern in der Praxis keine Rolle. Deshalb ist die Berechnung der Lebensdauer L_{10} nach DIN ISO 281 zur Beurteilung der Gebrauchsdauer nicht sinnvoll.

Statische äquivalente Lagerbelastung

Die statische äquivalente Lagerbelastung P_0 ergibt sich aus den auf das Lager wirkenden radialen Belastungen.

Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager nehmen nur Radialkräfte auf. Für statisch beanspruchte Lager gilt:

$$P_0 = F_{0r}$$

P_0 N
Statische äquivalente Lagerbelastung
 F_{0r} N
Radiale statische Lagerbelastung.

Statische Tragsicherheit

Ob die statische Tragfähigkeit eines Lagers für eine gegebene statische Belastung ausreicht, kann mit Hilfe der statischen Tragsicherheit S_0 überprüft werden.

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

S_0 –
Statische Tragsicherheit
 C_0 N
Statische Tragzahl
 P_0 N
Statisch äquivalente Lagerbelastung.



Um die hohe Genauigkeit der Lager zu nutzen, muss die statische Tragsicherheit $S_0 > 3$ sein ($S_0 > 8 =$ dauerhaft)!

Spieleinstellung von Zylinderrollenlagern

Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden bei der Montage mit Spiel, spielfrei oder mit Vorspannung montiert, siehe Tabelle, Seite 126. Für den Einsatz in Vertikaldrehmaschinen hat sich eine Überdeckung von 5 μm bewährt.



Radial-Zylinderrollenlager

Drehzahlen

Die Grenzdrehzahlen n_G gelten für Fettschmierung oder Öl-Minimalmengenschmierung und dürfen nicht überschritten werden.

Bei Zylinderrollenlagern wird die erreichbare Drehzahl durch die radiale Lagerluft im Betriebszustand bestimmt, siehe Tabelle.

Erreichbare Drehzahlen

Spiel oder Vorspannung μm	Erreichbare Drehzahl min^{-1}
-5 bis 0	$> 0,5 \cdot n_G$ Fett
$2 \cdot 10^{-5} \cdot d_M$	$0,5$ bis $0,75 \cdot n_G$ Fett
$4 \cdot 10^{-5} \cdot d_M$	$0,75$ bis $1 \cdot n_G$ Fett
$1 \cdot 10^{-4} \cdot d_M$	$1 \cdot n_G$ Öl

$$d_M = (d + D)/2$$

Diese Werte sind Anhaltswerte für Temperaturdifferenzen $\Delta T \leq 5$ K zwischen dem Innen- und Außenring. Für den Einsatz in Anwendungen mit höheren Temperaturdifferenzen bitte bei der Anwendungstechnik der Schaeffler Gruppe rückfragen.

Radiale Steifigkeit

Die radiale Steifigkeit c_r ist der Quotient aus radialer Belastung und radialer Verlagerung.

$$c_r = \frac{F_r}{\delta_r}$$

c_r $\text{N}/\mu\text{m}$

Radiale Steifigkeit, siehe Maßstabellen

F_r N

Radialkraft

δ_r μm

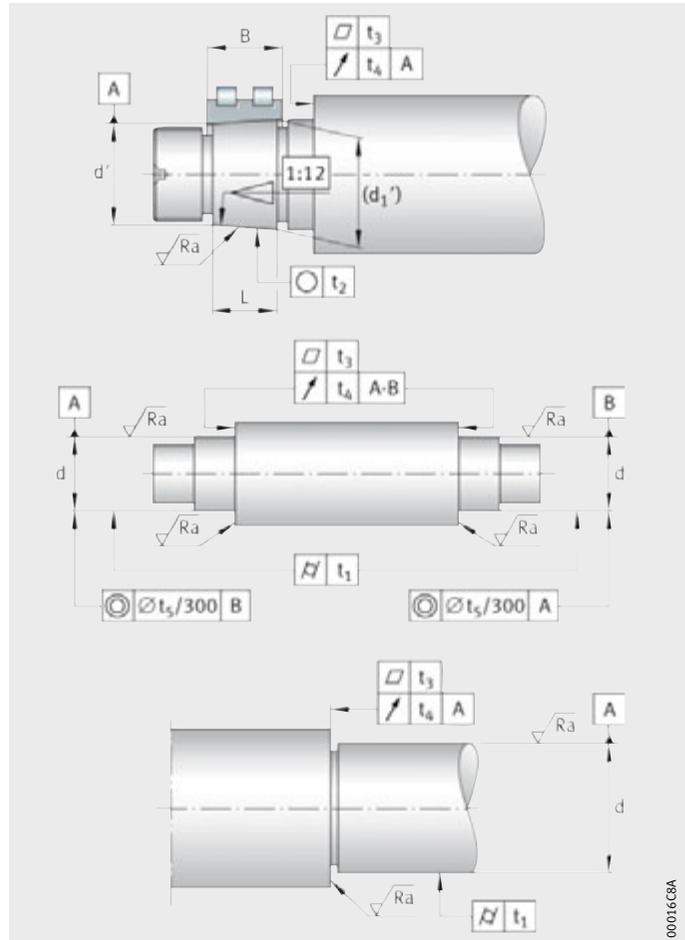
Radiale Verlagerung.

Gestaltung der Lagerung

Um die Leistungsfähigkeit der Radial-Zylinderrollenlager umfassend zu nutzen, muss die Umgebungskonstruktion entsprechend ausgeführt sein, *Bild 3*.

- d = Nennmaß des Wellendurchmessers
- d' = Kleiner Kegeldurchmesser
(= d + unteres Abmaß, siehe Tabellen, Seite 129)
- d₁' = Großer Kegeldurchmesser
d₁' = d' + 1/12 · L
- L = Kegellänge L = 0,95 · B
(Lagerbreite)
- t₁ = Zylinderform-Toleranz nach DIN ISO 1101
- t₂ = Rundheits-Toleranz nach DIN ISO 1101
- t₃ = Ebenheits-Toleranz nach DIN ISO 1101
- t₄ = Planlauf-Toleranz nach DIN ISO 1101
- t₅ = Koaxialitäts-Toleranz nach DIN ISO 1101
- AT_D = Kegelminkeltoleranz nach DIN ISO 7178
- Ra = Mittenrauwert nach DIN ISO 4768

Bild 3
Form- und Lagetoleranzen der Welle



00016C8A



Radial-Zylinderrollenlager

Bearbeitungstoleranzen der zylindrischen Welle

Die Bearbeitungstoleranzen der zylindrischen Welle für Lager mit der Toleranzklasse SP oder UP sind Empfehlungen, siehe Tabellen.

Toleranzen der zylindrischen Welle für Toleranzklasse SP

Nennmaß der Welle d mm		Abmaß für d μm		Zylinderform t ₁ μm	Ebenheit t ₃ μm	Planlauf t ₄ μm	Koaxialität t ₅ μm	Mittenerauwert Ra μm
über	bis							
18	30	3	-3	1	1	1,5	4	0,2
30	50	3,5	-3,5	1	1	1,5	4	0,2
50	80	4	-4	1,2	1,2	2	5	0,4
80	120	5	-5	1,5	1,5	2,5	6	0,4
120	180	6	-6	2	2	3,5	8	0,4
180	250	7	-7	3	3	4,5	10	0,4
250	315	8	-8	4	4	6	12	0,8
315	400	9	-9	5	5	7	13	0,8
400	500	10	-10	6	6	8	15	0,8
500	630	11	-11	7	7	9	16	0,8
630	800	12	-12	8	8	10	18	0,8

Toleranzen der zylindrischen Welle für Toleranzklasse UP

Nennmaß der Welle d mm		Abmaß für d μm		Zylinderform t ₁ μm	Ebenheit t ₃ μm	Planlauf t ₄ μm	Koaxialität t ₅ μm	Mittenerauwert Ra μm
über	bis							
18	30	2	-2	0,6	0,6	1	2,5	0,2
30	50	2	-2	0,6	0,6	1	2,5	0,2
50	80	2,5	-2,5	0,8	0,8	1,2	3	0,2
80	120	3	-3	1	1	1,5	4	0,2
120	180	4	-4	1,2	1,2	2	5	0,2
180	250	5	-5	2	2	3	7	0,2
250	315	6	-6	2,5	2,5	4	8	0,4
315	400	6,5	-6,5	3	3	5	9	0,4
400	500	7,5	-7,5	4	4	6	10	0,4
500	630	8	-8	5	5	7	11	0,4
630	800	9	-9	5	5	8	12	0,4

Bearbeitungstoleranzen der kegeligen Welle

Toleranzen der kegeligen Welle für Toleranzklasse SP

Die Bearbeitungstoleranzen der kegeligen Welle für Lager mit der Toleranzklasse SP oder UP sind Empfehlungen, siehe Tabellen.

Nennmaß der Welle (Lagerbohrung)		Abmaß des kleinen Kegeldurchmessers ¹⁾		Rundheit	Ebenheit	Planlauf	Mittengerauwert
d mm		μm		t ₂ μm	t ₃ μm	t ₄ μm	Ra μm
über	bis						
18	30	+73	+64	1	1	1,5	0,2
30	40	+91	+80	1	1	1,5	0,2
40	50	+108	+97	1	1	1,5	0,2
50	65	+135	+122	1,2	1,2	2	0,2
65	80	+159	+146	1,2	1,2	2	0,2
80	100	+193	+178	1,5	1,5	2,5	0,2
100	120	+225	+210	1,5	1,5	2,5	0,2
120	140	+266	+248	2	2	3,5	0,2
140	160	+298	+280	2	2	3,5	0,2
160	180	+328	+310	2	2	3,5	0,2
180	200	+370	+350	3	3	4,5	0,2
200	225	+405	+385	3	3	4,5	0,2
225	250	+445	+425	3	3	4,5	0,2
250	280	+498	+475	4	4	6	0,4
280	315	+548	+525	4	4	6	0,4
315	355	+615	+590	5	5	7	0,4
355	400	+685	+660	5	5	7	0,4
400	450	+767	+740	6	6	8	0,4
450	500	+847	+820	6	6	8	0,4
500	560	+928	+900	7	7	9	0,4
560	630	+1008	+980	7	7	9	0,4
630	710	+1092	+1060	8	8	10	0,4

¹⁾ Bezogen auf das Nennmaß der Welle d, siehe Abschnitt Berechnungsbeispiel, Seite 130.



Radial-Zylinderrollenlager

Toleranzen der kegeligen Welle für Toleranzklasse UP

Nennmaß der Welle (Lagerbohrung)		Abmaß des kleinen Kegeldurchmessers ¹⁾		Rundheit	Ebenheit	Planlauf	Mittengeradwert
d mm		μm		t ₂ μm	t ₃ μm	t ₄ μm	Ra μm
über	bis						
18	30	+73	+64	0,6	0,6	1	0,2
30	40	+91	+80	0,6	0,6	1	0,2
40	50	+108	+97	0,6	0,6	1	0,2
50	65	+135	+122	0,8	0,8	1,2	0,2
65	80	+159	+146	0,8	0,8	1,2	0,2
80	100	+193	+178	1	1	1,5	0,2
100	120	+225	+210	1	1	1,5	0,2
120	140	+266	+248	1,2	1,2	2	0,2
140	160	+298	+280	1,2	1,2	2	0,2
160	180	+328	+310	1,2	1,2	2	0,2
180	200	+370	+350	2	2	3	0,2
200	225	+405	+385	2	2	3	0,2
225	250	+445	+425	2	2	3	0,2
250	280	+498	+475	2,5	2,5	4	0,4
280	315	+548	+525	2,5	2,5	4	0,4
315	355	+615	+590	3	3	5	0,4
355	400	+685	+660	3	3	5	0,4
400	450	+767	+740	4	4	6	0,4
450	500	+847	+820	4	4	6	0,4
500	560	+928	+900	5	5	7	0,4
560	630	+1008	+980	5	5	7	0,4
630	710	+1092	+1060	5	5	8	0,4

¹⁾ Bezogen auf das Nennmaß der Welle d, siehe Abschnitt Berechnungsbeispiel.

Berechnungsbeispiel

Für Zylinderrollenlager der Toleranzklasse SP kann die Wellentoleranz der kegeligen Welle nach folgendem Beispiel berechnet werden:

Lagerbohrung $d = 70 \text{ mm}$

Toleranzklasse SP

Kleiner Kegeldurchmesser $d' = d + \text{unteres Abmaß}$

$$= 70 \text{ mm} + 0,146 \text{ mm}$$

$$= 70,146 \text{ mm}$$

Toleranz $t = \text{oberes Abmaß} - \text{unteres Abmaß}$

$$= 0,159 \text{ mm} - 0,146 \text{ mm}$$

$$= +0,013 \text{ mm}$$

Bearbeitungstoleranzen des Kegelwinkels

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

Bei der Verwendung von FAG Kegelmessgeräten MGK132 sind die aufgeführten AT_D -Werte zu halbieren (Neigungswinkeltoleranz). Für Kegellängen, deren Nennmaße zwischen den in der Tabelle aufgeführten Werten liegen, wird die Kegelwinkeltoleranz AT_D durch Interpolieren ermittelt.

Abweichung vom Kegelwinkel

Die Abweichung vom Kegelwinkel des Wellensitzes für Lager der Toleranzklasse SP ist abhängig vom Nennmaß der Kegellänge, siehe Tabelle.

Abweichung

Nennmaß der Kegellänge mm		Kegelwinkeltoleranz μm			
L_U über	L_O bis	AT_{DU}		AT_{DO}	
16	25	+2	0	+3,2	0
25	40	+2,5	0	+4	0
40	63	+3,2	0	+5	0
63	100	+4	0	+6,3	0
100	160	+5	0	+8	0
160	250	+6,3	0	+10	0

Berechnungsbeispiel

Kegellänge des Wellensitzes 50 mm, Toleranzklasse SP.

$$AT_D = \frac{AT_{DO} - AT_{DU}}{L_o - L_u} \cdot L$$

$$AT_D = \frac{5 - 3,2}{63 - 40} \cdot 50 = 3,91 \mu\text{m}$$

Kegelwinkeltoleranz $AT_D = +4 \mu\text{m}$.



Radial-Zylinderrollenlager

Bearbeitungstoleranzen des Gehäuses

Die Bearbeitungstoleranzen des Gehäuses für Lager der Toleranzklasse SP oder UP sind Empfehlungen, siehe Tabellen.

Gehäuseausführung für Toleranzklasse SP

Nennmaß der Gehäusebohrung		Abmaß für D		Zylinderform	Ebenheit	Planlauf	Koaxialität	Mittentrauwert
D mm		μm		t ₁ μm	t ₃ μm	t ₄ μm	t ₅ μm	Ra μm
über	bis							
30	50	+2	-9	1,5	1,5	2,5	4	0,4
50	80	+3	-10	2	2	3	5	0,4
80	120	+2	-13	2,5	2,5	4	6	0,8
120	180	+3	-15	3,5	3,5	5	8	0,8
180	250	+2	-18	4,5	4,5	7	10	0,8
250	315	+3	-20	6	6	8	12	1,6
315	400	+3	-22	7	7	9	13	1,6
400	500	+2	-25	8	8	10	15	1,6
500	630	0	-29	9	9	11	16	1,6
630	800	0	-32	10	10	12	18	1,6
800	1000	0	-36	11	11	14	21	1,6

Gehäuseausführung für Toleranzklasse UP

Nennmaß der Gehäusebohrung		Abmaß für D		Zylinderform	Ebenheit	Planlauf	Koaxialität	Mittentrauwert
D mm		μm		t ₁ μm	t ₃ μm	t ₄ μm	t ₅ μm	Ra μm
über	bis							
30	50	+1	-6	1	1	1,5	2,5	0,2
50	80	+1	-7	1,2	1,2	2	3	0,4
80	120	+1	-9	1,5	1,5	2,5	4	0,4
120	180	+1	-11	2	2	3,5	5	0,4
180	250	0	-14	3	3	4,5	7	0,4
250	315	0	-16	4	4	6	8	0,8
315	400	+1	-17	5	5	7	9	0,8
400	500	0	-20	6	6	8	10	0,8
500	630	0	-22	7	7	9	11	1,6
630	800	0	-24	8	8	10	12	1,6
800	1000	0	-27	9	9	11	14	1,6

Genauigkeit

Die Hauptabmessungen der Lager entsprechen DIN 620-1.
Die Maß-, Form- und Lagetoleranzen entsprechen Toleranzklasse SP.
Auf Anfrage sind die Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager auch in der höheren Toleranzklasse UP lieferbar.

Die Lager haben eine zylindrische oder eine kegelige Bohrung mit entsprechender Toleranz der Maße, *Bild 4* und Tabellen, Seite 134.

α = Neigungswinkel am Kegelige
= 2° 23' 9,4"

2α = Kegelwinkel am Kegelige
= 4° 46' 18,8"

B = Breite des Innenrings

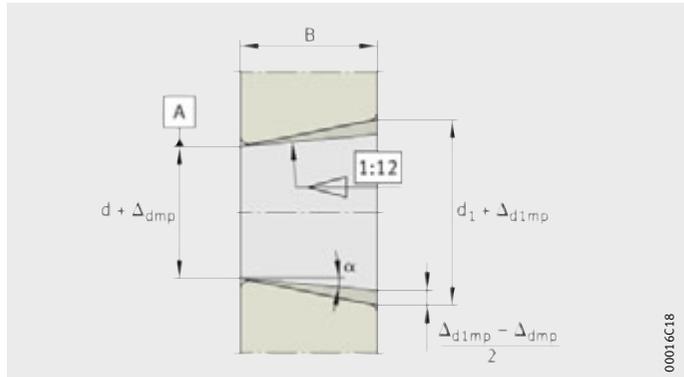
d = Nenndurchmesser der Lagerbohrung

d_1 = Bohrungsdurchmesser
am großen Kegelige

Δ_{dmp} = Abweichung
des Bohrungsdurchmessers
vom Nennmaß in einer Radialebene

Bild 4

Toleranzen für kegelige Bohrungen



Radial-Zylinderrollenlager

Toleranzen der Klasse SP für zweireihige Lager

Die folgenden Werte gelten für die Baureihen NN30 und NNU49.

Toleranzen des Innenrings (Toleranzklasse SP)

Nennmaß der Bohrung d mm		Abweichung der zylindrischen Bohrung $\Delta_{ds}, \Delta_{dmp}$ μm		Abweichung der kegeligen Bohrung Δ_{dmp} μm		Breiten-schwankung V_{Bs} μm		Breiten-abweichung Δ_{Bs} μm	
über	bis								
18	30	0	-6	10	0	2,5	0	-120	
30	50	0	-8	12	0	3	0	-120	
50	80	0	-9	15	0	4	0	-150	
80	120	0	-10	20	0	4	0	-200	
120	180	0	-13	25	0	5	0	-250	
180	250	0	-15	30	0	6	0	-300	
250	315	0	-18	35	0	8	0	-350	
315	400	0	-23	40	0	10	0	-400	
400	500	0	-27	45	0	12	0	-450	
500	630	0	-30	50	0	14	0	-500	
630	800	0	-40	65	0	17	0	-750	

Toleranzen des Innenrings (Toleranzklasse SP) Fortsetzung

Nennmaß der Bohrung d mm		Schwankung (Unrundheit) der Bohrung V_{dp} μm		Schwankung des mittleren Durchmessers V_{dmp} μm		Abweichung $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ μm		Rund-lauf K_{ia} μm	Planlauf S_d μm S_{ia} μm	
über	bis	zylind-risch	kegelig							
18	30	3	3	3		4	0	3	4	4
30	50	4	4	4		4	0	4	4	4
50	80	5	5	5		5	0	4	5	5
80	120	5	5	5		6	0	5	5	5
120	180	7	7	7		8	0	6	6	7
180	250	8	8	8		9	0	8	7	8
250	315	9	9	9		11	0	8	8	10
315	400	12	12	12		12	0	10	10	12
400	500	14	14	14		14	0	10	12	15
500	630	15	15	15		15	0	12	14	18
630	800	20	20	20		18	0	15	17	21

**Toleranzen des Außenrings
(Toleranzklasse SP)**

Nennmaß des Außendurchmessers		Abweichung des Außendurchmessers		Schwankung (Unrundheit)
D mm		$\Delta_{Ds}, \Delta_{Dmp}$ μm		V_{Dp} μm
über	bis			
30	50	0	-7	4
50	80	0	-9	5
80	120	0	-10	5
120	150	0	-11	6
150	180	0	-13	7
180	250	0	-15	8
250	315	0	-18	9
315	400	0	-20	10
400	500	0	-23	12
500	630	0	-28	14
630	800	0	-35	18
800	1000	0	-40	20

Die Breitenabweichung Δ_{Cs} ist identisch mit Δ_{Bs} des zugehörigen Innenrings.

**Toleranzen des Außenrings
(Toleranzklasse SP)
Fortsetzung**

Nennmaß des Außendurchmessers		Schwankung des mittleren Durchmessers	Breiten-schwankung	Rund-lauf	Neigungs-schwankung	Plan-lauf
D mm		V_{Dmp} μm	V_{Cs} μm	K_{ea} μm	S_D μm	S_{ea} μm
über	bis					
30	50	4	2,5	5	4	5
50	80	5	3	5	4	5
80	120	5	4	6	5	6
120	150	6	5	7	5	7
150	180	7	5	8	5	8
180	250	8	7	10	7	10
250	315	9	7	11	8	10
315	400	10	8	13	10	13
400	500	12	9	15	11	15
500	630	14	11	17	13	18
630	800	18	13	20	15	22
800	1000	20	15	23	17	26



Radial-Zylinderrollenlager

Toleranzen der Klasse UP für zweireihige Lager

Die folgenden Werte gelten für zweireihige Zylinderrollenlager, siehe Tabellen.

Toleranzen des Innenrings (Toleranzklasse UP)

Nennmaß der Bohrung d mm		Abweichung der zylindrischen Bohrung $\Delta_{ds}, \Delta_{dmp}$ μm		Abweichung der kegeligen Bohrung Δ_{dmp} μm		Breiten-schwankung V_{Bs} μm		Breiten-abweichung Δ_{Bs} μm	
über	bis								
18	30	0	-5	6	0	1,5	0	-25	
30	50	0	-6	7	0	2	0	-30	
50	80	0	-7	8	0	2,5	0	-40	
80	120	0	-8	10	0	3	0	-50	
120	180	0	-10	12	0	4	0	-60	
180	250	0	-12	14	0	5	0	-75	
250	315	0	-15	15	0	5	0	-100	
315	400	0	-19	17	0	6	0	-100	
400	500	0	-23	19	0	7	0	-100	
500	630	0	-26	20	0	8	0	-125	
630	800	0	-34	22	0	11	0	-125	

Toleranzen des Innenrings (Toleranzklasse UP) Fortsetzung

Nennmaß der Bohrung d mm		Schwankung (Unrundheit) der Bohrung V_{dp} μm		Schwankung des mittleren Durchmessers V_{dmp} μm		Abweichung $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ μm		Rund-lauf K_{ia} μm		Planlauf S_d μm S_{ia} μm	
über	bis	zylind-risch	kegelig								
18	30	2,5	2,5	2,5	2	0	1,5	3	3		
30	50	3	3	3	3	0	2	3	3		
50	80	3,5	3,5	3,5	3	0	2	4	3		
80	120	4	4	4	4	0	3	4	4		
120	180	5	5	5	4	0	3	5	6		
180	250	6	6	6	5	0	4	6	7		
250	315	8	8	8	6	0	4	6	8		
315	400	10	10	10	6	0	5	7	9		
400	500	12	12	12	7	0	5	8	10		
500	630	13	13	13	8	0	6	9	12		
630	800	17	17	17	9	0	7	11	18		

**Toleranzen des Außenrings
(Toleranzklasse UP)**

Nennmaß des Außendurchmessers		Abweichung des Außendurchmessers		Schwankung (Unrundheit)
D mm		$\Delta_{Ds}, \Delta_{Dmp}$ μm		V_{Dp} μm
über	bis			
30	50	0	-5	3
50	80	0	-6	3
80	120	0	-7	4
120	150	0	-8	4
150	180	0	-9	5
180	250	0	-10	5
250	315	0	-12	6
315	400	0	-14	7
400	500	0	-17	9
500	630	0	-20	10
630	800	0	-25	13
800	1000	0	-30	15

Die Breitenabweichung Δ_{Cs} ist identisch mit Δ_{Bs} des zugehörigen Innenrings.

**Toleranzen des Außenrings
(Toleranzklasse UP)
Fortsetzung**

Nennmaß des Außendurchmessers		Schwankung des mittleren Durchmessers	Breiten-schwankung	Rund-lauf	Neigungs-schwankung	Plan-lauf
D mm		V_{Dmp} μm	V_{Cs} μm	K_{ea} μm	S_D μm	S_{ea} μm
über	bis					
30	50	3	1,5	3	2	3
50	80	3	2	3	2	4
80	120	4	3	3	3	5
120	150	4	4	4	3	5
150	180	5	4	4	3	5
180	250	5	5	5	4	7
250	315	6	5	6	4	7
315	400	7	6	7	5	8
400	500	9	7	8	5	10
500	630	10	8	9	6	12
630	800	13	11	11	7	14
800	1000	15	12	12	10	17



Radial-Zylinderrollenlager

Radiale Lagerluft

Die Tabellenwerte gelten für ein- und zweireihige Zylinderrollenlager mit kegeliger oder zylindrischer Bohrung.

Die Lagerluftgruppen entsprechen DIN 620-4.

Radiale Lagerluft für Lager mit kegeliger Bohrung

Nennmaß der Bohrung d mm		Lagerluftgruppe							
		C1 ¹⁾ µm		C2 ²⁾ µm		CN ²⁾ µm		C3 ²⁾ µm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
24	30	15	25	20	45	35	60	45	70
30	40	15	25	20	45	40	65	55	80
40	50	17	30	25	55	45	75	60	90
50	65	20	35	30	60	50	80	70	100
65	80	25	40	35	70	60	95	85	120
80	100	35	55	40	75	70	105	95	130
100	120	40	60	50	90	90	130	115	155
120	140	45	70	55	100	100	145	130	175
140	160	50	75	60	110	110	160	145	195
160	180	55	85	75	125	125	175	160	210
180	200	60	90	85	140	140	195	180	235
200	225	60	95	95	155	155	215	200	260
220	250	65	100	105	170	170	235	220	285
250	280	75	110	115	185	185	255	240	310
280	315	80	120	130	205	205	280	265	340
315	355	90	135	145	225	225	305	290	370
355	400	100	150	165	255	255	345	330	420
400	450	110	170	185	285	285	385	370	470
450	500	120	190	205	315	315	425	410	520
500	560	130	210	230	350	350	470	455	575
560	630	140	230	260	380	380	500	500	620
630	710	160	260	295	435	435	575	565	705

Radiale Lagerluft ohne Messlast.

- 1) Lager mit der Genauigkeit SP und UP haben die radiale Lagerluft C1. Die Lagerringe sind nicht austauschbar (NA).
- 2) Die Lagerluftgruppen C2, CN und C3 können durch Nachsetzzeichen für die Genauigkeit SP und UP bestellt werden. Die Lagerringe sind austauschbar.

**Radiale Lagerluft
für Lager mit zylindrischer Bohrung**

Nennmaß der Bohrung		Lagerluftgruppe							
		C1 ¹⁾ μm		C2 ²⁾ μm		CN ²⁾ μm		C3 ²⁾ μm	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
24	30	5	15	0	25	20	45	35	60
30	40	5	15	5	30	25	50	45	70
40	50	5	18	5	35	30	60	50	80
50	65	5	20	10	40	40	70	60	90
65	80	10	25	10	45	40	75	65	100
80	100	10	30	15	50	50	85	75	110
100	120	10	30	15	55	50	90	85	125
120	140	10	35	15	60	60	105	100	145
140	160	10	35	20	70	70	120	115	165
160	180	10	40	25	75	75	125	120	170
180	200	15	45	35	90	90	145	140	195
200	225	15	50	45	105	105	165	160	220
220	250	15	50	45	110	110	175	170	235
250	280	20	55	55	125	125	195	190	260
280	315	20	60	55	130	130	205	200	275
315	355	20	65	65	145	145	225	225	305
355	400	25	75	100	190	190	280	280	370
400	450	25	85	110	210	210	310	310	410
450	500	25	95	110	220	220	330	330	440
500	560	25	100	120	240	240	360	360	480
560	630	30	110	140	260	260	380	380	500
630	710	30	130	145	285	285	425	425	565

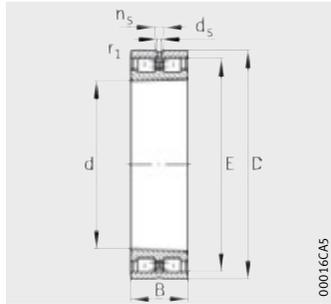
Radiale Lagerluft ohne Messlast.

- 1) Lager mit der Genauigkeit SP und UP haben die radiale Lagerluft C1.
Die Lagerringe sind nicht austauschbar (NA).
- 2) Die Lagerluftgruppen C2, CN und C3 können durch Nachsetzzeichen für die Genauigkeit SP und UP bestellt werden. Die Lagerringe sind austauschbar.

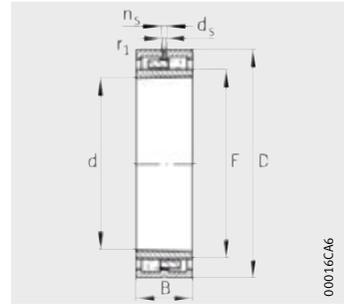


Hochgenauigkeits- Zylinderrollenlager

zweireihig



NN30



NNU49

Maßtabelle · Abmessungen in mm

Kurzzeichen ¹⁾	Masse m ≈kg	Abmessungen							
		d	D	B	r ₁ min.	E	F	n _s	d _s
NN3006-AS-K-M-SP	0,19	30	55	19	1	48,5	–	4,8	3,2
NN3007-AS-K-M-SP	0,25	35	62	20	1	55	–	4,8	3,2
NN3008-AS-K-M-SP	0,3	40	68	21	1	61	–	4,8	3,2
NN3009-AS-K-M-SP	0,39	45	75	23	1	67,5	–	4,8	3,2
NN3010-AS-K-M-SP	0,43	50	80	23	1	72,5	–	4,8	3,2
NN3011-AS-K-M-SP	0,63	55	90	26	1,1	81	–	4,8	3,2
NN3012-AS-K-M-SP	0,67	60	95	26	1,1	86,1	–	4,8	3,2
NN3013-AS-K-M-SP	0,72	65	100	26	1,1	91	–	4,8	3,2
NNU4914-S-K-M-SP	0,73	70	100	30	1	–	80	4,8	3,2
NN3014-AS-K-M-SP	1,04	70	110	30	1,1	100	–	6,5	3,2
NNU4915-S-K-M-SP	0,77	75	105	30	1	–	85	4,8	3,2
NN3015-AS-K-M-SP	1,09	75	115	30	1,1	105	–	6,5	3,2
NNU4916-S-K-M-SP	0,81	80	110	30	1	–	90	4,8	3,2
NN3016-AS-K-M-SP	1,51	80	125	34	1,1	113	–	6,5	3,2
NNU4917-S-K-M-SP	1,2	85	120	35	1,1	–	96,5	4,8	3,2
NN3017-AS-K-M-SP	1,58	85	130	34	1,1	118	–	6,5	3,2
NNU4918-S-K-M-SP	1,26	90	125	35	1,1	–	101,5	4,8	3,2
NN3018-AS-K-M-SP	2,05	90	140	37	1,5	127	–	6,5	3,2
NNU4919-S-K-M-SP	1,32	95	130	35	1,1	–	106,5	4,8	3,2
NN3019-AS-K-M-SP	2,14	95	145	37	1,5	132	–	6,5	3,2
NNU4920-S-K-M-SP	1,86	100	140	40	1,1	–	113	6,5	3,2
NN3020-AS-K-M-SP	2,23	100	150	37	1,5	137	–	6,5	3,2
NNU4921-S-K-M-SP	1,93	105	145	40	1,1	–	118	6,5	3,2
NN3021-AS-K-M-SP	2,84	105	160	41	2	146	–	6,5	3,2

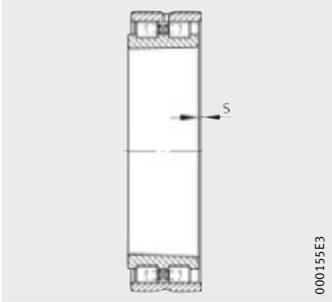
Bedeutung der Nachsetzzeichen

- AS Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring (Reihe NN30)
- S Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring
- K Kegelige Bohrung (Kegel 1:12)
- M Messingkäfig, rollengeführt
- SP Spezial Präzision

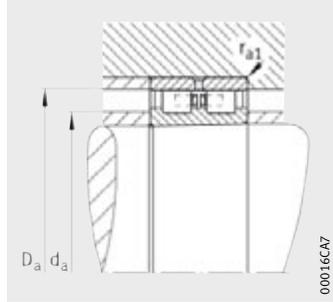
¹⁾ Die Lager sind auch mit zylindrischer Bohrung lieferbar, Beispiel: **NN3006-AS-M-SP**.

²⁾ Axialer Verschiebeweg des Außenrings aus der Mittellage.

³⁾ Öl-Minimalmengen-Schmierung.



Axialer Verschiebeweg



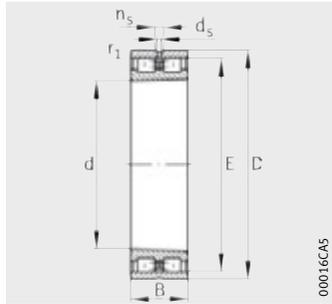
Anschlussmaße

Axialer Verschiebeweg ²⁾ s	Anschlussmaße			Tragzahlen		Grenzdrehzahlen		Radiale Federsteifigkeit c _r N/μm
	d _a h12	D _a H12	r _{a1} max.	dyn. C _r N	stat. C _{0r} N	n _G Fett min ⁻¹	n _G Öl ⁽³⁾ min ⁻¹	
1,4	38	50	1	29 000	34 000	16 000	19 000	680
1,4	43	57	1	36 000	44 000	14 000	17 000	790
1,4	48	63	1	45 000	59 000	12 000	15 000	950
1,7	54	69	1	54 000	72 000	11 000	14 000	1 080
1,7	59	74	1	57 000	80 000	10 000	13 000	1 180
1,9	65	83	1,1	72 000	100 000	9 000	11 000	1 300
1,9	70	88	1,1	75 000	110 000	8 500	10 000	1 410
1,9	75	93	1,1	77 000	116 000	8 000	9 500	1 470
1,8	79	92	1	60 000	104 000	7 500	9 000	1 700
2,3	82	102	1,1	98 000	150 000	7 000	8 500	1 660
1,8	84	97	1	63 000	114 000	7 000	8 500	1 870
2,3	87	107	1,1	100 000	156 000	6 700	8 000	1 730
1,8	89	102	1	66 000	122 000	6 700	8 000	1 980
2,5	93	116	1,1	120 000	186 000	6 300	7 500	1 850
2	96	111	1,1	90 000	166 000	6 300	7 500	2 280
2,5	98	121	1,1	125 000	200 000	6 000	7 000	1 990
2	101	116	1,1	93 000	176 000	6 000	7 000	2 420
2,6	105	130	1,5	140 000	224 000	5 600	6 700	2 020
2	106	121	1,1	95 000	186 000	5 600	6 700	2 560
2,6	110	135	1,5	143 000	236 000	5 300	6 300	2 100
2	112	129	1,1	129 000	255 000	5 300	6 300	3 000
2,6	115	140	1,5	146 000	245 000	5 300	6 300	2 170
2	117	134	1,1	129 000	260 000	5 300	6 300	3 080
2,6	120	149	2	190 000	310 000	4 800	5 600	2 320

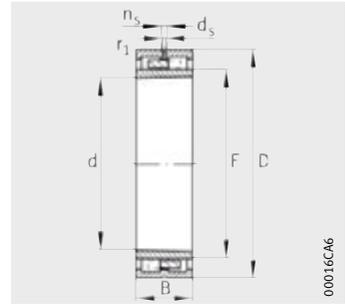


Hochgenauigkeits- Zylinderrollenlager

zweireihig



NN30



NNU49

Maßtabelle (Fortsetzung) · Abmessungen in mm

Kurzzeichen ¹⁾	Masse m ≈kg	Abmessungen							
		d	D	B	r ₁ min.	E	F	n _s	d _s
NNU4922-S-K-M-SP	2,01	110	150	40	1,1	–	123	6,5	3,2
NN3022-AS-K-M-SP	3,61	110	170	45	2	155	–	6,5	3,2
NNU4924-S-K-M-SP	2,71	120	165	45	1,1	–	134,5	6,5	3,2
NN3024-AS-K-M-SP	3,94	120	180	46	2	165	–	6,5	3
NNU4926-S-K-M-SP	3,73	130	180	50	1,5	–	146	6,5	3,2
NN3026-AS-K-M-SP	5,79	130	200	52	2	182	–	9,5	4,8
NNU4928-S-K-M-SP	4,04	140	190	50	1,5	–	156	6,5	3,2
NN3028-AS-K-M-SP	6,22	140	210	53	2	192	–	9,5	4,8
NNU4930-S-K-M-SP	6,1	150	210	60	2	–	168,5	6,5	3,2
NN3030-AS-K-M-SP	7,58	150	225	56	2,1	206	–	9,5	4,8
NNU4932-S-K-M-SP	6,41	160	220	60	2	–	178,5	6,5	3,2
NN3032-AS-K-M-SP	9,23	160	240	60	2,1	219	–	9,5	4,8
NNU4934-S-K-M-SP	6,73	170	230	60	2	–	188,5	6,5	3,2
NN3034-AS-K-M-SP	12,5	170	260	67	2,1	236	–	9,5	4,8
NNU4936-S-K-M-SP	9,96	180	250	69	2	–	202	9,5	4,8
NN3036-AS-K-M-SP	16,4	180	280	74	2,1	255	–	12,2	6,3
NNU4938-S-K-M-SP	10,4	190	260	69	2	–	212	9,5	4,8
NN3038-AS-K-M-SP	17,3	190	290	75	2,1	265	–	12,2	6,3
NNU4940-S-K-M-SP	14,7	200	280	80	2,1	–	225	12,2	6,3
NN3040-AS-K-M-SP	22,2	200	310	82	2,1	282	–	12,2	6,3
NNU4944-S-K-M-SP	15,9	220	300	80	2,1	–	245	12,2	6,3
NN3044-AS-K-M-SP	29,1	220	340	90	3	310	–	15	8
NNU4948-S-K-M-SP	17,1	240	320	80	2,1	–	265	12,2	6,3
NN3048-AS-K-M-SP	31,6	240	360	92	3	330	–	15	8

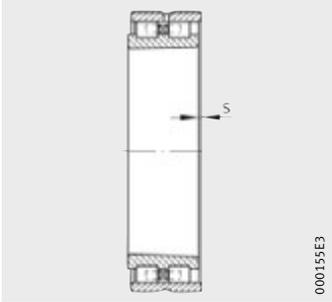
Bedeutung der Nachsetzzeichen

- AS Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring (Reihe NN30)
- S Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring
- K Kegelige Bohrung (Kegel 1:12)
- M Messingkäfig, rollengeführt
- SP Spezial Präzision

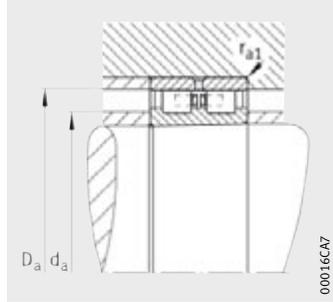
¹⁾ Die Lager sind auch mit zylindrischer Bohrung lieferbar, Beispiel: **NN3022-AS-M-SP**.

²⁾ Axialer Verschiebeweg des Außenrings aus der Mittellage.

³⁾ Öl-Minimalmengen-Schmierung.



Axialer Verschiebeweg



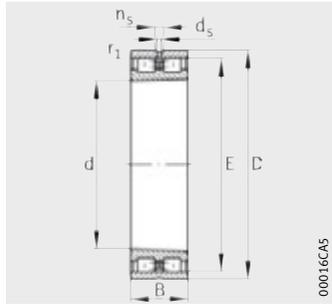
Anschlussmaße

Axialer Verschiebeweg ²⁾ s	Anschlussmaße			Tragzahlen		Grenzdrehzahlen		Radiale Federsteifigkeit c _r N/μm
	d _a h12	D _a H12	r _{a1} max.	dyn. C _r N	stat. C _{0r} N	n _G Fett min ⁻¹	n _G Öl ³⁾ min ⁻¹	
2	122	139	1,1	132 000	270 000	5 000	6 000	3 170
2,9	127	158	2	220 000	360 000	4 500	5 300	2 500
2,3	133	155	1,1	176 000	340 000	4 500	5 300	3 200
3,1	137	168	2	232 000	390 000	4 300	5 000	2 700
2,7	145	166	1,5	190 000	390 000	4 000	4 800	3 600
3,1	150	186	2	290 000	500 000	3 800	4 500	2 980
1,8	155	176	1,5	190 000	400 000	3 800	4 500	3 700
3,4	160	196	2	300 000	520 000	3 600	4 300	3 090
2,7	167	197	2	325 000	655 000	3 600	4 300	4 280
3,8	172	210	2,1	335 000	585 000	3 400	4 000	3 300
2,7	177	207	2	335 000	680 000	3 400	4 000	4 420
4,3	183	224	2,1	375 000	670 000	3 200	3 800	3 510
2,7	187	217	2	340 000	695 000	3 200	3 800	4 560
4,6	196	241	2,1	450 000	800 000	3 000	3 600	3 770
3,2	200	232	2	405 000	850 000	3 000	3 600	5 160
4,8	209	260	2,1	570 000	1 000 000	2 800	3 400	4 040
3,2	210	242	2	405 000	880 000	2 800	3 400	5 310
4,8	219	271	2,1	585 000	1 040 000	2 600	3 200	4 190
4,3	223	259	2,1	490 000	1 040 000	2 600	3 200	5 510
5,7	232	288	2,1	655 000	1 200 000	2 400	3 000	4 410
4,3	243	279	2,1	510 000	1 140 000	2 400	3 000	6 000
5,7	254	317	3	800 000	1 460 000	2 200	2 800	4 770
4,3	263	299	2,1	530 000	1 200 000	2 200	2 800	6 320
6,1	274	337	3	850 000	1 560 000	2 000	2 600	5 140

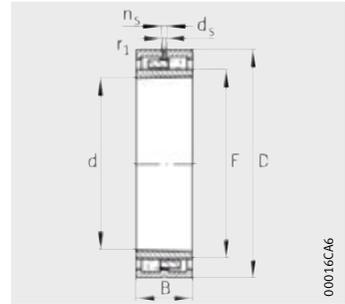


Hochgenauigkeits- Zylinderrollenlager

zweireihig



NN30



NNU49

Maßtabelle (Fortsetzung) · Abmessungen in mm

Kurzzeichen ¹⁾	Masse m ≈kg	Abmessungen							
		d	D	B	r ₁ min.	E	F	n _s	d _s
NNU4952-S-K-M-SP	29,7	260	360	100	2,1	–	292	15	8
NN3052-AS-K-M-SP	46,2	260	400	104	4	364	–	15	8
NNU4956-S-K-M-SP	31,6	280	380	100	2,1	–	312	15	8
NN3056-AS-K-M-SP	49,7	280	420	106	4	384	–	15	8
NNU4960-S-K-M-SP	49,1	300	420	118	3	–	339	17,7	9,5
NN3060-AS-K-M-SP	68,8	300	460	118	4	418	–	17,7	9,5
NNU4964-S-K-M-SP	51,8	320	440	118	3	–	359	17,7	9,5
NN3064-AS-K-M-SP	74,2	320	480	121	4	438	–	17,7	9
NNU4968-S-K-M-SP	54,5	340	460	118	3	–	379	17,7	9,5
NN3068-AS-K-M-SP	99,3	340	520	133	5	473	–	17,7	9,5
NNU4972-S-K-M-SP	57,3	360	480	118	3	–	399	17,7	9,5
NN3072-AS-K-M-SP	104	360	540	134	5	493	–	17,7	9,5
NNU4976-S-K-M-SP	85,8	380	520	140	4	–	426	17,7	9,5
NN3076-AS-K-M-SP	110	380	560	135	5	513	–	17,7	9,5
NNU4980-S-K-M-SP	89,4	400	540	140	4	–	446	17,7	9,5
NN3080-AS-K-M-SP	143	400	600	148	5	549	–	17,7	9,5
NNU4984-S-K-M-SP	93,2	420	560	140	4	–	466	17,7	9,5
NN3084-AS-K-M-SP	150	420	620	150	5	569	–	17,7	9,5
NNU4988-S-K-M-SP	129	440	600	160	4	–	490	17,7	9,5
NN3088-AS-K-M-SP	172	440	650	157	6	597	–	23,5	12,5
NNU4992-S-K-M-SP	134	460	620	160	4	–	510	17,7	9,5
NN3092-AS-K-M-SP	197	460	680	163	6	624	–	23,5	12,5
NNU4996-S-K-M-SP	158	480	650	170	5	–	534	17,7	9,5
NN3096-AS-K-M-SP	206	480	700	165	6	644	–	23,5	12,5
NNU49/500-S-K-M-SP	162	500	670	170	5	–	568	17,7	9,5
NN30/500-AS-K-M-SP	214	500	720	167	6	664	–	23,5	12

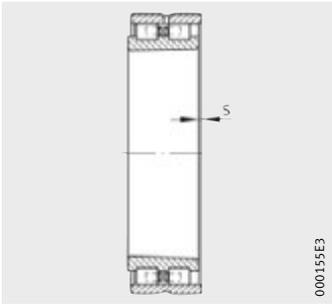
Bedeutung der Nachsetzzeichen

- AS Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring (Reihe NN30)
- S Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring
- K Kegelige Bohrung (Kegel 1:12)
- M Messingkäfig, rollengeführt
- SP Spezial Präzision

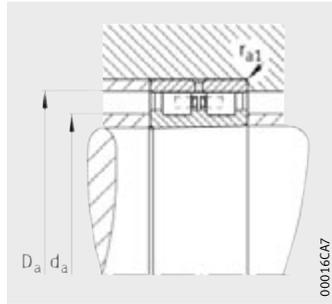
¹⁾ Die Lager sind auch mit zylindrischer Bohrung lieferbar, Beispiel: **NN3052-AS-M-SP**.

²⁾ Axialer Verschiebeweg des Außenrings aus der Mittellage.

³⁾ Öl-Minimalmengen-Schmierung.



Axialer Verschiebeweg



Anschlussmaße

Axialer Verschiebeweg ²⁾ s	Anschlussmaße			Tragzahlen		Grenzdrehzahlen		Radiale Federsteifigkeit
	da h12	Da H12	ra1 max.	dyn. Cr N	stat. C0r N	nG Fett min ⁻¹	nG Öl ³⁾ min ⁻¹	Cr N/μm
5,4	289	334	2,1	750 000	1 700 000	2 000	2 600	7 080
6,6	300	372	4	1 060 000	2 000 000	1 900	2 400	5 680
5,4	309	354	2,1	765 000	1 800 000	1 900	2 400	7 480
6,9	320	392	4	1 080 000	2 080 000	1 800	2 200	5 890
6,3	336	389	3	1 040 000	2 400 000	1 700	2 000	8 280
7,5	346	427	4	1 270 000	2 400 000	1 600	1 900	5 930
6,3	356	409	3	1 060 000	2 550 000	1 600	1 900	8 750
8	366	447	4	1 320 000	2 600 000	1 600	1 900	6 440
6,3	376	429	3	1 100 000	2 650 000	1 500	1 800	9 230
8,8	393	483	5	1 630 000	3 250 000	1 400	1 700	7 170
6,3	396	449	3	1 140 000	2 800 000	1 500	1 800	9 700
8,8	413	503	5	1 660 000	3 350 000	1 400	1 700	7 430
7,2	423	482	4	1 430 000	3 600 000	1 400	1 700	10 970
9,1	433	523	5	1 700 000	3 450 000	1 300	1 600	7 690
7,2	443	502	4	1 500 000	3 800 000	1 300	1 600	11 540
9,5	459	560	5	2 160 000	4 500 000	1 200	1 500	8 660
7,2	463	522	4	1 530 000	4 000 000	1 300	1 600	12 120
10	479	580	5	2 120 000	4 500 000	1 200	1 500	8 660
6,8	487	558	4	2 040 000	5 200 000	1 200	1 500	12 690
10,2	501	609	6	2 450 000	5 100 000	1 100	1 400	9 240
6,8	507	578	4	2 120 000	5 500 000	1 100	1 400	13 390
10,9	524	636	6	2 600 000	5 400 000	1 100	1 400	9 430
7,2	531	606	5	2 360 000	6 100 000	1 100	1 400	14 110
11,2	544	656	6	2 700 000	5 850 000	1 000	1 300	10 060
7,2	551	626	5	2 320 000	6 100 000	1 000	1 300	14 110
11,7	564	677	6	2 650 000	5 850 000	1 000	1 300	10 060





FAG



**Geräte und Dienstleistungen für
die Montage und Wartung von Wälzlagern**

Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern

	Seite
Geräte und Dienstleistungen	
Kompetenz in der Instandhaltung	148
Serviceangebote für die Industrie	148
Produkte zur Montage und Reparatur	149
Produkte zur Zustandsüberwachung	151
Montageservice.....	152
Zustandsüberwachung (Condition Monitoring).....	152
Wälzlageraufbereitung.....	153



Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern

Geräte und Dienstleistungen Kompetenz in der Instandhaltung

Der Servicebereich der Schaeffler Gruppe Industrie ist der kompetente Ansprechpartner für die Instandhaltung von rotierenden Bauteilen.

Ziel ist, den Kunden zu helfen, Instandhaltungskosten einzusparen, die Anlagenverfügbarkeit zu optimieren und unvorhergesehene Maschinenstillstände zu vermeiden. Dies geschieht unabhängig von der Marke der eingesetzten Maschinenkomponenten.

Um weltweit eine kompetente und schnelle Versorgung der Kunden mit Produkten und Dienstleistungen für die Instandhaltung zu gewährleisten, verfügt die Schaeffler Gruppe über Kompetenzzentren rund um den Globus. Alle Servicemitarbeiter durchlaufen ein umfangreiches Schulungsprogramm und werden regelmäßig auditiert. Hierdurch ist sichergestellt, dass alle Services weltweit einem gleich hohen Qualitätsstandard entsprechen. Da jeder Kunde ein anderes Anliegen hat, bietet die Schaeffler Gruppe individuell auf den Kunden zugeschnittene Konzepte.

Serviceangebote für die Industrie

Der Servicebereich hat sein Angebotsspektrum in den vergangenen Jahren kontinuierlich ausgebaut. Einen kleinen Auszug aus dem umfangreichen Produkt- und Serviceangebot findet sich in den folgenden Abschnitten.

Ausführliche Informationen zu den angebotenen Geräten und Dienstleistungen siehe Katalog IS1, Montage und Instandhaltung von Wälzlagern.

Anfragen

Bei Anfragen zu Geräten und Dienstleistungen bitte direkt an den Servicebereich wenden:

- E-Mail: Produktionsmaschinen@schaeffler-iam.de
- Internet: www.schaeffler-iam.de
- Telefon: +49 (0)2407 9149-66

Produkte zur Montage und Reparatur

Die Produktpalette umfasst Werkzeuge für die mechanische, hydraulische und thermische Montage und Demontage von Wälzlagern. Mechanische Werkzeuge finden überwiegend bei kleineren Lagern Anwendung. Mittlere und große Wälzlager werden hauptsächlich mit hydraulischen oder thermischen Werkzeugen ein- und ausgebaut. Mess- und Hilfsmittel (zum Beispiel Transportwerkzeuge oder Handschuhe) runden das Programm sinnvoll ab.

Produkte für den mechanischen Ein- und Ausbau

Zum mechanischen Ein- und Ausbau kleiner und mittlerer Wälzlager bietet die Schaeffler Gruppe Einbauwerkzeugsätze, verschiedene Schlüssel und mechanische Abzieher an. Hydraulische Abzieher verwendet man, wenn höhere Abziehkkräfte gefordert werden.

Angeboten werden folgende Produkte:

- Einbauwerkzeugsätze
- Steckschlüssel
- Haken- und Zapfenschlüssel
- Mechanische Abzieher
- Hydraulische Abzieher, *Bild 1*
- Dreigeteilte Abziehplatten.



Bild 1
Ausbau eines Lagers
mit hydraulischem Abzieher



Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern

Produkte für den hydraulischen Ein- und Ausbau

Für den leichteren Ein- oder Ausbau von Lagern mit kegeliger Bohrung werden oft Hydraulikmutter eingesetzt. Als Druckerzeuger sind Ölinjektoren, verschiedene Handpumpensätze und Hochdruckpumpen lieferbar. Die Auswahl wird erleichtert durch das Rechenprogramm Mounting Manager.

Umfangreich ist das Programm an Zubehörteilen, zum Beispiel Manometer, Zwischen- und Reduzierstücke, Hochdruckrohre, Hülsenanschlussstücke:

- Hydraulikmuttern
- Ölinjektoren
- Handpumpensätze
- Hochdruckpumpen
- Hydraulikaggregate und -vorrichtungen
- Anschlusssteile, Zubehör.

Produkte für den thermischen Ein- und Ausbau

Induktive Anwärmergeräte ermöglichen schnelles und energiesparendes Anwärmen von Wälzlagern.

Die Schaeffler Gruppe bietet sowohl mobil einsetzbare Tischgeräte als auch leistungsfähige Standgeräte an:

- Elektrische Heizplatten
- Induktive Anwärmergeräte
- Anwärminge, Wärmeleitpaste
- Elektrisch-induktive Erwärmungsanlagen.

Produkte zum Messen und Prüfen

Mit Fühlerlehren und Messgeräten kann die Fertigung von Lagersitzen und die Montage von Lagern kontrolliert werden:

- Fühlerlehren
- Kegelmessgeräte
- Bügelmessgeräte
- Hüllkreismessgeräte.

Hilfsmittel für den Ein- und Ausbau

Hilfsmittel unterstützen bei der Lagerung, Transport und Montage von Wälzlagern:

- Transport- und Montagewerkzeuge
- Handschuhe
- Montagepaste
- Korrosionsschutzöl.

Produkte zur Zustandsüberwachung

Die Zustandsüberwachung trägt dazu bei, eine hohe Verfügbarkeit und eine lange Lebensdauer von Maschinen und Anlagen zu erreichen. FAG-Produkte helfen, die Instandhaltung planbar zu machen und die Kosten zu senken. Das Programm umfasst zum Beispiel Geräte zum Ausrichten von Wellen und Riemenscheiben. Temperaturmess- und Horchgeräte ermöglichen, den Betriebszustand zu kontrollieren. Darüber hinaus bilden Messsysteme, die Schwingungen, Drehmomente und Schmierstoffe überwachen, einen wichtigen Bestandteil des Programms.

Betriebszustandsüberwachung

Mit diesen Geräten können Temperatur und Drehzahl von Wälzlagerungen manuell kontrolliert werden:

- Temperaturmessgeräte
- Digital-Handtachometer.

Schwingungsdiagnose

Geräte für die Schwingungsdiagnose:

- Detector III, *Bild 2*
- SmartCheck
- DTECT X1 s
- WiPro s
- ProCheck.



Bild 2
Zustandsüberwachung



Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern

Montageservice

Die Industrieservice-Experten der Schaeffler Gruppe bieten Montageleistungen für Wälzlager branchenübergreifend an, *Bild 3*. Sehr gute Erfahrungen bestehen zum Beispiel in den Branchen Schienenverkehr, Bergbau, Stahl und Aluminium, Windenergie sowie Papier und Zellstoff.



Bild 3
Montage eines Großwälzlagers

Zustandsüberwachung (Condition Monitoring)

Ein störungsfreier und optimierter Betrieb von komplexen Maschinen und Anlagen ist nur durch zustandsbezogene Instandhaltung zu erreichen. Schwerpunktmäßig betreibt die Schaeffler Gruppe zustandsbezogene Instandhaltung mit der Methode der Schwingungsdiagnose, *Bild 4*. Dieses Verfahren ermöglicht, beginnende Schädigungen an Maschinen in einem sehr frühen Stadium zu erkennen.

Vor allem hilft die Schwingungsdiagnose, unvorhergesehene Stillstände und teure Folgeschäden zu vermeiden, die Produktivität zu steigern und die Anlagenverfügbarkeit zu erhöhen.



Bild 4
Schwingungsdiagnose als Dienstleistung

Wälzlageraufbereitung

Bei der Wartung und Instandhaltung von Maschinen und Anlagen werden viele Wälzlager vorsorglich ausgemustert und durch neue ersetzt. Dieses Sicherheitsdenken versperrt in manchen Fällen den Blick für vorhandene Kosteneinsparungspotenziale. Fakt ist: Wiederaufbereitete Lager bringen meistens die gleiche Leistung wie neue.

Die Aufbereitung von Wälzlagern und Wälzlagereinheiten ist eine der Kernkompetenzen des Servicebereichs der Schaeffler Gruppe Industrie, die an mehreren zertifizierten Standorten weltweit angeboten wird. Die Dienstleistungen für Wälzlager aller Bauformen sind herstellerneutral und nicht auf die Produkte der Schaeffler Gruppe beschränkt.

Die Schaeffler Gruppe ist in der Lage, Wälzlager mit einem Außendurchmesser von bis zu 4 250 mm aufzubereiten und zu modifizieren, *Bild 5*. Hiermit ist sie kompetenter Partner für Kunden aus den verschiedensten Industriezweigen, wie dem allgemeinen und Sondermaschinenbau, Stahl und Aluminium, Papier und Zellstoff, Windenergie, Schiffsbau, dem privaten und staatlichen Schienenverkehr und Bergbau. Die Wälzlageraufbereitung hat sich auch für Großlager in Werkzeugmaschinen bewährt.

- ① Vorher:
Rollen und Laufbahn
mit Korrosionsspuren und
Fremdkörpereindrücken
- ② Nachher:
Nachgeschliffene Laufbahn,
neue Rollen mit angepasstem Übermaß

Bild 5
Rollen und Laufbahn



Geräte und Dienstleistungen für die Montage und Wartung von Wälzlagern

Abmessungen Es können Wälzlager mit einem Außendurchmesser D von bis zu 4 250 mm aufbereitet und modifiziert werden.

Lager und Lagereinheiten werden in drei Durchmessergruppen aufgeteilt:

- $D < 425 \text{ mm}$
- $425 \text{ mm} < D < 1250 \text{ mm}$
- $1250 \text{ mm} < D < 4250 \text{ mm}$.

Für die Aufbereitung oder Modifikation anderer Lager bitte bei der Schaeffler Gruppe anfragen.

Aufbereitungsstufen Es gibt vier Aufbereitungsstufen von Level I bis Level IV, siehe Tabelle.

Level I bis Level IV

Arbeitsschritte	Level			
	I	II	III	IV
Passungsrost entfernen	■	■	■	■
Laufbahnen polieren	–	■	–	–
Laufbahnen nachschleifen	–	–	■	■
Wälzkörper fertigen	–	–	■	■
Käfig ersetzen	–	–	■	■
Wälzlagerringe ersetzen oder umarbeiten	–	–	–	■
Zusammenbauen	■	■	■	■
Konservieren oder befetten	■	■	■	■
Verpacken	■	■	■	■
Versenden	■	■	■	■

Weitere Informationen Weitere Informationen zur Aufbereitung von Wälzlagern siehe Technische Produktinformation TPI 207, Aufbereitung von Wälzlagern.

Adressen

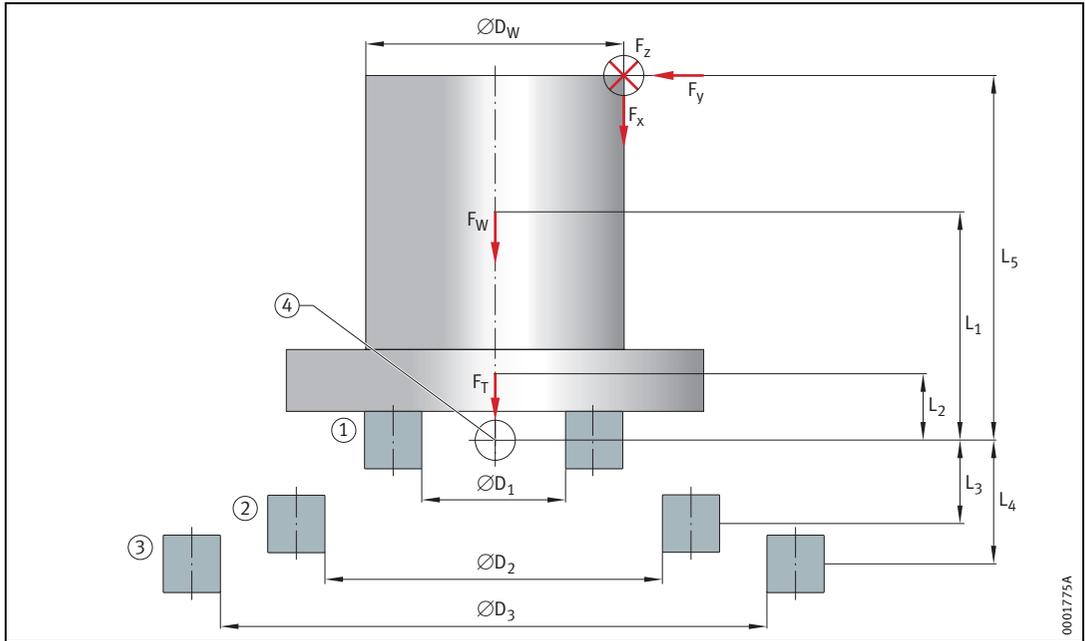
Deutschland Schaeffler Technologies
AG & Co. KG
Industriestraße 1 – 3
91074 Herzogenaurach
Tel. +49 91 32 / 82 0
Fax +49 91 32 / 82 49 50
info.werkzeugmaschinen@schaeffler.com

Schaeffler Technologies
AG & Co. KG
Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Tel. +49 97 21 / 91 0
Fax +49 97 21 / 91 34 35
info.werkzeugmaschinen@schaeffler.com

Österreich Schaeffler Austria GmbH
Ferdinand-Pözl-Straße 2
2560 Berndorf-St. Veit
Tel. +43 2672 / 202 0
Fax +43 2672 / 202 10 03
info.werkzeugmaschinen@schaeffler.com

Schweiz HYDREL GmbH
Badstrasse 14
8590 Romanshorn
Tel. +41 71 / 4 66 66 66
Fax +41 71 / 4 66 63 33
info.werkzeugmaschinen@schaeffler.com





- ①, ②, ③ Lager 1, 2 oder 3
- ④ 0-Punkt, Mitte erstes Lager

Lastfall	Zeitanteil %	Drehzahl n min^{-1}	Werkstück			Bearbeitungskräfte			
			Außendurchmesser $\varnothing D_W$ mm	Gewichtskraft		Kräfte			Kragarm L_5 mm
				F_W kN	L_1 mm	F_x kN	F_y kN	F_z kN	
1									
2									
3									
4									
5									

Lastfall	Tisch			Lagerlösungen				
	Außendurchmesser $\varnothing D_T$ mm	Gewichtskraft		Wellendurchmesser			Abstand	
		F_T kN	L_2 mm	$\varnothing D_1$ mm	$\varnothing D_2$ mm	$\varnothing D_3$ mm	L_3 mm	L_4 mm
1								
2								
3								
4								
5								

Notizen



Notizen



Notizen



**Schaeffler Technologies
AG & Co. KG**

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

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9132 82-0
Telefax +49 9132 82-4950

FAG

**Schaeffler Technologies
AG & Co. KG**

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

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9721 91-0
Telefax +49 9721 91-3435



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: 2013, April

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

TPI 205 D-D