

SKF Hochgenauigkeitslager  
der Reihe „Super-precision  
bearings“

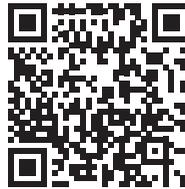


## SKF Apps

Die SKF Apps sind im Apple App Store und bei Google Play erhältlich. Die Apps bieten zahlreiche hilfreiche Informationen. Sie erlauben die Durchführung eigener Berechnungen und erlauben Nutzern, direkt vom SKF Knowledge Engineering zu profitieren.



*Apple App Store*



*Google Play*

© SKF, BeyondZero, KMT und KMTA sind eingetragene Marken der SKF Gruppe.

™ NitroMax ist eine Marke der SKF Gruppe.

Apple ist eine Marke von Apple Inc., eingetragen in den USA und anderen Ländern.

Google Play ist eine Marke von Google Inc.

© SKF Gruppe 2014

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Genehmigung gestattet. Die Angaben in dieser Druckschrift wurden mit größter Sorgfalt auf ihre Richtigkeit hin überprüft. Trotzdem kann keine Haftung für Verluste oder Schäden irgendwelcher Art übernommen werden, die sich mittelbar oder unmittelbar aus der Verwendung der hier enthaltenen Informationen ergeben.

**PUB BU/P1 13383/1 DE** · Juli 2014

Diese Druckschrift ersetzt die Druckschrift 6002.

Einige Aufnahmen mit freundlicher Genehmigung von Shutterstock.com.

Entwurf von Lagerungen – Grundlagen

1

Schrägkugellager

2

Zylinderrollenlager

3

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

4

Axial-Radial-Zylinderrollenlager

5

Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe

6

Präzisions-Wellenmuttern

7

Messgeräte

8

Verzeichnisse

9

# Inhalt

Das ist SKF .....	6
SKF – Kompetenz für Bewegungstechnik .....	8
Umrechnungstabellen .....	10
Vorwort .....	11
<b>1 Entwurf von Lagerungen – Grundlagen .....</b>	<b>19</b>
Auswahl von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ .....	20
Lagerarten .....	21
Hauptkriterien für die Auswahl .....	23
Lebensdauer und Tragfähigkeit .....	33
Dynamische Tragzahl und Lebensdauer .....	33
Zulässige statische Belastungen .....	36
Reibung .....	37
Der Einfluss von Lagerluft und Vorspannung auf die Reibung .....	37
Der Einfluss des Schmierfettfüllgrades .....	37
Reibungsverhalten von Hybridlagern .....	37
Drehzahlen .....	38
Zulässige Drehzahlen .....	39
Erreichbare Drehzahlen .....	44
Erreichbare Drehzahlen für typische Spindellagersysteme .....	44
Lagerdaten – allgemein .....	46
Hauptabmessungen .....	46
Toleranzen .....	47
Vorspannung und Lagerluft .....	50
Werkstoff .....	51
Gestaltung der Lagerungen .....	57
Lageranordnungen .....	57
Systemsteifigkeit .....	66
Radiale Befestigung der Lager .....	70
Axiale Befestigung der Lager .....	78
Vorkehrungen für den Ein- und Ausbau .....	88
Lagervorspannung .....	90
Abgedichtete Lager .....	95
Schmierung .....	99
Fettschmierung .....	99
Ölschmierung .....	113
Lagerung von Schmierstoffen .....	122

Montagehinweise . . . . .	123
Anforderungen an den Arbeitsplatz . . . . .	123
Verfahren und Werkzeuge . . . . .	123
Einbauempfehlungen . . . . .	123
Probelauf . . . . .	124
Ausbau . . . . .	124
Wiederverwendung von Lagern . . . . .	124
SKF Spindelservice . . . . .	125
Aufbewahren von Lagern . . . . .	125
<b>2 Schrägkugellager . . . . .</b>	<b>127</b>
Sortiment . . . . .	128
Lagerreihen und Ausführungsvarianten . . . . .	128
Gestaltung der Lagerung . . . . .	141
Kennzeichnung von Lagern und Lagersätzen . . . . .	145
Lagerdaten . . . . .	146
Vorspannung . . . . .	151
Axiale Steifigkeit . . . . .	173
Befestigung von Lagerringen . . . . .	183
Tragfähigkeit von Lagersätzen . . . . .	189
Äquivalente Lagerbelastungen . . . . .	190
Erreichbare Drehzahlen . . . . .	192
Montage . . . . .	194
Bezeichnungsschema . . . . .	196
<b>Produkttabellen</b>	
2.1 Schrägkugellager . . . . .	198
<b>3 Zylinderrollenlager . . . . .</b>	<b>263</b>
Lagerreihen und Ausführungsvarianten . . . . .	264
Lagerdaten . . . . .	269
Radialluft bzw. Vorspannung in eingebauten Lagern . . . . .	275
Radiale Steifigkeit . . . . .	275
Äquivalente Lagerbelastungen . . . . .	277
Erreichbare Drehzahlen . . . . .	277
Gestaltung der Lagerungen . . . . .	278
Montage . . . . .	280
Bezeichnungsschema . . . . .	286
<b>Produkttabellen</b>	
3.1 Einreihige Zylinderrollenlager . . . . .	288
3.2 Zweireihige Zylinderrollenlager . . . . .	294
<b>4 Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager . . . . .</b>	<b>301</b>
Lagerreihen und Ausführungsvarianten . . . . .	302
Kennzeichnung von Lagern . . . . .	305
Lagerdaten . . . . .	306
Vorspannung . . . . .	308
Axiale Steifigkeit . . . . .	309
Äquivalente Lagerbelastungen . . . . .	310
Erreichbare Drehzahlen . . . . .	310
Montage . . . . .	310
Bezeichnungsschema . . . . .	311
<b>Produkttabellen</b>	
4.1 Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager . . . . .	312

<b>5 Axial-Radial-Zylinderrollenlager</b> .....	<b>319</b>
Lagerreihen und Ausführungsvarianten .....	320
Lagerdaten .....	321
Vorspannung und Steifigkeit .....	322
Reibung .....	322
Schmierung .....	324
Gestaltung der Lagerungen .....	324
Tragfähigkeit .....	327
Äquivalente Lagerbelastungen .....	327
Zulässige Momentbelastung .....	328
Montage .....	330
Bezeichnungsschema .....	333
<b>Produkttabellen</b>	
5.1 Axial-Radial-Zylinderrollenlager .....	334
<b>6 Axial-Schräggugellager für Gewindetribe</b> .....	<b>337</b>
Lagerreihen und Ausführungsvarianten .....	338
Gestaltung der Lagerung .....	346
Kennzeichnung von Lagern .....	352
Lagerdaten .....	353
Lagervorspannung .....	355
Axiale Steifigkeit .....	358
Reibungsmoment .....	360
Abhebekraft .....	360
Tragfähigkeit von Lagersätzen .....	361
Äquivalente Lagerbelastungen .....	361
Axiale Belastbarkeit .....	362
Montage .....	362
Erreichbare Drehzahlen .....	363
Bezeichnungsschema .....	364
<b>Produkttabellen</b>	
6.1 Einseitig wirkende Axial-Schräggugellager .....	366
6.2 Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager .....	368
6.3 Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager zum Anflanschen .....	370
6.4 Kartuschen mit Flanschlagergehäuse .....	372
<b>7 Präzisions-Wellenmütern</b> .....	<b>375</b>
Ausführungen .....	376
Produktdaten .....	378
Ein- und Ausbau .....	379
Bezeichnungsschema .....	381
Bezeichnungsschema .....	382
<b>Produkttabellen</b>	
7.1 KMT Präzisions-Wellenmütern .....	384
7.2 KMTA Präzisions-Wellenmütern .....	386
7.3 KMD Präzisions-Wellenmütern mit Spannschrauben .....	388

<b>8 Messgeräte</b> .....	<b>391</b>
Kegellehrringe der Reihe GRA 30 .....	393
<b>Produkttabellen</b>	
8.1 Kegellehrringe der Reihe GRA 30 .....	394
Kegelmessgeräte der Reihe DMB .....	396
<b>Produkttabellen</b>	
8.2 Kegelmessgeräte der Reihe DMB .....	398
Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 .....	400
<b>Produkttabellen</b>	
8.3 Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 für Zylinderrollenlager .....	402
Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49 .....	404
<b>Produkttabellen</b>	
8.4 Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49 für Zylinderrollenlager .....	406
<b>9 Verzeichnisse</b> .....	<b>408</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>409</b>
<b>Produktverzeichnis</b> .....	<b>420</b>

# Das ist SKF

SKF entwickelte sich aus einer einfachen, aber gut durchdachten Lösung für ein Fluchtungsfehlerproblem in einer schwedischen Textilfabrik und 15 Mitarbeitern im Jahre 1907, zu einer weltweit führenden Unternehmensgruppe für Bewegungstechnik. Mit den Jahren haben wir unser umfassendes Wälzlagerwissen auf die Kompetenzbereiche Dichtungen, Mechatronik-Bauteile, Schmiersysteme und Dienstleistungen erweitert. Unser Netzwerk qualifizierter Experten umfasst 46 000 Mitarbeiter, 15 000 Vertriebspartner, Niederlassungen in mehr als 130 Ländern und eine wachsende Zahl an SKF Solution Factory Standorten weltweit.

## Forschung und Entwicklung

Wir verfügen über fundiertes Praxiswissen aus mehr als vierzig Industriebranchen, das SKF Mitarbeiter vor Ort bei unseren Kunden sammeln konnten. Wir arbeiten Hand in Hand mit weltweit führenden Experten und Partner-Universitäten, die Grundlagenforschung und Entwicklungsarbeit in den Fachgebieten Tribologie,



Zustandsüberwachung, Anlagenmanagement und theoretische Lagergebrauchsdauer leisten. Kontinuierliche Investitionen in Forschung und Entwicklung unterstützen unsere Kunden dabei, ihre marktführende Stellung in den jeweiligen Branchen zu halten.



*In einer SKF Solution Factory stellt SKF ihren Kunden vor Ort Fachwissen und Fertigungskompetenz für maßgeschneiderte Lösungen und Dienstleistungen zur Verfügung.*

## Wir stellen uns auch den schwierigsten Herausforderungen

Mit der richtigen Mischung aus fachlichem Know-how und wertvoller Erfahrung sowie einer eingehenden Kenntnis, wie sich unsere Kerntechnologien erfolgreich kombinieren lassen, entwickeln wir innovative Lösungen, die auch anspruchsvollsten Herausforderungen gerecht werden. Wir arbeiten eng mit unseren Kunden über die gesamten Maschinen- und Anlagenzyklen zusammen und verhelfen ihnen so zu einem rentablen und nachhaltigen Wachstum.



## Wir arbeiten für eine nachhaltige Zukunft

Seit 2005 arbeitet SKF mit Nachdruck daran, die Belastung der Umwelt durch die eigenen Fertigungs- und Vertriebsaktivitäten zu reduzieren. Dies betrifft auch die Aktivitäten unserer Zulieferer. Mit dem neuen SKF BeyondZero Portfolio an Produkten und Dienstleistungen lassen sich die Energieeffizienz steigern, Energieverluste reduzieren und neue Technologien für die Nutzung von Wind-, Sonnen- und Gezeitenenergie entwickeln. Durch diese kombinierte Vorgehensweise reduzieren wir nicht nur die negativen Umweltauswirkungen unserer eigenen Aktivitäten, sondern auch die unserer Kunden.

*In Zusammenarbeit mit den SKF IT- und Logistiksystemen sowie den Anwendungsexperten bieten SKF Vertragshändler ihren Kunden weltweit ein leistungsstarkes Mix aus Produkt- und Anwendungswissen an.*



# SKF – Kompetenz für Bewegungstechnik

## Unser Wissen – Ihr Erfolg

*SKF Lifecycle-Management ist die Art und Weise, wie wir unsere Technologieplattformen und Dienstleistungen integrieren und sie auf jeder Stufe im Lebenszyklus einer Maschine anwenden, damit unsere Kunden erfolgreicher, nachhaltiger und profitabler arbeiten können.*



### **Wir arbeiten intensiv mit unseren Kunden zusammen**

Mit SKF Produkten und Dienstleistungen können unsere Kunden ihre Produktivität steigern, Instandhaltungsarbeiten minimieren, eine höhere Energie- und Ressourceneffizienz erzielen und die Gebrauchsdauer und Zuverlässigkeit ihrer Maschinenkonstruktionen optimieren.

### **Innovative Lösungen**

Ganz gleich, ob Linear- oder Drehbewegung oder beides kombiniert, SKF Ingenieure unterstützen Sie während jeder Lebenszyklusphase der Maschine bei der Verbesserung der Leistung. Dieser Ansatz ist nicht auf Einzelkompo-

nenten wie Lager oder Dichtungen beschränkt. Er bezieht sich auf die Gesamtanwendung und das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten.

### **Optimierung und Überprüfung der Ausführung**

SKF optimiert gemeinsam mit Ihnen bestehende oder neue Konstruktionsentwürfe. Dabei verwenden wir eine eigene 3D-Simulationssoftware als virtuellen Prüfstand für die Funktionseignung des Designs.



### **Lager und Lagereinheiten**

*SKF ist ein weltweiter Marktführer bei der Konstruktion, Entwicklung und Fertigung von Hochleistungslagern, Gelenklagern, Lagereinheiten und Gehäusen.*



### **Instandhaltung von Maschinen und Anlagen**

*SKF Zustandsüberwachungssysteme und der SKF Instandhaltungsservice unterstützen Sie dabei, ungeplante Stillstandszeiten auf ein Minimum zu reduzieren, Ihre Betriebseffizienz zu verbessern und die Wartungskosten zu senken.*



### **Dichtungslösungen**

*SKF bietet Standarddichtungen sowie kundenspezifische Dichtungslösungen an. Das Ergebnis sind längere Betriebszeiten, eine höhere Maschinenzuverlässigkeit, geringere Reibungs- und Leistungsverluste und eine verlängerte Schmierstoff-Gebrauchsdauer.*



### **Mechatronik-Bauteile**

*SKF Fly-by-Wire-Systeme für Verkehrsflugzeuge und SKF Drive-by-Wire-Systeme für Offroadfahrzeuge, Landmaschinen und Gabelstapler ersetzen schwere mechanische oder hydraulische Systeme mit hohem Fett- oder Ölverbrauch.*



### **Schmierungs-lösungen**

*Von Spezialschmierstoffen bis hin zu modernsten Schmiersystemen und Schmiermanagement-Dienstleistungen helfen Ihnen SKF Lösungen, schmierungsbedingte Stillstandszeiten sowie den Verbrauch teurer Schmierstoffe zu reduzieren.*



### **Antriebs- und Bewegungssteuerung**

*Dank des umfangreichen Produktangebots von Aktuatoren und Kugelgewindetrieben bis hin zu Profilschienenführungen finden SKF Experten gemeinsam mit Ihnen passende Lösungen selbst für anspruchsvollste Linearführungen.*

# Umrechnungstabellen

## Umrechnung angelsächsischer Einheiten in metrische SI Einheiten

Größe	Einheit	Umrechnung			
<b>Länge</b>	Zoll	1 mm	0.03937 in.	1 in.	25,40 mm
	Fuß	1 m	3.281 ft.	1 ft.	0,3048 m
	Yard	1 m	1.094 yd.	1 yd.	0,9144 m
	Meile	1 km	0.6214 mi.	1 mi.	1,609 km
<b>Fläche</b>	Quadratzoll	1 mm <sup>2</sup>	0.00155 sq-in	1 sq-in	645,16 mm <sup>2</sup>
	Quadratfuß	1 m <sup>2</sup>	10.76 sq-ft	1 sq-ft	0,0929 m <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	Kubikzoll	1 cm <sup>3</sup>	0.061 cu-in	1 cu-in	16,387 cm <sup>3</sup>
	Kubikfuß	1 m <sup>3</sup>	35 cu-ft	1 cu-ft	0,02832 m <sup>3</sup>
	Britische Gallone	1 l	0.22 Gallonen	1 Gallone	4,5461 l
	US Gallone	1 l	0.2642 US Gallonen	1 US Gallone	3,7854 l
<b>Drehzahl, Geschwindigkeit</b>	Fuß pro Sekunde	1 m/s	3.28 ft/s	1 ft/s	0,30480 m/s
	Meilen pro Stunde	1 km/h	0.6214 mph	1 mph	1,609 km/h
<b>Gewicht</b>	Unze	1 g	0.03527 oz	1 oz	28,350 g
	Pfund	1 kg	2.205 lb	1 lb	0,45359 kg
	US Tonne	1 Tonne	1.1023 US-Tonnen	1 short ton	0,90719 Tonnen
	Britische Tonne	1 Tonne	0.9842 Britische Tonnen	1 long ton	1,0161 Tonnen
<b>Dichte</b>	Pfund pro Kubikzoll	1 g/cm <sup>3</sup>	0.0361 lb/cu-in	1 lb/cu-in	27,680 g/cm <sup>3</sup>
<b>Kraft</b>	Pound-Force	1 N	0.225 lbf	1 lbf	4,4482 N
<b>Druck, Spannung</b>	Pfund pro Quadratzoll	1 MPa	145 psi	1 psi	6,8948 × 10 <sup>3</sup> Pa
		1 N/mm <sup>2</sup>	145 psi		
		1 bar	14.5 psi	1 psi	0,068948 bar
<b>Moment</b>	Pound-Force pro Zoll	1 Nm	8.85 lbf-in	1 lbf-in	0,113 Nm
<b>Leistung</b>	Foot-Pound pro Sekunde	1 W	0.7376 ft-lbf/s	1 ft-lbf/s	1,3558 W
	PS	1 kW	1.36 PS	1 HP	0,736 kW
<b>Temperatur</b>	Grad	Celsius	$t_C = 0.555 (t_F - 32)$	Fahrenheit	$t_F = 1.8 t_C + 32$

# Vorwort

Dieser Katalog beschreibt das Standardsortiment an SKF Hochleistungslagern, die in gängigen Werkzeugmaschinenanwendungen zum Einsatz kommen. Die beschriebenen Produkte sind weltweit über die SKF Vertriebskanäle lieferbar. Auskünfte über die Lieferzeiten und Lieferbedingungen erteilen die SKF Ansprechpartner vor Ort und die Autorisierten SKF Vertragshändler.

Die Angaben in diesem Katalog basieren auf der technischen Ausführung und Fertigungskapazität von SKF, Stand 2013. Neuentwicklungen, technische Fortschritte oder geänderte Berechnungsverfahren können dazu führen, dass die Angaben in diesem Katalog von früheren Angaben abweichen. SKF behält sich das Recht vor, kontinuierliche (teilweise durch den technischen Fortschritt ermöglichte) Verbesserungen bei den Werkstoffen, Konstruktionen und Fertigungsverfahren vorzunehmen.

## Erste Schritte

Dieser Katalog ist in neun Hauptkapitel unterteilt, die durch blaue Registerreiter am rechten Rand markiert sind:

- Kapitel 1 enthält technische und Anwendungsempfehlungen,
- während in den Kapiteln 2 bis 6 die unterschiedlichen Lagerbauformen beschrieben werden. Jedes Kapitel enthält Beschreibungen der Produkte sowie Produkttabellen mit Angaben zur Lagerauswahl und Empfehlungen für Lageranordnungen.
- Kapitel 7 informiert über Präzisionswellenmuttern
- und Kapitel 8 über spezielle Prüfvorrichtungen.
- Die Verzeichnisse in Kapitel 9 erlauben den schnellen Zugriff auf Informationen zu einem bestimmten Produkt oder Thema.

## Aktuelle Entwicklungen

Im Vergleich zum vorherigen Katalog wurde nahezu jedes Lager neu konstruiert, um die wachsenden Anwendungsanforderungen zu erfüllen. Das Sortiment wurde um zahlreiche Größen und Ausführungen ergänzt. Zu den wichtigsten Aktualisierungen des Inhalts gehören:

### Mehr Größen bei Schrägkugellagern

Erstmals sind Schrägkugellager der Maßreihe 18 enthalten. In den anderen Maßreihen kamen an beiden Enden des Größenbereichs mehrere Größen hinzu. Der aktuelle Katalog enthält etwa dreimal so viele abgedichtete Lager wie die vorherige Ausgabe; außerdem wurde das Angebot der Hybridlager erweitert.



*Neue Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Maßreihe 18*

## Vorwort

### Mehr Ausführungen bei Schrägkugellagern

Schrägkugellager bieten eine größere Auswahl:

- Ausführungen für die direkte Öl-Luft-Schmierung
- größere Auswahl bei den Vorspannungsklassen
- Lager mit Keramikugeln und Ringen aus NitroMax-Stahl



*Lager mit Keramikugeln und Ringen aus NitroMax-Stahl*

### Neue Reihe mit zweiseitig wirkenden

#### Axialschrägkugellagern

Die frühere Lagerreihe 2344(00) wurde durch die neue Reihe BTW ersetzt. Lager der Reihe BTW nehmen bei weniger Reibung höhere Drehzahlen auf, haben ein geringeres Gewicht und sind einfacher zu montieren.

### Axial-Radial-Zylinderrollenlager

Neu im Katalog sind Axial-Radial-Zylinderrollenlager. Diese Lager werden häufig für Drehtische und für Teilapparate bzw. Mehrspindelbohrköpfe von Bearbeitungszentren eingesetzt.

### Lager mit PEEK-Käfigen

Mit Käfigen aus verstärktem PEEK können Lager höhere Drehzahlen aufnehmen und leiser laufen. Viele weitere Schrägkugellager und Zylinderrollenlager sind mit Käfigen aus diesem Werkstoff erhältlich.



*Die Lager der Reihe BTW ersetzen die frühere Reihe 2344(00)*



*Axial-Radial-Zylinderrollenlager*



*PEEK-Käfige ermöglichen höhere Drehzahlen und einen geräuschärmeren Lauf*



### Weitere SKF Produkte und Dienstleistungen

Über den Inhalt dieses Katalogs hinaus bietet SKF zahlreiche Produkte, Dienstleistungen und Lösungen an, die bei Verwendung von SKF Hochleistungslagern ggf. erforderlich sind. Informationen über diese Produkte sind auf [skf.com](http://skf.com) zu finden bzw. bei SKF anzufragen. Das Angebot enthält:

#### Schmiersysteme

Das SKF Angebot umfasst eine Reihe automatischer Schmiersysteme, die jeweils eine Vielzahl von Vorteilen bieten, angefangen bei einer optimierten Fertigung und geringeren Betriebs- und Wartungskosten bis hin zu einem gesünderen und umweltfreundlicheren Arbeitsplatz. SKF bietet Spindelschmiersysteme für die meisten Drehzahlbereiche sowie kundenspezifische Mehrpunktschmierlösungen für Linearführungen, Gewindetriebe, Lager und Hilfsausrüstungen an. Darüber hinaus stehen für Bearbeitungsprozesse automatische Minimalmengenschmiersysteme zur Verfügung, die eine höhere Umweltverträglichkeit und gesündere Arbeitsumgebungen gewährleisten.

#### Kühlmittelpumpen

Die platzsparenden SKF Kreisel- und Schraubenspindelpumpen stellen durch ihre Konstruktion eine zuverlässige, effiziente Versorgung spezieller Werkzeugmaschinen mit Kühlflüssigkeit sicher. Aufgrund der Tauchinstallation arbeiten die meisten dieser Pumpen ohne Dichtungen, wodurch der Instandhaltungsaufwand und somit auch die Betriebs- und Wartungskosten reduziert werden. Die Pumpen sind in zahlreichen Ausführungen für verschiedene Medien, Durchflussmengen und Betriebsdrücke erhältlich und können mit speziellen serienmäßigen Antriebsoptionen und elektrischen Anschlüssen geliefert werden.



*Schmiersystem*



*Kühlmittelpumpen*

## Linear Motion Techniken

SKF kombiniert ihr Know-how in den Bereichen Lineare Bewegungstechnik, Lager, Dichtungslösungen, Schmierstoffe und Schmier-systeme mit Best Practices und kann dadurch Lösungen für Linearantriebe und -führungssysteme anbieten, darunter Profilschienen-, Präzisionsschienen- und Schwalbenschwanzführungen, lineare Standardführungen und Linearkugellager. Bei all diesen Lösungen stehen einfache Wartung und hohe Zuverlässigkeit im Vordergrund.

Die Linearantriebe vieler Werkzeugmaschinenachsen haben Kugel- oder Rollengewindetriebe. SKF Kugel- und Rollengewindetriebe ermöglichen schnelle und präzise Linearbewegungen, sogar unter hohen Belastungen.

An Maschinenachsen montierte Rollengewindetriebe bieten unschätzbare Vorteile in Form von schneller Beschleunigung, hoher Lineargeschwindigkeit und hoher Tragfähigkeit in Kombination mit hoher axialer Steifigkeit. Planetenrollengewindetriebe ohne Rollenrückführung und ohne Reibung zwischen den Wälzkörpern bieten eine höhere Genauigkeit, wenn die Werkzeugmaschinenachsen die Richtung ändern. Die einbaufertigen Einheiten werden zusammen mit einem Stützlager vormontiert auf der Welle geliefert, was Einbau und Ausrichtung erleichtert.

## Individuelle Dichtungslösungen

Durch die jahrzehntelange Erfahrung in der Fertigung von Dichtungen und das umfassende Wissen in Sachen moderner Werkstoffe ist SKF ein führender Anbieter von serienmäßigen und individuellen Dichtungslösungen. Dazu gehören Komplettlösungen mit Dichtungen und hochentwickelten Kunststoffteilen ebenso wie eingepasste Dichtungen für Großaufträge und Hochleistungsdichtungen für Hydraulik- und Pneumatikanwendungen wie etwa Druckzylinder, Ventile oder Spannvorrichtungen, und für Anwendungen mit Drehbewegungen wie etwa Drehverteiler, -gelenke und Rundschalttische.

Dank flexibler Fertigungsprozesse profitieren Kunden von kurzen Lieferzeiten und pünktlichen Lieferungen bei Standard- und individuellen Dichtungssystemen. Unterschiedlichste Hochleistungs-Dichtungswerkstoffe – darunter hydrolysebeständige und/oder selbstschmierende Polyurethane, Fluorkohlenstoff-Kautschuke sowie verschiedene PTFE-Verbundstoffe – bieten eine hohe Verschleißfestigkeit, lange



Linear Motion Techniken



Dichtungen

## Vorwort

Gebrauchsdauer und chemische Kompatibilität mit mehreren Werkzeugmaschinenflüssigkeiten. Darüber hinaus unterstützt SKF ihre Kunden mit Lösungsanalysen und technischer Beratung vor Ort.

### Spindel-Zustandsüberwachung

Die Überwachung des Spindelzustands ist unerlässlich, um Störungen des Bearbeitungsprozesses und ungeplante Produktionsunterbrechungen zu vermeiden. SKF bietet ein komplettes Sortiment an Zustandsüberwachungsprodukten an, von tragbaren Datensammlern und Analytoren bis hin zu Online-Überwachungs- und Schutzsystemen, die einen zuverlässigen Einblick in den Maschinenzustand einschließlich Lagern, Unwuchten und Schmierung gewährleisten.

Diese Systeme verbessern die Betriebseffizienz und senken die Kosten, da ungeplante Stillstände entfallen und die Bediener die Werkzeugmaschinen entsprechend ihrem Zustand instandhalten und nicht nach vorgegebenen Zeitplänen. Zur Abstimmung der korrektiven Maßnahmen lässt sich die Datenauswertung direkt in die Anlagensteuerung integrieren. Das SKF Spindle Assessment Kit ist beispielsweise eine Komplettlösung für die zuverlässige und einfache Zustandsüberwachung. Das Kit umfasst: SKF Microlog Advisor Pro, Beschleunigungssensor, Lasertachometer, Messuhr mit Ständer, Riemenspannungsprüfgerät und Software-Paket. SKF unterstützt die Kunden bei der Einrichtung von Messpunkten an den Werkzeugmaschinen spindeln und bietet zudem als Teil eines Servicevertrags einen Beratungsdienst an.

### SKF Berechnungshilfsmittel

Der SKF Spindel Simulator ist eine umfassende Simulationssoftware für die Analyse von Spindel-Anwendungen. Er basiert auf der SKF Simulatorplattform und nutzt die gleiche fortschrittliche Technologie. Bei der Entwicklung wurde besonders auf die Bedienerfreundlichkeit geachtet.

Die Software simuliert die Auswirkungen der anwenderdefinierten Drehzahl und Temperaturverteilung auf Lagerwelle und Gehäusepassung sowie Vorspannung. Zudem bestimmt sie für jeden beliebigen Zeitpunkt die Auswirkungen externer Belastungen auf Welle und Lager und liefert hochpräzise Informationen über sämtliche Wälzkörperkontakte aller Lager.

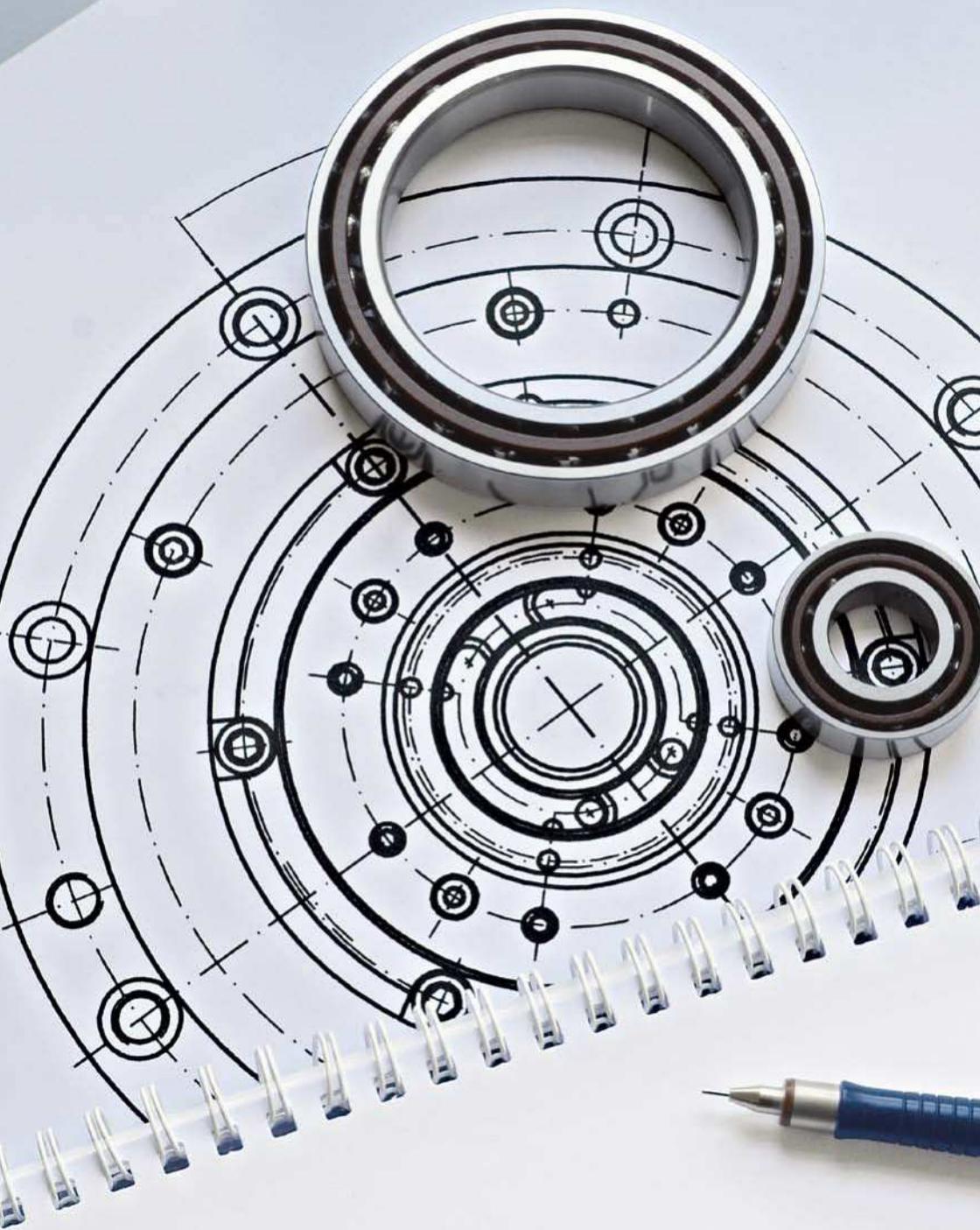


Spindel-Zustandsüberwachung



SKF Spindel Simulator

Der Simulator kennt die aktuellen Details der SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ und kann daher auch Spindelabweichungen berechnen, in denen diese Lager zum Einsatz kommen.



# Entwurf von Lagerungen – Grundlagen

<b>Auswahl von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“</b> . . . . .	<b>20</b>	<b>Gestaltung der Lagerungen</b> . . . . .	<b>57</b>
Lagerarten . . . . .	21	Lageranordnungen . . . . .	57
Hauptkriterien für die Auswahl . . . . .	23	Systemsteifigkeit . . . . .	66
<b>Lebensdauer und Tragfähigkeit</b> . . . . .	<b>33</b>	Lagersteifigkeit . . . . .	68
Dynamische Tragzahl und Lebensdauer . . . . .	33	Radiale Befestigung der Lager . . . . .	70
Dynamische Tragzahl . . . . .	33	Empfohlene Wellen- und Gehäusepassungen . . . . .	70
Äquivalente dynamische Lagerbelastung . . . . .	33	Genauigkeit von Lagersitzen und Anlageflächen . . . . .	75
Nominelle Lebensdauer . . . . .	34	Axiale Befestigung der Lager . . . . .	78
Lebensdauer von Hybridlagern . . . . .	34	Befestigungsverfahren . . . . .	78
Erforderliche Mindestbelastung . . . . .	34	Stufenhülsen . . . . .	80
Lebensdauerberechnung bei veränderlichen Betriebsbedingungen . . . . .	35	Vorkehrungen für den Ein- und Ausbau . . . . .	88
Zulässige statische Belastungen . . . . .	36	Lagervorspannung . . . . .	90
Statische Tragzahl . . . . .	36	Abgedichtete Lager . . . . .	95
Äquivalente statische Lagerbelastung . . . . .	36	Äußere Dichtungen . . . . .	95
Erforderliche statische Tragzahl . . . . .	36	Dichtungen im Lager . . . . .	98
<b>Reibung</b> . . . . .	<b>37</b>	<b>Schmierung</b> . . . . .	<b>99</b>
Der Einfluss von Lagerluft und Vorspannung auf die Reibung . . . . .	37	Fettschmierung . . . . .	99
Der Einfluss des Schmierfettfüllgrades . . . . .	37	Ölschmierung . . . . .	113
Reibungsverhalten von Hybridlagern . . . . .	37	Lagerung von Schmierstoffen . . . . .	122
<b>Drehzahlen</b> . . . . .	<b>38</b>	<b>Montagehinweise</b> . . . . .	<b>123</b>
Zulässige Drehzahlen . . . . .	39	Anforderungen an den Arbeitsplatz . . . . .	123
Erreichbare Drehzahlen . . . . .	44	Verfahren und Werkzeuge . . . . .	123
Erreichbare Drehzahlen für typische Spindellagersysteme . . . . .	44	Einbauempfehlungen . . . . .	123
<b>Lagerdaten – allgemein</b> . . . . .	<b>46</b>	Probelauf . . . . .	124
Hauptabmessungen . . . . .	46	Ausbau . . . . .	124
Toleranzen . . . . .	47	Wiederverwendung von Lagern . . . . .	124
Vorspannung und Lagerluft . . . . .	50	SKF Spindelservice . . . . .	125
Werkstoff . . . . .	51	<b>Aufbewahren von Lagern</b> . . . . .	<b>125</b>
Werkstoffe für Lagerringe und Wälzkörper . . . . .	51		
Werkstoffe für Käfige . . . . .	55		
Werkstoffe für Dichtungen . . . . .	56		

## Auswahl von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“

Ein Wellensystem umfasst nicht nur die Lager als solche. Sie umfasst vielmehr auch die unmittelbar an sie anschließenden Bauteile, wie Welle und Gehäuse. Daneben sind noch die Schmierung und Abdichtung von ausschlaggebender Bedeutung. Um die Leistung eines Lagers voll ausnutzen zu können, muss es mit der richtigen Menge eines geeigneten Schmierstoffs geschmiert und wirksam gegen Korrosion geschützt sein. Auch wirksame Dichtungen sind von wesentlicher Bedeutung, denn sie halten den Schmierstoff in der Lagerung zurück und verhindern das Eindringen von Verunreinigungen. Dies ist besonders wichtig, da sich die Reinheit des Öls stark auf die Lagergebrauchsdauer auswirkt. Aus diesem Grund produziert und verkauft SKF ein breites Sortiment an Industriedichtungen und Schmiersystemen.

Bei der Wahl eines Lagers sind meist mehrere Einflussgrößen zu berücksichtigen:

- der verfügbare Einbauraum
- Größe und Richtung der Belastung
- Genauigkeit und Steifigkeit
- Drehzahl
- die Betriebstemperatur
- Schwingungen
- Verschmutzungsgrad
- Schmierstoffart und Schmierverfahren

Nach der Lagerwahl sind jedoch zusätzlich noch weitere Arbeitsschritte erforderlich:

- eine geeignete Form und Ausführung der anderen Komponenten der Lageranordnung
- Festlegung geeigneter Einbaupassungen und der erforderlichen Lagerluft bzw. Vorspannung
- Sicherungsvorrichtungen
- Auswahl geeigneter Dichtungen
- Ein- und Ausbaurverfahren

Beim Entwurf einer Lagerung wirkt sich jede einzelne Entscheidung auf die spätere Funktion, die Zuverlässigkeit und die Wirtschaftlichkeit des Wellensystems aus.

Als führender Hersteller von Lagern fertigt SKF ein breites Sortiment an Lagerarten, -reihen, -ausführungen, -varianten und -größen für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-Precision Bearings“. Die am häufigsten verwendeten Lager werden im Abschnitt *Lagerarten* vorgestellt.

Im Abschnitt *Lageranordnungen – Grundlagen für Auswahl und Anwendung* findet der Konstrukteur eines Lagerungssystems die erforderlichen Basisinformationen in der Reihenfolge, in der sie in der Regel benötigt werden. Verständlicherweise ist es nicht möglich, sämtliche Informationen so darzustellen, dass dadurch alle denkbaren Anwendungsfälle erfasst werden. An vielen Stellen wird deshalb auf den Technischen SKF Beratungsservice verwiesen. Dieser technische Beratungsservice kann komplexe Lagerungsrechnungen, Diagnosen und Problemanalysen durchführen und dadurch den Lagerauswahlprozess unterstützen. SKF empfiehlt allen Herstellern, die die Leistungsfähigkeit ihrer Produkte steigern wollen, diesen Service in Anspruch zu nehmen.

Die Angaben im Abschnitt *Lageranordnungen – Grundlagen für Auswahl und Anwendung* sind allgemeiner Art und gelten auch für die meisten Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-Precision Bearings“. Spezielle Angaben, die nur eine bestimmte Lagerart betreffen, sind in dem jeweiligen Produktkapitel zu finden.

Es ist zu beachten, dass viele der Werte in den Produkttabellen auf- oder abgerundete Werte sind.

## Lagerarten

Das umfangreiche SKF Sortiment an Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ ist für Werkzeugmaschinen-spindeln und andere Anwendungsfälle ausgelegt, in denen eine sehr hohe Laufgenauigkeit bei extrem hohen Drehzahlen gefordert ist. Jeder Lagertyp hat besondere Merkmale, die auf spezifische Betriebsbedingungen abgestimmt sind. Detaillierte Angaben zu den einzelnen Lagerarten sind den Produktkapiteln zu entnehmen.

### Schrägkugellager (→ Seite 127)

Hochleistungsausführung (D-Ausführung) (1)

Hochgeschwindigkeitsausführung (E-Ausführung) (2)

(E-Ausführung) (2)

Hochgeschwindigkeitsausführung (B-Ausführung) (3)

(B-Ausführung) (3)

von sämtlichen Ausführungen sind unterschiedliche Varianten erhältlich:

- für Einzellagerungen oder zusammengepasste Lagersätze
- für einzelne Universallager oder den satzweisen Einbau
- Lager mit Stahlkugeln oder Hybridlager
- offen oder mit Dichtungen (3)

### Zylinderrollenlager (→ Seite 263)

einreihig (Ausführung N)

- Grundausführung (4)
- Hochgeschwindigkeitssausführungen (5)
- Hybridlager

zweireihig (Ausführung NN) (6)

- Lager mit Stahlrollen
- Hybridlager

zweireihig (Ausführung NNU) (7)

### Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (→ Seite 301)

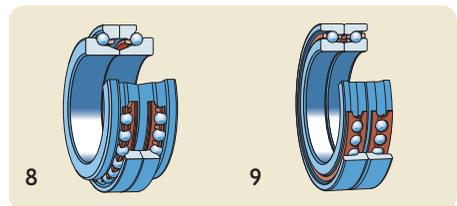
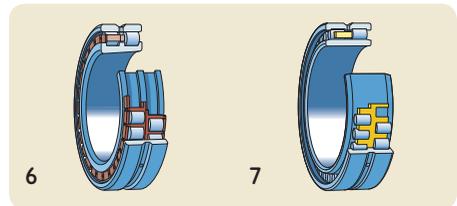
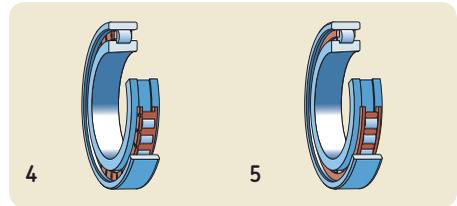
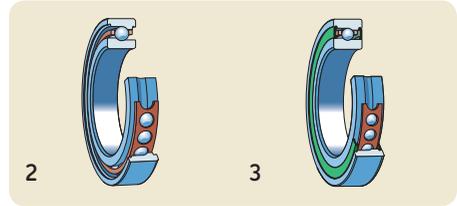
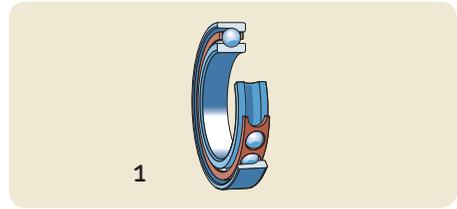
(→ Seite 301)

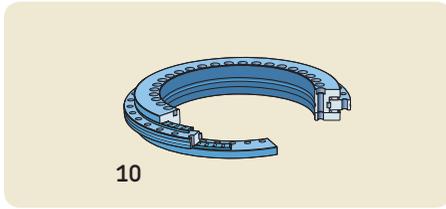
Grundausführung (Reihe BTW) (8)

- Lager mit Stahlkugeln
- Hybridlager

Hochgeschwindigkeitsausführung (Reihe BTM) (9)

- Lager mit Stahlkugeln
- Hybridlager

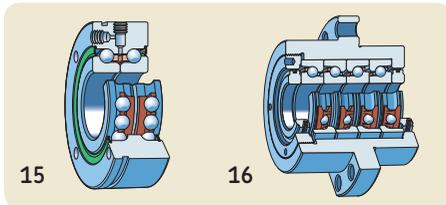
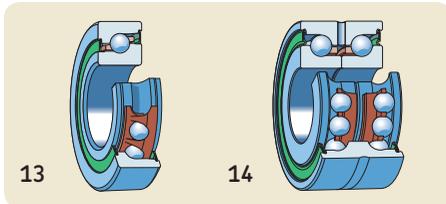
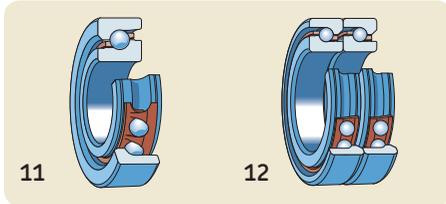




**Axial-Radial-Zylinderrollenlager** (→ Seite 319)  
Grundausführung (Reihe NRT) (**10**)

**Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebre**  
(→ Seite 337)

einseitig wirkend (Reihe BSA und BSD) (**11**),  
Universallager für den satzweisen Einbau (**12**)  
– Lager mit Dichtungen (**13**)  
zweiseitig wirkend mit Dichtungen (Reihe  
BEAS) (**14**)  
– zum Anflanschen (Reihe BEAM) (**15**)  
Kartuschen mit Flanschlagergehäuse (Reihe  
FBSA) (**16**)



## Käfige

Alle Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ in diesem Katalog sind mit Käfigen ausgerüstet. Für bestimmte Sonderanwendungen lassen sich jedoch (vollrollige) Lager ohne Käfig anfertigen. Die Hauptaufgaben eines Käfigs sind:

- die unmittelbare Berührung benachbarter Wälzkörper zu verhindern, was das Reibmoment und damit die Wärmeentwicklung im Lager verringert.
- den gleichmäßigen Abstand zwischen den Wälzkörpern über den gesamten Umfang sicherzustellen, um so eine gleichmäßige Lastverteilung sowie einen ruhigen Lauf zu gewährleisten.
- die Führung der Wälzkörper in der unbelasteten Zone zu gewährleisten, um bessere Wälzbedingungen zu schaffen und schädliche Gleitbewegungen zu verhindern.
- die Wälzkörper am Herausfallen zu hindern, wenn beim Ein- und Ausbau nicht selbsthaltender Lager der freie Lagerring von dem Lagerring mit Wälzkörpersatz abgezogen wird.

Käfige werden durch Reibungs-, Zug- und Trägheitskräfte mechanisch beansprucht. Dazu kommen noch Temperatur- und chemische Einwirkungen z. B. durch bestimmte Schmierstoffe, Schmierstoffzusätze oder deren Alterungsprodukte, durch organische Lösungsmittel oder Kühlmittel. Formgebung und Werkstoff des Käfigs sind daher beide von großer Bedeutung für die spätere Eignung eines Wälzlagers für einen bestimmten Anwendungsfall. Aus diesem Grund hat SKF ein Vielzahl von Käfigen aus verschiedenen Werkstoffen für die einzelnen Lagerarten und Betriebsbedingungen entwickelt.

In jedem Produktkapitel ist angegeben, mit welchem Standardkäfig und welchen Alternativkäfigen die Lager lieferbar sind. Als Standardkäfige gelten Käfigausführungen, die für die meisten Anwendungsfälle geeignet sind. Wenn ein Lager mit einem vom Standard abweichenden Käfig benötigt wird, ist vor der Bestellung die Liefermöglichkeit anzufragen.

## Hauptkriterien für die Auswahl

Bei Werkzeugmaschinen­spindeln und anderen Anwendungsfällen, in denen eine sehr hohe Laufgenauigkeit bei hohen Drehzahlen gefordert ist, kommt der Lagerauswahl eine entscheidende Bedeutung zu. Im SKF Sortiment an Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ finden Sie unterschiedliche Lagerarten, die jeweils auf andere anwendungsspezifische Anforderungen abgestimmt sind.

Da bei der Wahl von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ mehrere Faktoren berücksichtigt und gegeneinander abgewogen werden müssen, lassen sich hierfür keine allgemeingültigen Regeln aufstellen. Die folgenden Faktoren sind bei der Wahl von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ maßgebend:

- Genauigkeit (→ **Seite 20**)
- Steifigkeit (→ **Seite 26**)
- der verfügbare Einbauraum (→ **Seite 27**)
- Drehzahl (→ **Seite 28**)
- Belastungen (→ **Seite 30**)
- Axiale Verschiebbarkeit (→ **Seite 31**)
- Abdichtung (→ **Seite 32**)

Die Gesamtkosten der Systems und eine eventuell erforderliche Vorratshaltung sind ebenfalls bei der Lagerauswahl zu berücksichtigen.

Weitere, sehr wichtige Kriterien für den Entwurf einer Lagerung werden in den entsprechenden Kapiteln eingehend behandelt. Detaillierte Angaben über die einzelnen Lagerarten, ihre Eigenschaften und die verfügbaren Ausführungen sind den einzelnen Produktabschnitten zu entnehmen.

Bei außergewöhnlich hohen Anforderungen an Genauigkeit und Produktivität sollten Sie sich mit dem Technischen SKF Beratungsservice in Verbindung setzen. Für extrem anspruchsvolle Anwendungen bietet SKF Sonderausführungen, darunter:

- Hybridlager (→ **Seite 54**)
- Lager aus NitroMax-Stahl (→ **Seite 52**)
- beschichtete Lager

### Genauigkeit

Die Genauigkeit von Wälzlagern wird durch Toleranzklassen gekennzeichnet, in denen zulässige Werte für die Maß- und Laufgenauigkeit festgelegt sind. **Tabelle 1** vergleicht mehrere Toleranzklassen, die von SKF und mehreren Normen verwendet werden.

Die meisten SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ werden in den Toleranzklassen P4A, P4C und SP gefertigt. Die genormten und optionalen Toleranzklassen für

SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ sind in **Tabelle 2** angegeben.

Die einzelnen Produktabschnitte enthalten Angaben, mit welcher Genauigkeit die Lager jeweils gefertigt werden.

**Tabelle 1**

#### Vergleich der Toleranzklassen

SKF Toleranzklasse	Standard-Toleranzklassen gemäß verschiedener Normen			Maßgenauigkeit ISO <sup>1)</sup>	ANSI/ABMA <sup>2)</sup>	DIN <sup>3)</sup>
	Laufgenauigkeit ISO <sup>1)</sup>	ANSI/ABMA <sup>2)</sup>	DIN <sup>3)</sup>			
<b>P4A</b>	2 <sup>4)</sup>	ABEC 9 <sup>4)</sup>	P2 <sup>4)</sup>	4	ABEC 7	P4
<b>P4</b>	4	ABEC 7	P4	4	ABEC 7	P4
<b>P5</b>	5	ABEC 5	P5	5	ABEC 5	P5
<b>P2</b>	2	ABEC 9	P2	2	ABEC 9	P2
<b>PA9A</b>	2	ABEC 9	P2	2	ABEC 9	P2
<b>P4C</b>	4	ABEC 7	P4	4	ABEC 7	P4
<b>SP</b>	4	ABEC 7	P4	5	ABEC 5	P5
<b>UP<sup>5)</sup></b>	2	ABEC 9	P2	4	ABEC 7	P4

1) ISO 492 oder ISO 199

2) ANSI/ABMA Std. 20

3) DIN 620-2 oder DIN 620-3

4)  $d > 120 \text{ mm} \rightarrow$  ISO 4 oder besser, ABEC 7 oder besser, DIN P4 oder besser

5) Abhängig von der Lagergröße kann die Genauigkeit sogar noch besser sein.

**Tabelle 2**

#### Genormte und optionale Toleranzklassen für SKF Super-precision bearings

Lagerart	Standardtoleranzklasse	Optionale Toleranzklasse
Schräggugellager	P4A oder P4 <sup>1)</sup>	PA9A oder P2 <sup>1)</sup>
Zylinderrollenlager	SP	UP
Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager der Reihe BTW	SP	UP
Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager der Reihe BTM	P4C	–
Axial-Schräggugellager für Gewindetriebe	P4A	–
Axial-Radial-Zylinderrollenlager <sup>2)</sup>	–	–

1) Nur für die Reihe 718 D

2) Rundlauf mindestens P4, Planlauf nahe P4. Reduzierter Axial- und Radialschlag auf Anfrage.

### Laufgenauigkeit

Die Laufgenauigkeit einer Wellenanordnung hängt von der Genauigkeit aller Systemkomponenten ab. Der wichtigste Faktor ist dabei die Form- und Lagegenauigkeit der Laufbahnen.

Bei der Auswahl einer geeigneten Toleranzklasse für ein Lager ist meist der maximale Radial- oder Axialschlag (je nach Lagertyp) des Innenrings der entscheidende Faktor.

**Diagramm 1** vergleicht die relativen Radialschlag-Grenzwerte des Innenrings für unterschiedliche Toleranzklassen.

### Maßgenauigkeit

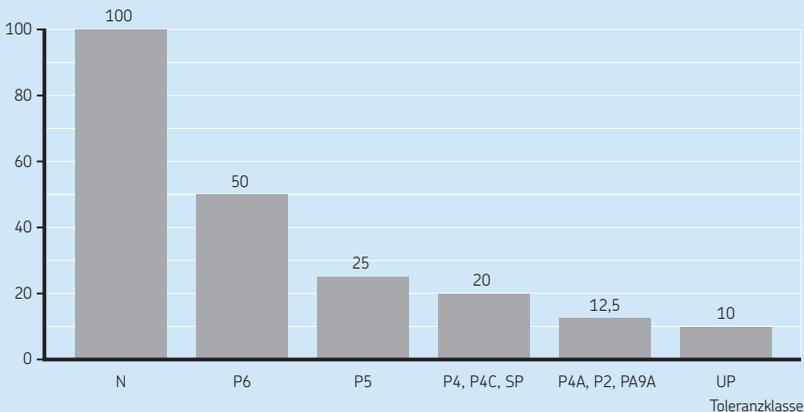
Die Genauigkeit der Hauptabmessungen eines Lagers und seiner Lagersitze ist für ihre Passgenauigkeit von großer Bedeutung. Die Passung zwischen Lagerinnenring und Welle bzw. Außenring und Gehäuse wirkt sich auf die Radialluft bzw. die Vorspannung des montierten Lagers aus.

Bei Zylinderrollenlagern mit kegeliger Bohrung sind geringfügig größere Dimensionsabweichungen zulässig als bei anderen Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“. Das liegt daran, dass die Lagerluft bzw. Vorspannung beim Einbau durch Verschieben des Innenrings auf den kegeligen Sitz eingestellt wird.

Diagramm 1

#### Relative Radialschlaggrenzen unterschiedlicher Toleranzklassen

Relativer Radialschlag des Innenrings [%]  
(Referenzbohrung = 70 mm)



### Steifigkeit

Bei Werkzeugmaschinen muss die Spindel extrem steif sein, da die elastische Verformung unter Last starke Auswirkungen auf die Produktivität und Genauigkeit der gesamten Einheit hat. Neben der Lagersteifigkeit beeinflussen weitere Faktoren wie Werkzeugüberstand und Anzahl und Position der Lager die Steifigkeit der Gesamtanwendung.

Folgende Faktoren beeinflussen die Lagersteifigkeit:

- **Art der Wälzkörper**

Rollenlager sind steifer als Kugellager. Keramik-Wälzkörper sind steifer als Wälzkörper aus Stahl.

- **Anzahl und Größe der Wälzkörper**

Bei einer größeren Anzahl von Wälzkörpern mit kleinerem Durchmesser wird die Steifigkeit erhöht.

- **Berührungswinkel**

Wenn Berührungswinkel und Lastwinkel ähnlich sind, erhöht sich die Steifigkeit.

- **Innere Konstruktion**

Eine enge Schmiegun g führt bei Schrägkugellagern zu einer höheren Steifigkeit.

Wenn eine hohe Systemsteifigkeit gefordert wird, sind Zylinderrollenlager oftmals eine hervorragende Wahl. Es können aber auch Schrägkugellager mit kleinem Berührungswinkel eingesetzt werden.

Wenn eine hohe axiale Steifigkeit gefordert ist, kommen Axial-Schrägkugellager mit großem Berührungswinkel bevorzugt zum Einsatz. Die Steifigkeit lässt sich durch eine höhere Vorspannung verbessern; dadurch kann sich jedoch die zulässige Höchstdrehzahl reduzieren.

Weitergehende Informationen über die Systemsteifigkeit und Lagersteifigkeit enthält der Abschnitt *Systemsteifigkeit* (→ Seite 66).

## Verfügbarer Einbauraum

Aufgrund des begrenzten Platzangebots und der hohen Anforderungen an Steifigkeit und Laufgenauigkeit kommen in Hochgenauigkeits-Anwendungsfällen oft Lager mit geringer Querschnittshöhe zum Einsatz. Diese Lager können Wellen mit relativ großen Durchmessern führen und die erforderliche Steifigkeit auch bei einem relativ kleinen Hüllkreis der Wälzkörper gewährleisten.

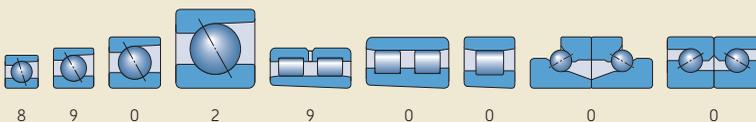
Bei den für Werkzeugmaschinen oft verwendeten Schrägkugellagern, Zylinderrollenlagern und Axial-Schrägkugellagern handelt es sich fast ausschließlich um Lager der ISO-Durchmesserreihen 9 und 0 (→ **Bild 1**).

Schrägkugellager der Durchmesserreihe 2 kommen in neuen Anwendungsfällen selten zum Einsatz, sind aber in Bestandsanwendungen noch weit verbreitet. Bei Notwendigkeit einer kompakten Bauweise sind Schrägkugellager der Durchmesserreihe 8 geeignet.

Durch Auswahl von Lagern der Durchmesserreihe 9 oder 0 lässt sich bei bestimmten Anwendungsfällen hinsichtlich der Steifigkeit und Tragfähigkeit eine optimale Lageranordnung mit dem gleichen radialen Einbauraum erreichen.

Axial-Schrägkugellager für Gewindetribe haben größere Querschnittshöhen. Bei diesen Lagern kommt meist die Durchmesserreihe 2 oder 3 zum Einsatz. Der verfügbare Einbauraum spielt hierbei meist keine sehr große Rolle, die Tragfähigkeit dafür aber umso mehr.

Bild 1



### Drehzahlen

Die erreichbaren Drehzahlen von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-Precision Bearings“ hängen in erster Linie vom Lagertyp, der Ausführung, dem Material, der Art und Größe der Belastung sowie dem Schmierstoff und dem Schmierverfahren ab. Für die zulässige Drehzahl stellt die Betriebstemperatur eine zusätzliche Grenze dar.

Für Hochgenauigkeitslagerungen der Reihe „Super-precision bearings“ in Anwendungen mit hohen Drehzahlen sind Lager erforderlich, die minimale Reibung bzw. Reibungswärme erzeugen. Am besten eignen sich Hochgenauigkeits-Schrägkugellager und Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“ für diese Anwendungen. Für extrem hohe Drehzahlen können Hybridlager (Lager mit Keramik-Wälzkörpern) erforderlich sein.

Schrägkugellager können höhere Drehzahlen aufnehmen als andere Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“.

**Diagramm 2** vergleicht die Nenndrehzahlen von SKF Schrägkugellagern aus unterschiedlichen Reihen. Einzelheiten zu den einzelnen Lagerreihen enthält der Abschnitt *Bezeichnungsschema* auf **Seite 196**.

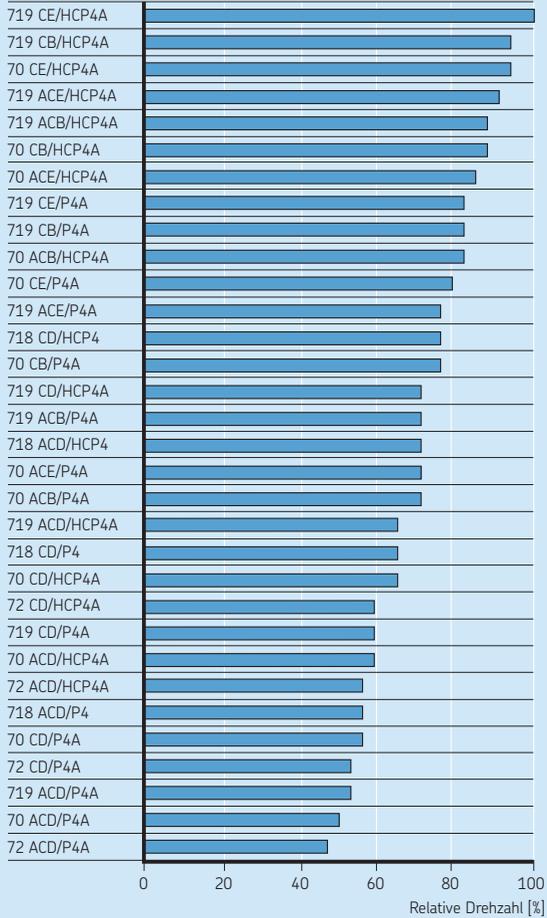
Axiallager lassen nicht so hohe Drehzahlen zu wie Radiallager.

Generell gilt: Für höhere Drehzahlen muss ein gewisser Verlust an Steifigkeit in Kauf genommen werden.

Weitere Informationen über die erreichbaren Drehzahlen enthält der Abschnitt *Drehzahlen* (→ **Seite 38**).

## Vergleichsdrehzahlen von Schrägkugellagern

## Lagerreihe



- AC Berührungswinkel 25°
- C Berührungswinkel 15°
- B Hochgeschwindigkeitsausführung B
- E Hochgeschwindigkeitsausführung E
- D Hochleistungsausführung D
- HC Keramikkugeln

### Belastungen

Bei der Wahl von SKF Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ für Anwendungen mit hohen Drehzahlen stellt die berechnete Lebensdauer (und somit die Tragzahl) in der Regel keine Einschränkung dar. Dagegen sind normalerweise Kriterien wie Steifigkeit, Größe der erforderlichen Bohrung in einer Hohlwelle, Arbeitsdrehzahl und Genauigkeit die entscheidenden Faktoren.

Bei der Auswahl des Lagertyps spielen Größe und Richtung der Belastung eine wichtige Rolle.

### Radiale Belastung

Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“ sind in der Lage, höhere Radiallasten aufzunehmen als Kugellager mit den gleichen Abmessungen. Sie können zwar keine Axiallasten aufnehmen, dafür aber eine gewisse axiale Verlagerung zwischen Innen- und Außenring gewährleisten, da sich – je nach Konstruktion – entweder am Innen- oder am Außenring keinen Bord befindet.

### Axialkräfte

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager der Reihen BTW und BTM nehmen ausschließlich Axialbelastungen auf, und zwar in beiden Richtungen. Sätze aus Schrägkugellagern sind ebenfalls eine praktikable Lösung, insbesondere für hohe Drehzahlen.

Für große Lagerungsdurchmesser oder sehr hohe Axiallasten werden spezielle, einseitig wirkende Axialkugellager oder Axial-Zylinderrollenlager empfohlen. Weitere Informationen über diese Speziallager erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Damit ein Axiallager ausschließlich axial belastet werden kann, ist die Gehäusescheibe mit radialer Lagerluft einzubauen.

### Kombinierte Belastungen

Eine kombinierte Belastung besteht aus einer Radial- und einer gleichzeitig auftretenden Axiallast (→ Bild 2). Eine sehr effektive Möglichkeit zur Aufnahme kombinierter Belastungen ist die Verwendung von Lagern, die radiale und axiale Belastungen aufnehmen können.

Zu den Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“, die dieses Merkmal aufweisen, gehören folgende Ausführungen:

- Schrägkugellager der Reihen 718, 719, 70 und 72
- einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe der Reihen BSA und BSD
- doppelseitig wirkende Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe der Reihen BEAS und BEAM
- Axial-Radial-Zylinderrollenlager der Reihe NRT

Die axiale bzw. radiale Belastbarkeit eines Lagers hängt im Wesentlichen von dessen Berührungswinkel  $\alpha$  (→ Bild 2) ab. Ein Lager mit einem Berührungswinkel von  $0^\circ$  kann ausschließlich radiale Belastungen aufzunehmen. Bei zunehmendem Berührungswinkel steigt die axiale Tragfähigkeit proportional an. Liegt der Berührungswinkel bei  $90^\circ$ , ist das Lager ein reines Axiallager und kann dann ausschließlich axiale Belastungen aufnehmen. Die Nenndrehzahl verhält sich jedoch umgekehrt proportional zum Berührungswinkel, d. h. je größer der Berührungswinkel, desto niedriger die Nenndrehzahl.

Axial-Radial-Zylinderrollenlager nehmen die Axial- und Radialkomponenten einer kombinierten Belastung mit getrennten Rollenreihen auf, die senkrecht zu einander stehen.

In Anwendungsfällen mit kombinierten Belastungen und sehr hoher Axiallastkomponente können Radial-Axial-Kombibelastungen durch separate Lager aufgenommen werden.

Bild 2



### Axiale Verschiebbarkeit

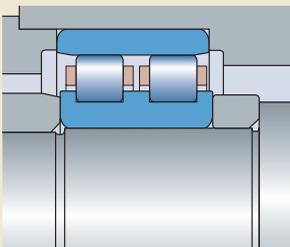
Bei den meisten Anwendungen, bei denen die Lager wärmebedingte Längenänderungen aufnehmen müssen, ohne eine Axiallast auf die Lager auszuüben, kommen Lagerungen mit Fest- und Loslager zum Einsatz.

Das Festlager muss das gelagerte Maschinenteil axial in beiden Richtungen führen. Bei Werkzeugmaschinen lässt sich ein Satz von Schrägkugellagern oder ein Paar Axial-Schrägkugellager einsetzen.

Loslager müssen temperaturbedingte Längenänderungen der Welle aufnehmen können. Zylinderrollenlager sind hierfür gut geeignet, da sie Verschiebungen der Welle gegenüber dem Gehäuse im Lager aufnehmen (→ **Bild 3**). Hierdurch lässt sich das Lager mit einer festen Passung am Innen- und Außenring montieren.

Wenn Schrägkugellager paarweise als Loslager eingesetzt werden, muss entweder der Innen- oder der Außenring der beiden Lager eine lose Passung haben, sodass sie sich auf der Welle bzw. im Gehäuse bewegen können. Eine lose Passung wirkt sich allerdings negativ auf die Systemsteifigkeit aus.

Bild 3



### Abgedichtete Lager

Zum Schutz der Lager gegen Schmierstoffaustritt bzw. das Eindringen von Verunreinigungen gehören zum SKF Lieferprogramm auch Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ mit integrierten Dichtungen:

- berührungsfreie Dichtungen (→ Bild 4)
- berührende Dichtungen (→ Bild 5)

Abgedichtete Lager ermöglichen in vielen Fällen sehr wirtschaftliche und platzsparende Lösungen. Zu den abgedichteten Lagern gehören:

- Schrägkugellager mit berührungsfreien Dichtungen
- einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe mit berührungsfreien Dichtungen
- zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe mit berührenden oder berührungsfreien Dichtungen

Beidseitig abgedichtete Lager sind in der Regel auf Lebensdauer geschmiert. Sie sollten vor dem Einbau nicht gewaschen werden. Sie sind stets mit einem geeigneten Fett entsprechender Menge befüllt. Sie können nicht nachgeschmiert werden. Die Ausnahme bilden einige Lager für Gewindetriebe, die über spezielle Nachschmiermöglichkeiten verfügen.

Bild 4

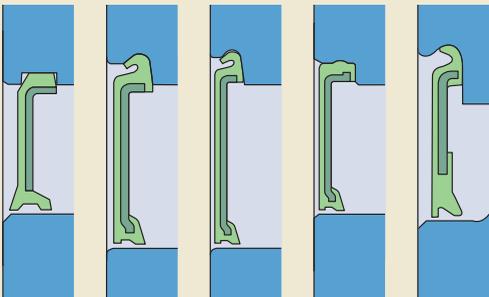
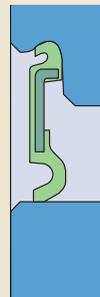


Bild 5



## Lebensdauer und Tragfähigkeit

In Industrieanwendungen wird die Lagergröße meist durch die Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Belastung, der erforderlichen Lebensdauer und der erforderlichen Zuverlässigkeit bestimmt. Bei Werkzeugmaschinen wird die Lagergröße allerdings fast immer durch andere Faktoren bestimmt, z. B. durch die Systemsteifigkeit, die vorgegebenen Spindelabmessungen, die Betriebsdrehzahlen und den Vorschub.

Die Bestimmung der tatsächlichen Belastung bei Hochgenauigkeitslagerungen der Reihe „Super-precision bearings“ ist besonders komplex, da viele Faktoren zu berücksichtigen sind. Der *SKF Spindle Simulator* ist ein hochentwickeltes Softwareprogramm zur Analyse statisch unbestimmter Spindellagerungen. Er kennt die Details der SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ und kann daher auch Spindelanwendungen berechnen, in denen diese Lager zum Einsatz kommen. Weitere Informationen erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice bzw. von den *SKF Engineering Consultancy Services* unter [skf.com](http://skf.com).

### Dynamische Tragzahl und Lebensdauer

Die allgemeinen Angaben zur Berechnung der Lagergebrauchsdauer und der Tragzahlen im Abschnitt *Bestimmung der Lagergröße* im SKF Katalog *Wälzlager* und unter [skf.com](http://skf.com) gelten auch für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“. Alle Lebensdauerberechnungen basieren auf ISO 281 und beziehen sich auf normale Drehzahlen. Für Anwendungen mit einem Drehzahlkennwert von  $A \geq 500\,000$  mm/min, empfiehlt es sich den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

$$A = n \cdot d_m$$

Hierin sind

- A = der Drehzahlkennwert [mm/min]
- $d_m$  = der mittlere Lagerdurchmesser [mm]  
=  $0,5 \cdot (d + D)$
- n = die Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]

Die nominelle Lebensdauer lässt sich für Ermüdungsbedingungen nach statistischen Annahmen bestimmen. Weitere Informationen finden

Sie im Abschnitt *Nominelle Lebensdauer* des SKF Katalogs *Wälzlager* und unter [skf.com](http://skf.com).

### Dynamische Tragzahl

Die dynamische Tragzahl wird bei der Auswahl dynamisch beanspruchter Lager herangezogen, d.h. bei Lagern, die unter Belastung umlaufen. Sie bezieht sich auf eine Lagerbelastung, die nach ISO 281 eine nominelle Lebensdauer von  $L_{10}$  Umdrehungen ergibt. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Belastung nach Größe und Richtung unveränderlich ist und außerdem bei Radiallagern rein radial und bei Axiallagern rein axial und zentrisch wirkt.

Die Werte für die dynamische Tragzahl C werden in den Produkttabellen angegeben.

### Äquivalente dynamische Lagerbelastung

Zur Berechnung der nominellen Lebensdauer eines Lagers müssen die tatsächlichen dynamischen Belastungen in die äquivalente dynamische Lagerbelastung umgerechnet werden. Die äquivalente dynamische Lagerbelastung P ist definiert als hypothetische Belastung, konstant in Größe und Richtung, die rein radial bei Radiallagern und rein axial und zentrisch bei Axiallagern wirkt. Diese hypothetische Belastung würde bei Anwendung dieselbe Auswirkung auf die Lebensdauer haben wie die tatsächlichen Lasten, denen das Lager ausgesetzt ist.

Die zur Berechnung der äquivalenten dynamischen Lagerbelastung erforderlichen Angaben finden Sie in den einzelnen Produktkapiteln.

### Nominelle Lebensdauer

Die nominelle Lebensdauer eines Lagers nach DIN ISO 281:1990 ergibt sich aus

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

Bei unveränderlicher Drehzahl ist es häufig angebracht, die nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden zu rechnen:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

Hierin sind

$L_{10}$  = die nominelle Lebensdauer bei 90% Erlebenswahrscheinlichkeit [Millionen Umdrehungen]

$L_{10h}$  = die nominelle Lebensdauer bei 90% Erlebenswahrscheinlichkeit [Betriebsstunden]

$C$  = die dynamische Tragzahl [kN]

$P$  = die äquivalente dynamische Lagerbelastung [kN]

$n$  = die Betriebsdrehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]

$p$  = der Exponent der Lebensdauergleichung  
= 3 bei Kugellagern  
= 10/3 bei Rollenlagern

### Lebensdauer von Hybridlagern

Für die Berechnung der Lebensdauer von Hybridlagern können die gleichen Werte wie für Stahlwälzkörper genutzt werden. Die Keramikwälzkörper in Hybridlagern sind erheblich härter und steifer als Stahlwälzkörper. Obwohl der höhere Grad an Härte und Steifigkeit einen stärkeren Berührungsdruk zwischen den Keramikwälzkörpern und der Stahllaufbahn bewirkt, zeigen Labortests und Praxiserfahrungen, dass für beide Lagerarten die gleichen Kenndaten verwendet werden können.

In der Praxis und in Prüfungen hat sich gezeigt, dass in typischen Anwendungsfällen von Werkzeugmaschinen die Gebrauchsdauer eines Hybridlagers deutlich länger ist als die eines Lagers mit Stahlwälzkörpern. Die längere Gebrauchsdauer des Hybridlagers ist auf den Härtegrad, die geringere Dichte und die Oberflächengüte der Wälzkörper zurückzuführen. Die geringere Dichte minimiert die interne Belastung durch Zentrifugal- sowie Massenkräfte.

Dank des höheren Härtegrads sind die Wälzkörper weniger anfällig für Verschleiß. Aufgrund ihrer hohen Oberflächengüte können sie die Wirkung des Schmierstoffs optimieren.

### Erforderliche Mindestbelastung

Bei hohen Drehzahlen, starken Beschleunigungen oder schnellen Lastrichtungswechseln können die Massenkräfte der Wälzkörper sowie die Reibung im Schmierstoff die Abrollverhältnisse in der Lagerung nachteilig beeinflussen und schädliche Gleitbewegungen zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen hervorrufen. Wälzlager sollten daher immer einer gewissen Mindestbelastung ausgesetzt sein. Als Faustregel gilt, dass die Mindestbelastung bei Kugellagern das 0,01 C und bei Rollenlagern das 0,02 C betragen sollte.

### Lebensdauerberechnung bei veränderlichen Betriebsbedingungen

Es gibt eine Vielzahl von Lagerungen, bei denen sich die Betriebsbedingungen wie die Größe und die Richtung von Belastungen, die Drehzahl, die Betriebstemperatur und die Schmierbedingungen fortlaufend verändern. In Fällen mit veränderlichen Betriebsbedingungen sind deshalb die einzelnen Betriebsphasen auf eine begrenzte Anzahl von vereinfachten Lastfällen zu reduzieren.

Bei kontinuierlich veränderlichen Belastungen können verschiedene Belastungsstufen gebildet werden. Das Belastungsspektrum kann dann auf ein Histogramm mit Intervallen von konstanten Betriebsbedingungen reduziert werden (→ **Diagramm 3**). Hierbei repräsentiert jedes Intervall einen bestimmten Zeitanteil des Betriebes. Es ist zu beachten, dass hohe und mittlere Belastungen deutlich mehr Lagerlebensdauer „verbrauchen“ als leichte Belastungen. Deshalb ist es wichtig, auch Stoß- und Spitzenbelastungen im Histogramm ausreichend zu berücksichtigen, selbst dann, wenn diese nur relativ selten auftreten und auf nur wenige Umdrehungen begrenzt sind.

Innerhalb eines jeden Intervalls werden für die Lagerbelastung und die übrigen Betriebsbedingungen konstante Mittelwerte festgelegt. Die Anzahl der Betriebsstunden oder Umdrehungen eines jeden Intervalls kennzeichnen deren Anteil am Gesamtlebenszyklus der Lagerung. Wenn also  $N_1$  der Anzahl der Umdrehungen während der Lastbedingung  $P_1$  entspricht und  $N$  die erwartete Anzahl der Umdrehungen nach Ende

aller variablen Belastungszyklen ist, wird der Lebenszyklusanteil  $U_1 = N_1/N$  für die Lastbedingung  $P_1$  (mit der berechneten Lebensdauer  $L_{10,1}$ ) verwendet. Die Lebensdauer bei veränderlichen Betriebsbedingungen kann wie folgt berechnet werden:

$$L_{10} = \frac{1}{\frac{U_1}{L_{10,1}} + \frac{U_2}{L_{10,2}} + \frac{U_3}{L_{10,3}} + \dots}$$

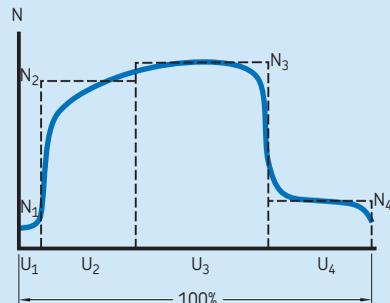
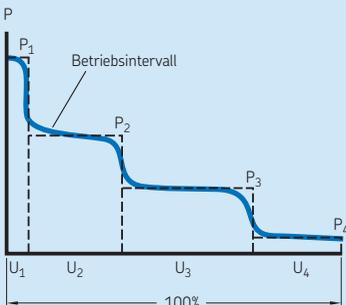
Hierin sind

- $L_{10}$  = die nominelle Lebensdauer bei 90% Erlebenswahrscheinlichkeit [Millionen Umdrehungen]
- $L_{10,1}, L_{10,2}, \dots$  = nominelle Lebensdauer bei 90% Erlebenswahrscheinlichkeit während der Betriebsbedingungen 1, 2 ... [Millionen Umdrehungen]
- $U_1, U_2, \dots$  = Anteil am Gesamtlebensdauerzyklus unter den Betriebsbedingungen 1, 2 ...  
Hinweis:  $U_1 + U_2 + \dots + U_n = 1$

Die Lebensdauerberechnung nach dieser Gleichung setzt genauere Kenntnisse über die Betriebsabläufe und jeweils vorliegenden Betriebsbedingungen voraus. Andernfalls müssen für eine bestimmte Lagerung allgemein bekannte und typische Betriebszustände zugrunde gelegt werden.

Diagramm 3

Histogramm aus konstanten Belastungsblöcken



### Zulässige statische Belastungen

Sehr hohe Belastungen oder Stoßbelastungen können die Laufbahnen von Wälzkörpern dauerhaft verformen. Bei Hochgenauigkeitslagerungen der Reihe „Super-precision bearings“ müssen dauerhafte Verformungen durch statische Belastungen wirksam verhindert werden. Dazu wird in einem ersten Schritt die statische Tragzahl des Lagers mit der äquivalenten statischen Lagerbelastung verglichen. Der Vergleich liefert Aufschluss über das Verformungsrisiko. Bei sehr stark belasteten Hochgenauigkeits-Schrägkugellagern der Reihe „Super-precision bearings“ sollte die Kontaktzonenverkürzung überprüft werden, um Kantenspannungen zu vermeiden, die wiederum zu einer dauerhaften Verformung führen können. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### Statische Tragzahl

Die statische Tragzahl  $C_0$  nach ISO 76 entspricht dem berechneten Berührungsdruck im Zentrum des am stärksten belasteten Wälzkörper / Laufbahnkontaktes. Diese Belastung führt zu einer permanenten Gesamtverformung des Wälzkörpers und der Laufbahn, die etwa 0,0001 des Wälzkörperdurchmessers entspricht. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Belastung bei Radiallagern rein radial und bei Axiallagern rein axial und zentrisch wirkt.

Die Werte für die statische Tragzahl  $C_0$  sind in den Produkttabellen angegeben.

### Äquivalente statische Lagerbelastung

Zum Vergleich der tatsächlichen Belastungen mit der statischen Tragzahl sind die tatsächlichen Belastungen in die äquivalente Belastung umzurechnen. Die äquivalente statische Belastung  $P_0$  ist als hypothetische Belastung definiert (Radialbelastung bei Radiallagern und Axialbelastung bei Axiallagern), die zu den gleichen permanenten Verformungen des Lagers führen würde wie die Belastungen, denen das Lager tatsächlich ausgesetzt ist.

Die zur Berechnung der äquivalenten statischen Lagerbelastung erforderlichen Angaben finden Sie in den einzelnen Produktkapiteln.

### Erforderliche statische Tragzahl

Die erforderliche statische Tragzahl  $C_0$  zur Vermeidung von dauerhaften Verformungen im Lager lässt sich wie folgt bestimmen:

$$C_0 \geq s_0 P_0$$

Hierin sind

$C_0$  = die statische Tragzahl [kN]

$P_0$  = die äquivalente statische Lagerbelastung [kN]

$s_0$  = die statische Tragsicherheit

Richtlinien für Mindestwerte:

- 2 für Hochgenauigkeits-Axial-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ mit Stahlkugeln (einschließlich Axial-Rillenkugellagern)
- 3 für Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“ mit Stahlrollen
- 4 für Hochgenauigkeits-Axial-Radial-Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“

Für Hybridlager ist die statische Tragsicherheit um 10% zu erhöhen.

Für Axial-Schrägkugellager für Gewindetribe sind Sicherheitsfaktoren bis zu  $s_0 = 1$  möglich.

## Reibung

Die Reibung in einem Lager lässt sich als Gesamtwiderstand gegen die Rotation beschreiben. Sie beruht hauptsächlich auf den folgenden Faktoren:

- elastische Verformung der Wälzkörper und Laufbahnen unter Belastung
- Drehzahl
- Schmierstoff und Schmierverfahren
- Gleitreibung zwischen den Wälzkörpern und dem Käfig, den Führungsborden bzw. -ringen sowie die Gleitreibung zwischen den Dichtungen und ihren Anlaufflächen

All diese Faktoren tragen zur Wärmeerzeugung durch Reibung im Lager bei. Die Lagerbetriebs-temperatur ist erreicht, wenn sich Reibungs-wärme und Wärmeabführung der Anwendung im Gleichgewicht befinden.

Weitere Informationen zur Reibung in Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### Der Einfluss von Lagerluft und Vorspannung auf die Reibung

Hohe Betriebstemperaturen bzw. hohe Drehzahlen können die Lagerluft reduzieren oder die Lagervorspannung erhöhen. Beide Faktoren können die Reibung erhöhen. Das ist besonders wichtig für Hochgenauigkeitslagerungen der Reihe „Super-precision bearings“, da diese meist vorgespannt sind und extrem empfindlich auf Vorspannungsänderungen reagieren.

Sind die Parameter Betriebsspiel oder Vorspannung für eine bestimmte Lagerung von besonderer Bedeutung, empfiehlt es sich, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

### Der Einfluss des Schmierfettfüllgrades

Bei der Inbetriebnahme und nach dem Nachschmieren kann das Reibungsmoment eines fettgeschmierten Lagers in den ersten Stunden oder Tagen außergewöhnlich hoch sein. Dieses hohe Anfangsmoment, das sich in Form von Temperaturspitzen äußert, ist durch die ungleichmäßige Verteilung des Fetts im Freiraum des Lagers bedingt.

Nach einer Einlaufphase ähneln das Reibungsmoment und die Lagerbetriebs-temperatur typischerweise den Werten für ölgeschmierte Lager. Lager mit zu hoher Schmierfettmenge können höhere Reibungswerte aufweisen.

### Reibungsverhalten von Hybridlagern

Die niedrigere Dichte von Wälzkörpern aus Siliziumnitrid verglichen mit Stahl verringert die internen Zentrifugalkräfte. Diese Tatsache sowie die geringere Rollreibung bewirken deutlich niedrigere Betriebstemperaturen, auch bei hohen Drehzahlen. Niedrigere Betriebstemperaturen wiederum verlängern die Gebrauchsdauer, sowohl des Lagers als auch des Schmierstoffs.

## Drehzahlen

Die maximale Betriebsdrehzahl eines Wälzlagers hängt weitgehend von der zulässigen Betriebstemperatur des Lagers ab. Die Betriebstemperatur eines Lagers richtet sich nach der von ihm erzeugten Reibungswärme, nach der von außen zugeführten Wärme und nach der Wärmemenge, die vom Lager abtransportiert werden kann.

Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ erzeugen nur eine geringe Reibung und sind daher sehr gut für Anwendungsfälle mit hohen Drehzahlen geeignet. Im Vergleich zu Wälzlagern ähnlicher Größe bieten Kugellager eine geringere Tragfähigkeit, aufgrund ihrer kleineren Kontaktfläche lassen sie sich jedoch bei viel höheren Drehzahlen einsetzen. Hybridlager bieten jedoch bei allen Lagertypen zusätzliche Vorteile. **Diagramm 4** vergleicht den Temperaturanstieg in fettgeschmierten Spindellagern bei unterschiedlichen Lagerarten. Die

einzelnen Lagerkurven sind repräsentativ für die zugehörige, komplette Lagerreihe.

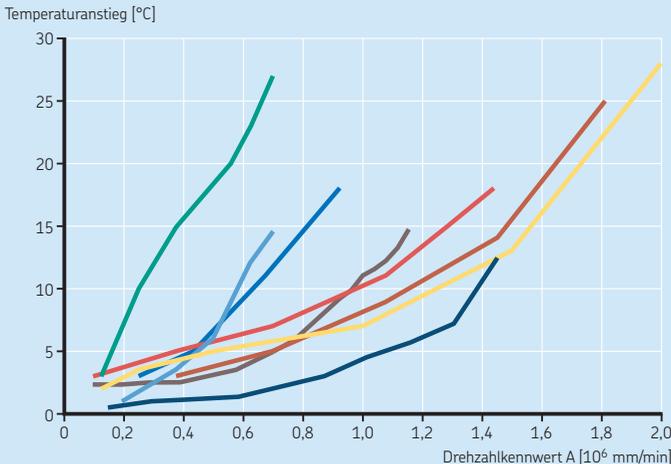
Richtwerte für die erreichbaren Drehzahlen von Lagern aus den einzelnen Reihen sind in **Diagramm 5** (→ Seite 40) für Öl-Luft-Schmierung und in **Diagramm 6** (→ Seite 42) für Fettschmierung enthalten. Beide Diagramme basieren auf dem Drehzahlkennwert A. Einzelheiten zu den einzelnen Lagerreihen enthält das Bezeichnungsschema für:

- Schrägkugellager (→ Seite 196)
- Zylinderrollenlager (→ Seite 286)
- Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (→ Seite 311)
- Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe (→ Seite 364)

Allgemein gilt: Lager mit kleinerer Querschnittshöhe  $d_m$  vertragen höhere Drehzahlen.

Diagramm 4

Temperaturanstieg in fettgeschmierten Spindellagern



- Schrägkugellager**
- 7008 CE/HC (Hochgeschwindigkeitsausführung, Hybrid, federvorgespannt)
- Schrägkugellager, O-Anordnung**
- S71912 ACB/HCDBA (abgedichtet, Hochgeschwindigkeitsausführung, Hybrid)
  - 7205 CD/DBA (Hochleistung)
  - 71912 CD/DBA (Hochleistung, lange Abstandshülsen)
  - 7005 CD/HCDBA (Hochleistung, Hybrid)

- Zylinderrollenlager**
- NN 3014 KTN
- Axial-Schrägkugellager**
- BTW 100
  - BTM 100 B

## Zulässige Drehzahlen

Die zulässige Drehzahl eines Lagers richtet sich nach der von ihm erzeugten Reibungswärme, nach der von außen zugeführten Wärme und nach der Wärmemenge, die vom Lager abtransportiert werden kann. Wenn aufgrund des Anwendungsdesigns oder hoher Umgebungstemperaturen keine ausreichende Wärmeableitung gewährleistet ist, wird eine zusätzliche Kühlung benötigt.

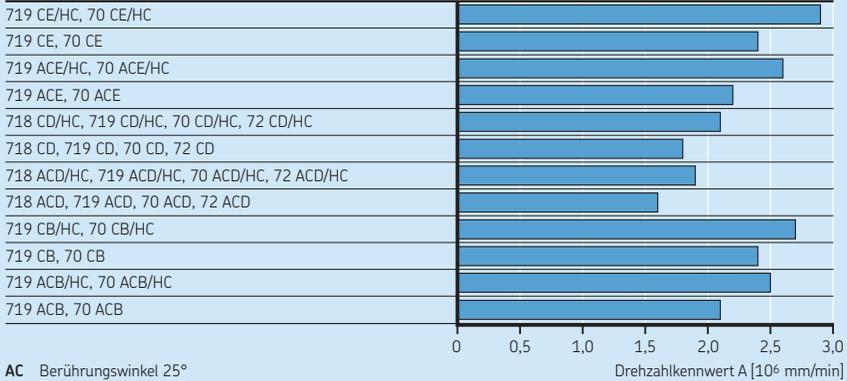
Diese Kühlung lässt sich durch ausgewählte Schmierverfahren erreichen. So wird das Öl beispielsweise bei der Öleinspritzschmierung und bei der Ölumlaukschmierung gefiltert und bei Bedarf auch vor dem Rücktransport zum Lager gekühlt.

Da die zulässige Drehzahl nicht nur vom Lager abhängt, enthalten die Produkttabellen die erreichbaren Drehzahlen, nicht jedoch die tatsächlichen Drehzahlgrenzwerte.

Richtwerte für erreichbare Drehzahlen – Öl-Luft-Schmierung

**Schräggugellager**

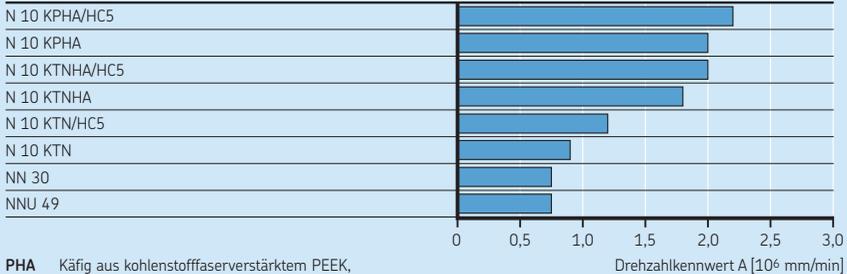
Lagerreihe



- AC** Berührungswinkel 25°
- C** Berührungswinkel 15°
- B** Hochgeschwindigkeitsausführung B
- E** Hochgeschwindigkeitsausführung E
- D** Hochleistungsausführung D
- HC** Keramikkugeln

**Zylinderrollenlager**

Lagerreihe

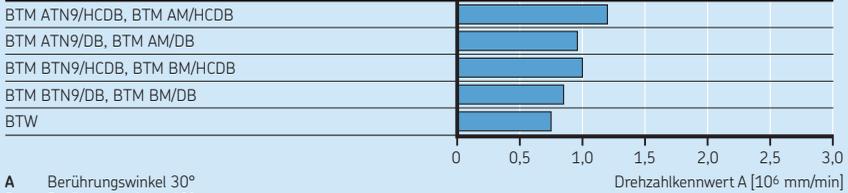


- PHA** Käfig aus kohlenstofffaserverstärktem PEEK, Außenringgeführt
- TN** Käfig aus PA66, rollengeführt
- TNHA** Käfig aus glasfaserverstärktem PEEK, Außenringgeführt
- HC5** Keramikrollen

## Richtwerte für erreichbare Drehzahlen – Öl-Luft-Schmierung

## Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

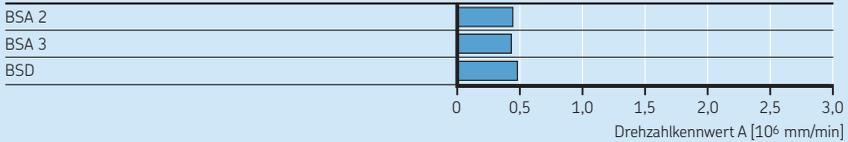
Lagerreihe



- A** Berührungswinkel 30°  
**B** Berührungswinkel 40°  
**M** Massivkäfig aus Messing, kugelgeführt  
**TN9** Glasfaserverstärkter Käfig aus PA66, kugelgeführt  
**HC** Keramikugeln  
**DB** O-Anordnung

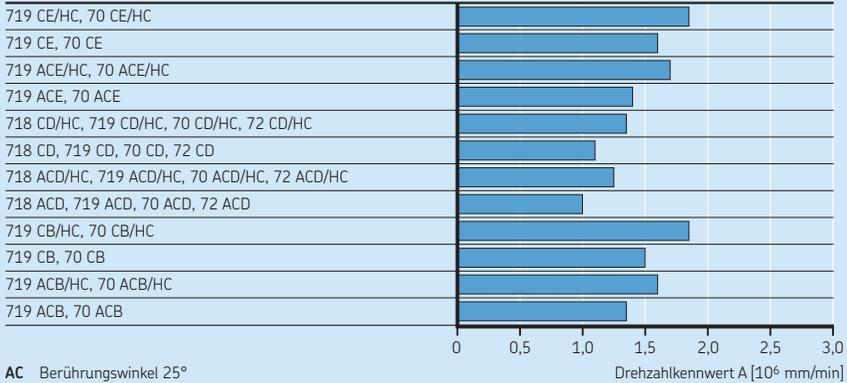
## Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe

Lagerreihe



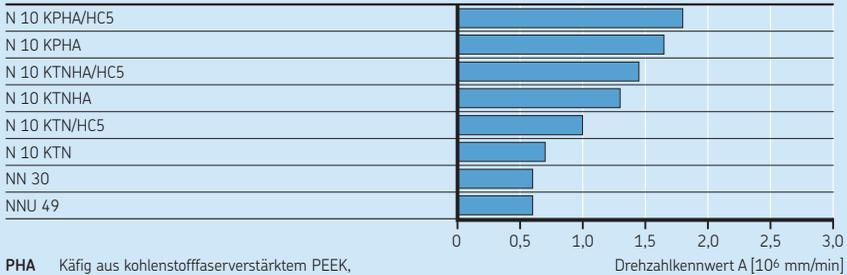
Richtwerte für erreichbare Drehzahlen – Fettschmierung

**Schrägkugellager**  
Lagerreihe



- AC** Berührungswinkel 25°
- C** Berührungswinkel 15°
- B** Hochgeschwindigkeitsausführung B
- E** Hochgeschwindigkeitsausführung E
- D** Hochleistungsausführung D
- HC** Keramikkugeln

**Zylinderrollenlager**  
Lagerreihe

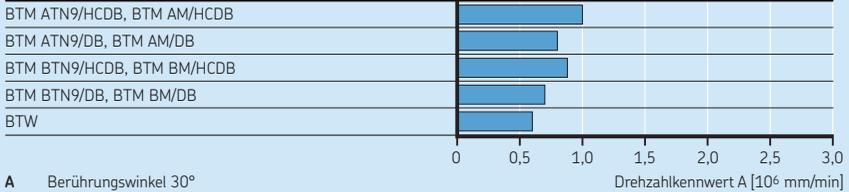


- PHA** Käfig aus kohlenstofffaserverstärktem PEEK, Außenringgeführt
- TN** Käfig aus PA66, rollengeführt
- TNHA** Käfig aus glasfaserverstärktem PEEK, Außenringgeführt
- HC5** Keramikrollen

## Richtwerte für erreichbare Drehzahlen – Fettschmierung

## Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

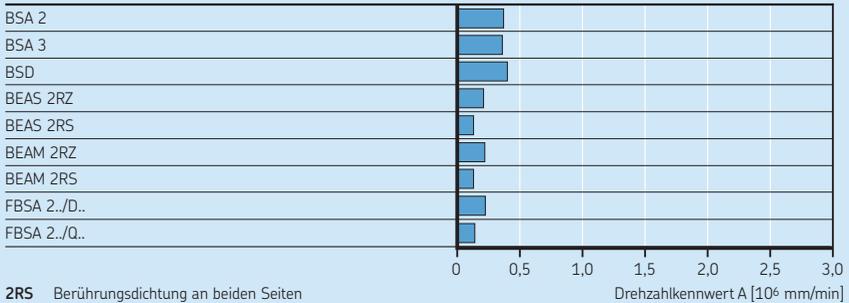
Lagerreihe



- A** Berührungswinkel 30°  
**B** Berührungswinkel 40°  
**M** Massivkäfig aus Messing, kugelgeführt  
**TN9** Glasfaserverstärkter Käfig aus PA66, kugelgeführt  
**HC** Keramikugeln  
**DB** O-Anordnung

## Axial-Schrägkugellager für Gewindetribe

Lagerreihe



- 2RS** Berührungsdichtung an beiden Seiten  
**2RZ** Berührungslose Dichtung an beiden Seiten  
**/D** Einheit mit zwei Lagern  
**/Q** Einheit mit vier Lagern

### Erreichbare Drehzahlen

Die erreichbaren Drehzahlen in den Produkttabellen sind Richtwerte. Sie gelten bei folgenden Bedingungen:

- Lagersitz und Bohrungsdurchmesser entsprechend den empfohlenen Durchmessern und Abmessungstoleranzen (→ *Empfohlene Wellen- und Gehäusepassungen*, Seite 70)
- Leichte Belastungen ( $P \leq 0,05 C$ )
- gute Wärmeableitung aus den Lagern
- geeignete Schmierstoff und Schmierverfahren
- leichte Feder-Vorspannung (bei Verwendung von Schrägkugellagern)

Die Werte in den Produkttabellen für Fettschmierung lassen sich mit der richtigen Menge an geeignetem, niedrigviskosem Premiumfett erzielen.

Die Werte, die in den Produkttabellen unter „Öl-Luft-Schmierung“ aufgeführt werden, lassen sich für andere Ölschmierungsverfahren anpassen. Dabei sind die folgenden Reduzierungsfaktoren anzuwenden:

- 0,3 bis 0,4 bei Ölbadschmierung
- 0,95 bei Ölnebelschmierung

Drehzahlen oberhalb der erreichbaren Drehzahlen in den Produkttabellen lassen sich bei Verwendung einer Öleinspritzschmierung mit Ölkühlvorrichtung erzielen.

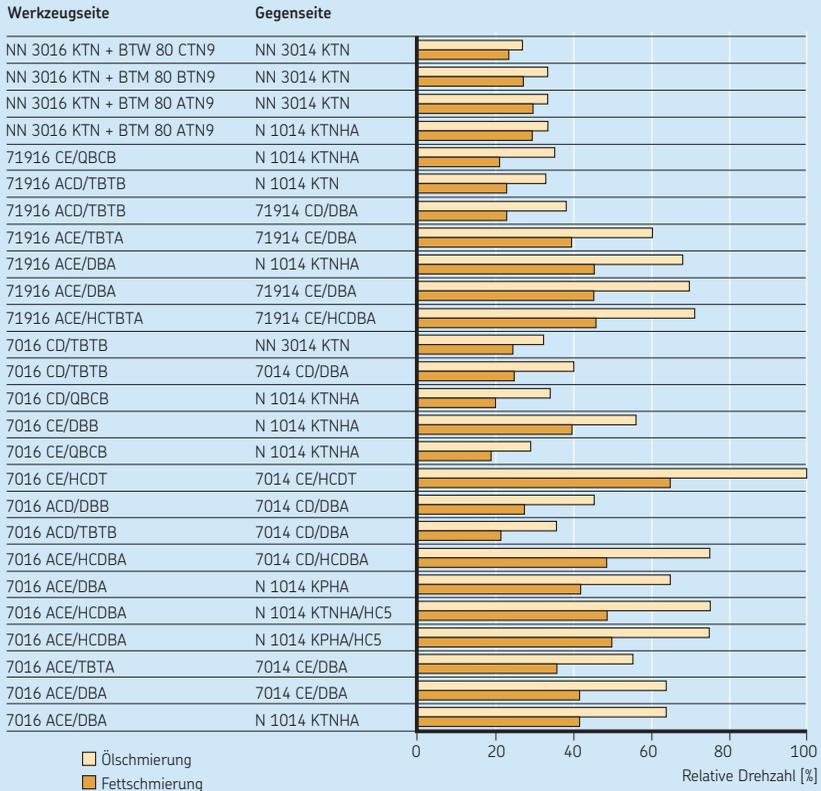
Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### Erreichbare Drehzahlen für typische Spindellagersysteme

Eine typische Spindellagerung (die unterschiedliche Lagerarten enthalten kann) besteht aus einer Anordnung auf der Werkzeugseite und einer zweiten Anordnung auf der Gegenseite. Die Anordnung auf der Werkzeugseite ist meist der kritischere der beiden Anordnungen. Dabei kommt oft ein größeres Lager mit einem höheren Drehzahlfaktor A zum Einsatz. **Diagramm 7** vergleicht mögliche Lagerungen und ihre Nenn-drehzahlen. Der Vergleich basiert auf Lagern mit 80-mm-Bohrung auf der Werkzeugseite und 70-mm-Bohrung auf der Gegenseite. Einzelheiten zu den einzelnen Lagerreihen enthält das Bezeichnungsschema für:

- Schrägkugellager (→ Seite 196)
- Zylinderrollenlager (→ Seite 286)
- Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (→ Seite 311)

## Vergleich der Nenndrehzahlen typischer Spindellagersysteme

**Schrägkugellager**

- AC** Berührungswinkel 25°
- C** Berührungswinkel 15°
- E** Hochgeschwindigkeitsausführung E
- D** Hochleistungsausführung D
- HC** Keramikkugeln
- DB** Zwei Lager, in O-Anordnung <>
- DT** Zwei Lager, in Tandem-Anordnung <<
- TBT** Drei Lager, in Tandem-O-Anordnung <>>
- QBC** Vier Lager, in Tandem-O-Tandem-Anordnung <<>>
- A** Leichte Vorspannung
- B** Mittlere Vorspannung

**Zylinderrollenlager**

- PHA** Kohlenstofffaserverstärkter Käfig aus PEEK, außenringgeführt
- K** Kegeelige Bohrung
- TN** Käfig aus PA66, rollengeführt
- TNHA** Glasfaserverstärkter Käfig aus PEEK, außenringgeführt
- HC5** Keramikrollen

**Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager**

- A** Berührungswinkel 30°
- B** Berührungswinkel 40°
- C** Berührungswinkel 60°
- TN9** Glasfaserverstärkter Käfig aus PA66, kugelgeführt

## Lagerdaten – allgemein

SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ werden nach allgemeinen Spezifikationen gefertigt. Die Spezifikationen hinsichtlich Abmessungen, Toleranzen, Vorspannung bzw. Lagerluft und Werkstoffen werden im Folgenden beschrieben. Ausführliche Angaben enthalten die verschiedenen Produktkapitel.

### Hauptabmessungen

Die Hauptabmessungen der SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ folgen dem Maßreihen für Radiallager aus ISO 15 oder entsprechen – unter bestimmten Umständen – den branchenüblichen Hauptabmessungen.

### ISO-Maßreihen

In den ISO-Maßreihen für Radiallager sind jedem genormten Bohrungsdurchmesser bestimmte Außendurchmesser zugeordnet, eingestuft nach Durchmesserreihen. In jeder Durchmesserreihe gibt es mehrere Breitenreihen.

Maßreihen ergeben sich durch Kombination der Breitenreihe mit der zugehörigen Durchmesserreihe.

Für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ wird nur eine begrenzte Anzahl an Maßreihen verwendet (→ **Tabelle 3**).

Ausführliche Informationen über Abmessungsnormen sind auch in jeweiligen Produktabschnitten aufgeführt.

### Kantenabstände

Die minimalen Kantenabstände (→ **Bild 6**) in radialer Richtung ( $r_1, r_3$ ) und in axialer Richtung ( $r_2, r_4$ ) sind in den Produkttabellen angegeben. Diese Werte entsprechen den Vorgaben aus ISO 15, ISO 12043 und ISO 12044.

Die maximalen Kantenabstände entsprechen ISO 582 und sind im Abschnitt *Grenzmaße für die Kantenabstände* angegeben.

Tabelle 3

Durchmesser- und Breitenreihe für SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“

ISO-Maßreihe 15 Durchmesserreihe	Breitenreihe	SKF Lagerreihen	Lagerart
8	1	718	Nadel-Schräggugellager
9	1	719	Nadel-Schräggugellager
	4	NNU 49	Zweireihige Zylinderrollenlager
0	1	70	Nadel-Schräggugellager
	1	N 10	Einreihige Zylinderrollenlager
	3	NN 30	Zweireihige Zylinderrollenlager
2	–	BTW	Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager
	–	BTM	Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager
2	0	72	Nadel-Schräggugellager
	0	BSA 2	Axial-Schräggugellager für Gewindetriebe
3	0	BSA 3	Axial-Schräggugellager für Gewindetriebe

## Toleranzen

Die Fertigungstoleranzen für SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ sind mit international genormten Toleranzklassen vergleichbar. Wälzlager toleranzen sind in folgenden Normen festgelegt:

- ISO 492 für Radial-Wälzlager
- ISO 199:2002 und DIN 616:2000 für Axial-Wälzlager

Die erhältlichen Lagerarten und Toleranzklassen finden Sie im Abschnitt *Genauigkeit* (→ **Seite 24**). Die tatsächlichen Toleranzen sind im Abschnitt *Toleranzen* der einzelnen Produktkapitel enthalten.

## Toleranzsymbole

Die Toleranzsymbole sind mit ihrer Definition in **Tabelle 4** (→ **Seite 48**) aufgelistet.

## Grenzmaße für die Kantenabstände

Die Größtmaße für die Kantenabstände (→ **Bild 7**) für die jeweiligen minimalen Kantenabstände (→ **Produkttabellen**) entnehmen Sie der **Tabelle 5** (→ **Seite 50**). Die Werte entsprechen DIN 620-2:1995 bzw. ISO 582.

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager der Reihen BTM und BTW sowie einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe der Reihe BSA haben dieselben Größtmaße für die Kantenabstände wie Radiallager.

Bild 6

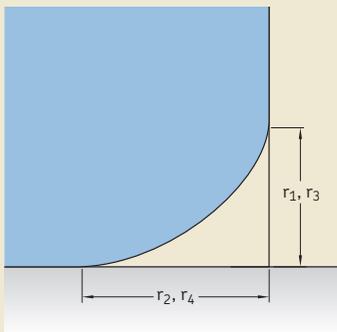
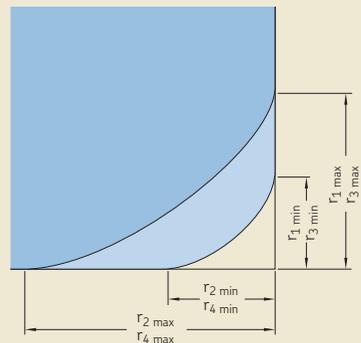


Bild 7



Toleranzsymbole

Toleranzsymbol	Tolerierte Eigenschaft
<b>Lagerbohrung</b>	
d	Bohrungsdurchmesser
$d_1$	Durchmesser der theoretischen Kegelfläche am weiten Ende der kegeligen Bohrung
$d_s$	An einer Stelle gemessener Bohrungsdurchmesser
$d_{mp}$	1 Mittlerer Bohrungsdurchmesser; arithmetischer Mittelwert aus größtem und kleinstem in einer Radialebene gemessenen Bohrungsdurchmesser 2 Mittlerer Durchmesser am theoretisch kleinen Durchmesser der kegeligen Bohrung; arithmetischer Mittelwert aus größtem und kleinstem gemessenen Bohrungsdurchmesser
$\Delta_{ds}$	Abweichung eines einzelnen Bohrungsdurchmessers vom Nennwert ( $\Delta_{ds} = d_s - d$ )
$\Delta_{dmp}$	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers vom Nennwert ( $\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$ )
$\Delta_{d1mp}$	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers für die theoretische Kegelfläche am weiten Ende der Kegelbohrung ( $\Delta_{d1mp} = d_{1mp} - d_1$ )
$V_{dp}$	Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer radialen Ebene
$V_{dmp}$	Schwankung des mittleren Bohrungsdurchmessers
<b>Außendurchmesser</b>	
D	Nennmaß des Außendurchmessers
$D_s$	An einer Stelle gemessener Außendurchmesser
$D_{mp}$	Mittlerer Außendurchmesser; arithmetischer Mittelwert aus größtem und kleinstem in einer Radialebene gemessenen Außendurchmesser
$\Delta_{Ds}$	Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers vom Nennwert ( $\Delta_{Ds} = D_s - D$ )
$\Delta_{Dmp}$	Abweichung des mittleren Außendurchmessers vom Nennwert ( $\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$ )
$V_{Dp}$	Schwankung des Außendurchmessers in einer radialen Ebene
$V_{Dmp}$	Schwankung des mittleren Außendurchmessers
<b>Kantenabstände</b>	
$r_s$	Einzelner auffindbarer Kantenabstand
$r_s \text{ min}$	Kleinsten einzelner Kantenabstand von $r_s, r_1, r_2, r_3, r_4 \dots$
$r_1, r_3$	Kantenabstände in radialer Richtung
$r_2, r_4$	Kantenabstände in axialer Richtung

## Toleranzsymbole

Toleranzsymbol	Tolerierte Eigenschaft
<b>Breite oder Höhe</b>	
$B, C$	Nennbreite des Innenrings bzw. des Außenrings
$B_s, C_s$	An einer Stelle gemessene Breite des Innenrings bzw. des Außenrings
$B_{1s}, C_{1s}$	An einer Stelle gemessene Breite des Innenrings bzw. des Außenrings an Lagern für den satzweise Einbau direkt nebeneinander <sup>1)</sup>
$\Delta B_s, \Delta C_s$	Abweichung von der einzelnen Innenringbreite bzw. einzelnen Außenringbreite vom Nennwert ( $\Delta B_s = B_s - B$ ; $\Delta C_s = C_s - C$ )
$\Delta B_{1s}, \Delta C_{1s}$	Abweichung der einzelnen Innenring- bzw. Außenringbreite eines speziell für den paarweisen Einbau ausgelegten Lagers <sup>1)</sup> von der Nennbreite ( $\Delta B_{1s} = B_{1s} - B_1$ ; $\Delta C_{1s} = C_{1s} - C_1$ )
$V_{B_s}, V_{C_s}$	Schwankung der Innenring- bzw. Außenringbreite
$T$	Nennhöhe H eines Axiallagers
$2C$	Gesamtnennhöhe des Außenrings eines Axiallagers
$T_s$	Einzelhöhe
$\Delta T_s$	Abweichung der tatsächlichen Lagerhöhe von der Nennhöhe eines einseitig wirkenden Axiallagers
$\Delta T_{2s}$	Abweichung der tatsächlichen Lagerhöhe von der Nennhöhe eines zweiseitig wirkenden Axiallagers
$H_s$	Einzellagerhöhe
$H_{1s}$	Einzelne Querschnittshöhe
$\Delta H_s$	Abweichung einer Einzellagerhöhe
$\Delta H_{1s}$	Abweichung einer einzelnen Querschnittshöhe
<b>Laufgenauigkeit</b>	
$K_{ia}, K_{ea}$	Rundlauf des Innenrings bzw. des Außenrings am zusammengebauten Lager (Radialschlag)
$S_d$	Planlauf der Stirnseite in Bezug auf die Bohrung (Seitenschlag)
$S_D$	Schwankung der Neigung der Mantellinie bezogen auf die Bezugsseitenfläche (Seitenschlag)
$S_{ia}, S_{ea}$	Planlauf der Stirnfläche in Bezug auf die Laufbahn des Innen- bzw. des Außenrings am zusammengebauten Lager (Axialschlag)
$S_i$	Dickenabweichung, gemessen von der Laufbahnmitte zur Rückseite (Sitz) der Wellenscheibe (Axialschlag)
$S_e$	Dickenabweichung, gemessen von der Laufbahnmitte zur Rückseite (Sitz) der Gehäusescheibe (Axialschlag)

<sup>1)</sup> Gilt nicht für die einreihigen Universal-Schräggugellager für den satzweisen Einbau.

Tabelle 5

Höchstgrenzwerte der Kantenabstände

Kleinstwert $r_{s \text{ min}}$	Nennmaß der Lagerbohrung		Größtwerte der Kantenabstände Radiallager	
	d über	bis	$r_{1,3}$ max.	$r_{2,4}$ max.
mm	mm		mm	
0,15	–	–	0,3	0,6
0,2	–	–	0,5	0,8
0,3	–	40	0,6	1
	40	–	0,8	1
0,6	–	40	1	2
	40	–	1,3	2
1	–	50	1,5	3
	50	–	1,9	3
1,1	–	120	2	3,5
	120	–	2,5	4
1,5	–	120	2,3	4
	120	–	3	5
2	–	80	3	4,5
	80	220	3,5	5
	220	–	3,5	6
2,1	–	280	4	6,5
	280	–	4,5	7
2,5	–	100	3,8	6
	100	280	4,5	6
	280	–	5	7
3	–	280	5	8
	280	–	5,5	8
4	–	–	6,5	9
5	–	–	8	10
6	–	–	10	13
7,5	–	–	12,5	17

Vorspannung und Lagerluft

Schrägkugellager und Axial-Schrägkugellager

SKF Universal-Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ für den satzweisen Einbau sind Sätze mit Schrägkugellagern sowie Axial-Schrägkugellagern und werden so angefertigt, dass beim Einbau unmittelbar nebeneinander eine festgelegte Vorspannung entsteht. Die Vorspannungswerte in den jeweiligen Produktkapiteln stehen für die Axialkraft, die erforderlich ist, um die Lagerringe bzw. Scheiben neuer, unmontierter Lager spaltfrei zusammenzudrücken.

Nach der Montage und im Betrieb ändert sich die Vorspannung. Die Hauptgründe dafür:

- Eine feste Passung im Gehäuse drückt die Laufbahn des Außenrings zusammen, während eine feste Passung an der Welle die Laufbahn des Innenrings aufweitet.
- Durch das Verspannen der Innenringe oder Wellenscheiben der Lager bzw. Lagersätze werden die Ringe und Scheiben verformt. Besonders bei der Montage auf einer Vollwelle kann der Bohrungsdurchmesser nicht abnehmen, und die seitliche Aufweitung erhöht die Vorspannung.
- Unterschiede in der Wärmeausdehnung der Lagerringe bzw. Scheiben und der Anschlussteile führen in der Regel zu einer Erhöhung der Vorspannung im Betrieb.

Ausführliche Informationen zur Vorspannung in unmontierten Lagern und zu Möglichkeiten der Bestimmung von Vorspannung im Betrieb entnehmen Sie dem jeweiligen Produktkapitel.

Zylinderrollenlager

SKF Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“ werden mit radialer Lagerluft gefertigt. Die radiale Lagerluft („Radialluft“) ist das Maß, um das sich zwei Lagerringe radial gegeneinander verschieben lassen.

Zu unterscheiden ist zwischen der Lagerluft des nicht eingebauten Lagers und der Lagerluft des eingebauten, betriebswarmen Lagers, dem Betriebsspiel,

weil durch das Passungsübermaß und durch die unterschiedliche Wärmedehnung des Lagers und der Gegenstücke bei Betriebstemperatur die Lagerringe aufgeweitet oder zusammengedrückt

werden. Der Unterschied kann auf die feste Passung auf der Welle bzw. im Gehäuse sowie auf die Wärmeausdehnung der Lager und Anschlusssteile zurückgeführt werden. Diese Faktoren können die Lagerluft u. U. so stark reduzieren, dass sich Vorspannung im Lager bildet.

Ausführliche Informationen zur Lagerluft in neuen Lagern vor der Montage und Empfehlungen zu Lagerluft bzw. Vorspannung enthält der Abschnitt *Radialluft*. (→ **Seite 273**).

## Werkstoff

Leistungsvermögen und Zuverlässigkeit von Wälzlagern werden im hohen Maße durch die Werkstoffe bestimmt, aus denen die einzelnen Teile gefertigt sind. Typische Auswahlfaktoren für das Material von Lagerringen und Wälzkörpern sind der Härtegrad, die Ermüdungsfestigkeit im Wälzkontakt, die Schmierbedingungen (sauber oder verunreinigt) und die Maßstabilität der Lagerkomponenten. Für die Wahl des Käfigmaterials spielen Reibung, Belastungen, Temperaturen, Massenkräfte und u. U. auch die chemische Einwirkung durch Schmierstoffe, Schmierstoffzusätze, Lösungsmittel und Kühlmittel eine Rolle.

Auch in Wälzlager integrierte Dichtungen können erheblichen Einfluss auf Leistung und Zuverlässigkeit des Lagers haben. Ihre Werkstoffe müssen über einen großen Temperaturbereich beständig gegenüber Oxidation (Alterung), Verschleiß und Chemikalien sein.

SKF verfügt über die Kompetenz und die Möglichkeiten um unterschiedlichste Werkstoffe verarbeiten, behandeln oder auch beschichten zu können. Die SKF-Anwendungstechniker können Sie bei der Auswahl der Lager, Käfige und Dichtungsmaterialien unterstützen, die für Spezialanwendungen am besten geeignet sind.

## Werkstoffe für Lagerringe und Wälzkörper

### Stahl für Standardlager

Bei dem Stahl für SKF Standard-Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ handelt es sich um ultrareinen, durchgehärteten Chromstahl (100Cr6) mit einem Anteil von ca. 1% Kohlenstoff und 1,5% Chrom (nach ISO 683-17). Seine chemische Zusammensetzung kombiniert auf ideale Weise Verarbeitung- und Einsatzigenschaften. Zwei Arten der Wärmebehandlung – Martensit- und Bainithärtung – werden normalerweise eingesetzt, um die erforderliche Härte von 58 bis 65 HRC zu erzielen.

SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ sind bis 150 °C maßstabiliert. Andere Faktoren wie Käfigwerkstoff, Dichtungswerkstoff und Schmierstoff können allerdings die zulässige Betriebstemperatur beschränken.

Angaben zu den Werkstoffeigenschaften finden Sie in **Tabelle 6** (→ **Seite 54**).

### NitroMax-Stahl (stickstoffreicher Edelstahl)

NitroMax ist eine neue Generation ultrareinen, stickstoffreichen Edelstahls. Im Vergleich zu Standard-Wälzlagerstahl (100Cr6) kann NitroMax Folgendes bieten:

- erhöhte Verschleiß- und Ermüdungsfestigkeit unter schlechten Schmierungsverhältnissen ( $\kappa < 1$ )
- erhöhte Bruchzähigkeit
- hervorragende Korrosionsfestigkeit

Bei Drehzahlen höher als  $A = 1$  bis  $1,15 \times 10^6$  mm/min. sind all diese Eigenschaften sehr von Vorteil.

Dank der erhöhten Verschleiß- und Ermüdungsfestigkeit können die Lager unter allen Schmierungsbedingungen länger betrieben werden. Dies gilt insbesondere bei Dünnfilmschmierungen, die durch kinematische Mangel-schmierung bei sehr hohen Drehzahlen entstehen.

Die erhöhte Bruchzähigkeit reduziert die Gefahr eines Innenringbruchs aufgrund erhöhter Ringzugbelastung durch Zentrifugalkräfte bei sehr hohen Drehzahlen.

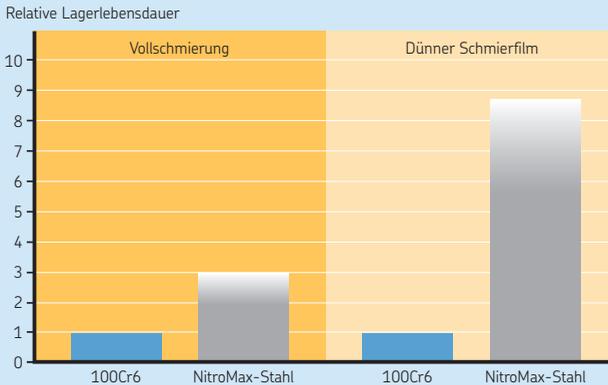
Im Vergleich zu Lagern aus Wälzlagerstahl kann dieser ultrareine, stickstoffreiche Stahl die Lagerlebensdauer beim Betrieb mit voll ausgebildetem Schmierfilm ( $\kappa \geq 1$ ) beträchtlich verlängern. Bei einem dünnen Schmierfilm ist die lebensverlängernde Wirkung sogar noch größer, siehe → **Diagramm 8**.

NitroMax-Stahl ist nicht nur herkömmlichem Wälzlagerstahl überlegen, sondern auch anderen stickstoffreichen Edelstählen. Um dies zu verdeutlichen, muss erklärt werden, inwieweit Stickstoff das Mikrogefüge von Stahl beeinflusst und wie diese Wirkung bei der Wärmebehandlung optimiert wird.

Bei der Wärmebehandlung von Wälzlagerstahl entstehen brüchige Chrom- und Chrom-Molybdänkarbide die der umliegenden Stahlmatrix Chrom und Molybdän entziehen und somit die Lochfraßbeständigkeit beeinträchtigen. Beim

Diagramm 8

Relative Lebensdauer von Hybridlagern mit NitroMax-Stahlringen



$$\text{Relative Lagerlebensdauer} = \frac{L_{10} \text{ Prüfung, Lebensdauer für Hybridlager mit NitroMax-Stahlringen}}{L_{10} \text{ Referenzlebensdauer für Hybridlager mit 100Cr6-Ringen}}$$

Prüfbedingungen:

$\kappa = 2,72$  bei Vollschmierung

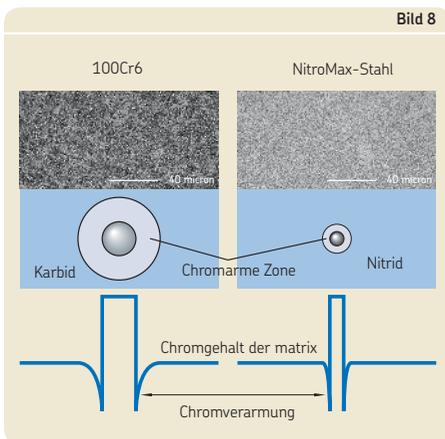
$\kappa = 0,1$  bei dünnem Schmierfilm

Vergüten von NitroMax-Stahl bilden sich dagegen kleine, feine Chrom-Nitride (→ **Bild 8**). Dies geschieht, weil sich der Chromanteil in der Stahlmatrix deutlich erhöht, wenn der Stickstoff den Kohlenstoff in der Stahllegierung teilweise ersetzt. Dank der hieraus resultierenden kleineren chromarmen Zonen um die Nitride herum ist NitroMax-Stahl wesentlich korrosionsbeständiger (→ **Bild 9**).

Die erhöhte Ermüdungsfestigkeit von NitroMax-Stahl wird auf sein einheitliches Mikrogefüge und seine feine Verteilung von Chromnitrid-Ausscheidungen mit nur sehr wenigen ungelösten Sekundärkarbiden zurückgeführt. Die Feinheit der NitroMax-Struktur schneidet im Vergleich zu Standard-Lagerstahl 100Cr6 gut ab, womit sich auch die Überlegenheit der NitroMax-Struktur gut erklären lässt. Die hohe Schlagfestigkeit, die Maßstabilität und der hohe Härtegrad (> 58 HRC) werden durch die abschließenden Vergütungs-schritte bei der Wärmebehandlung erzielt.

Ein weiterer Vorteil von NitroMax-Stahl ist der niedrigere Wärmedehnungskoeffizient gegenüber 100Cr6. Dieser Vorteil und der extrem niedrige Wärmeausdehnungskoeffizient der Keramikwälzkörper, die serienmäßig in SKF Lagern mit NitroMax-Stahlringen eingesetzt werden, führen dazu, dass eine Kombination dieser beiden Werkstoffe wesentlich weniger empfindlich gegenüber Temperaturänderungen zwischen Innen- und Außenringen ist. Der Grad der Vorspannung ist daher selbst bei extremen Betriebsbedingungen wesentlich stabiler. Daraus resultieren weniger Reibungsverluste, niedrigere

Betriebstemperaturen und eine längere Lebensdauer.



### Keramikwerkstoffe

Der Keramikwerkstoff für Wälzkörper in SKF Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ ist ein Siliziumnitrid nach ISO 26602. Das Material besteht aus feinen, gestreckten Körnern aus Beta-Siliziumnitrid in einer Glasphasen-Matrix. Es ermöglicht eine günstige Kombination von Eigenschaften, die für Hochgeschwindigkeitslager wichtig sind:

- hoher Härtegrad
- hoher Elastizitätsmodul
- niedrige Dichte
- niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient
- hohe Stromdurchschlagsfestigkeit
- niedrige dielektrische Konstante
- Unempfindlichkeit gegenüber Magnetfeldern

Angaben zu den Werkstoffeigenschaften finden Sie in **Tabelle 6**.

Lager mit Stahlringen und Keramikwälzkörpern bezeichnet man als Hybridlager.

Tabelle 6

#### Vergleich der Werkstoffeigenschaften von Siliziumnitrid und Wälzlagerstahl 100Cr6

Werkstoffeigenschaften	Siliziumnitrid für Wälzlageranwendungen	Wälzlagerstahl
<b>Werkstoffeigenschaften</b>		
Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	3,2	7,9
Härte	1 600 HV10	700 HV10
Elastizitätsmodul [kN/mm <sup>2</sup> ]	310	210
Wärmedehnung [10 <sup>-6</sup> /K]	3	12
<b>Elektrische Eigenschaften (bei 1 MHz)</b>		
Spezifischer elektrischer Widerstand [Ωm]	10 <sup>12</sup> (Isolator)	0,4 × 10 <sup>-6</sup> (Leiter)
Durchschlagfestigkeit [kV/mm]	15	–
Relative dielektrische Konstante	8	–

## Werkstoffe für Käfige

### Phenolharz mit Gewebereinlage

Verstärktes Hartgewebe ist ein leichter Werkstoff. Käfige aus diesem Material halten hohen Zentrifugal- und Beschleunigungskräften sowie Betriebstemperaturen bis 120 °C stand. Das Material nimmt Öl auf, unterstützt die Schmierung von Käfig- bzw. Wälzkörper-Kontaktstellen und bietet einen Sicherheitsspielraum für den Fall, dass die Schmierstoffzufuhr unterbrochen wird.

Verstärktes Hartgewebe ist der Standard-Käfigwerkstoff für Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“.

### Polyamid 66

Polyamide 66 (PA66) zeichnet sich mit oder ohne Glasfaserverstärkung durch eine günstige Kombination aus Festigkeit und Elastizität aus. Durch die ausgezeichnete Gleitfähigkeit auf geschmiertem Stahl und die optimale Ausführung der Gegengleitflächen fördern Käfige aus PA66 einen reibungsarmen Lagerbetrieb mit geringem Verschleiß und entsprechend niedriger Reibungswärme. PA66 kann bei Betriebstemperaturen bis 120 °C eingesetzt werden. Bei den Käfigen aus PA66 wird die Einsatzmöglichkeit jedoch durch einige Syntheseöle oder Schmierfette auf Syntheseölbasis sowie durch verschiedene Schmierstoffe mit EP-Zusätzen bei hohen Temperaturen beeinträchtigt. Weitere Informationen zu geeigneten Käfigen finden Sie im Abschnitt *Käfige* und *Werkstoffe für Käfige* des SKF Katalogs *Wälzlager* und unter [skf.com](http://skf.com).

PA66 ist der Standard-Käfigwerkstoff für viele Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager und Axial-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“.

### Polyetheretherketon

Glas- oder kohlenstofffaserverstärktes Polyetheretherketon (PEEK) wird häufig für anspruchsvolle Anwendungen mit hohen Drehzahlen, hohen Temperaturen oder einem Bedarf an Chemikalienbeständigkeit eingesetzt. Bei hohen Drehzahlen ist die zulässige Maximaltemperatur auf 150 °C begrenzt, da höhere Temperaturen das Polymer weich machen. Käfige aus diesem Werkstoff zeigen bei Temperaturen bis 200 °C keine Alterungserscheinungen, auch nicht in Gegenwart von Schmierstoffzusätzen.

PEEK ist der Standard-Käfigwerkstoff für einige Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ und für Zylinderrollenlager der Hochgeschwindigkeitsausführung.

### Messing

Messing wird weder von den üblichen mineralischen und synthetischen Schmierstoffen noch von den zum Reinigen verwendeten organischen Lösungsmitteln angegriffen. Käfige aus Messing sind für Betriebstemperaturen bis 250 °C geeignet.

Messing-Massivkäfige kommen bei einigen zweireihigen Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlagern sowie bei zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern der Reihe „Super-precision bearings“ zum Einsatz und sind der Standard für Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ ( $d \geq 300$  mm).

### Sonstige Käfigwerkstoffe

Die Käfige von SKF Hochgenauigkeitsspeziallagern der Reihe „Super-precision bearings“ sind auch aus anderen technischen Kunststoffen sowie aus Leichtmetall-Legierungen und versilbertem Stahl erhältlich. Informationen über Käfige aus anderen Werkstoffen erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### Werkstoffe für Dichtungen

Die in SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ integrierten Dichtungen bestehen meist aus stahlblechverstärkten Elastomeren.

#### Acrylnitril-Butadien-Kautschuk

Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) ist schlechthin der Universalwerkstoff für Dichtungen. Das Mischpolymer aus Acrylnitril und Butadien weist gute Beständigkeit gegen folgende Medien auf:

- den meisten Mineralölen und Schmierfetten auf Mineralölbasis
- Normalenzin, Dieselmotorenstoffen und leichtem Heizöl
- tierischen und pflanzlichen Ölen und Fetten
- heißem Wasser

Der zulässige Temperatur-Anwendungsbereich liegt zwischen  $-40$  und  $+100$  °C. In diesem Temperaturbereich ist ein zeitweiliger Trockenlauf der Dichtlippe zulässig. Kurzzeitig sind auch Temperaturen bis  $120$  °C zulässig. Bei höheren Temperaturen verhärtet der Werkstoff.

#### Fluor-Kautschuk

Die besonderen Eigenschaften des Fluor-Kautschuks (FKM) sind seine hohe thermische und chemische Beständigkeit. Die Beständigkeit gegen Alterung und Ozon ist sehr gut und die Gasdurchlässigkeit gering. Es weist selbst bei sehr schwierigen Umgebungsbedingungen außergewöhnlich gute Verschleißigenschaften auf und ist für Betriebstemperaturen zwischen  $-30$  und  $+230$  °C geeignet. In diesem Temperaturbereich ist ein zeitweiliger Trockenlauf der Dichtlippe zulässig.

Fluor-Kautschuk ist außerdem beständig gegen Ölschmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten, Kraft- und Schmierstoffe, Mineralsäuren, Aliphaten sowie gegen aromatische Kohlenwasserstoffe, bei denen viele andere Dichtstoffe versagen. Für Ester, Ether, Ketone, bestimmte Amine und heiße wasserfreie Hydrofluoride ist FKM nicht geeignet.

Wenn Dichtungen aus Fluor-Kautschuk Temperaturen von mehr als  $300$  °C ausgesetzt sind, z. B. durch ein offenes Feuer, werden gefährliche Gase und Dämpfe freigesetzt. Auch nach dem Abkühlen ist der Umgang mit diesen Lagern gefährlich. Es sind daher immer die Sicherheitshinweise zu beachten (→ **ACHTUNG**).

### ACHTUNG: GEFÄHRLICHE DÄMPFE

#### Vorsichtsmaßnahmen für Fluor-Kautschuk

Fluor-Kautschuk (FKM) ist unter normalen Betriebsbedingungen und bei Temperaturen bis  $200$  °C sehr stabil und ungefährlich. Wenn es jedoch Temperaturen über  $300$  °C ausgesetzt wird, z. B. durch Feuer oder die Flamme eines Schneidbrenners, werden gefährliche Gase und Dämpfe freigesetzt. Diese Dämpfe sind gesundheitsschädlich, wenn sie eingeatmet werden oder in die Augen gelangen. Auch nach dem Abkühlen ist der Umgang mit Dichtungen aus diesen Werkstoffen, die solch hohen Temperaturen ausgesetzt waren, immer noch gefährlich. Ein Hautkontakt muss vermieden werden!

Wenn mit abgedichteten Lagern umgegangen werden muss, die hohen Temperaturen ausgesetzt waren, wie z.B. beim Ausbau des Lagers, sind die folgenden Sicherheitsbestimmungen einzuhalten:

- Immer Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen, gegebenenfalls auch entsprechendes Atemschutzgerät.
- Die Überreste der Dichtungen in einen dicht schließenden Kunststoffbehälter geben, der mit dem Gefahrensymbol für „Ätzendes Material“ gekennzeichnet ist.
- Die in den Sicherheitsdatenblättern aufgeführten Vorsichtsmaßnahmen beachten.

Bei Kontakt mit solchen Dichtungen sind die Hände mit Seife zu reinigen und mit reichlich Wasser zu spülen, die Augen sind nach Kontakt mit viel Wasser auszuspülen und es ist ein Arzt aufzusuchen. Wenn Dämpfe eingeatmet werden, ist sofort ein Arzt aufzusuchen.

Für den sicheren Umgang während der Gebrauchsdauer bis hin zur Verschrottung und der umweltgerechten Entsorgung der Dichtung ist der Anwender zuständig. SKF haftet nicht für mögliche Folgeschäden, die aus unsachgemäßer Handhabung von Lagern mit FKM-Dichtungen herrühren.

## Gestaltung der Lagerungen

Die Mehrzahl der Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ kommt in Werkzeugmaschinenspindeln zum Einsatz. Die wichtigsten Informationen für die Gestaltung leistungsoptimierter Lageranordnungen sind nachstehend aufgeführt.

### Lageranordnungen

Für die Lagerung eines rotierenden Maschinenteils, z. B. einer Welle, sind im Allgemeinen zwei Lageranordnungen erforderlich. Entsprechend den Anforderungen an die Steifigkeit, die Tragfähigkeit und die axiale Führung können an einem Ende ein oder auch mehrere zusammengepasste Lager vorgesehen werden.

### Lageranordnungen für hohe Belastungen

Oft werden Drehspindeln zur Metallbearbeitung bei relativ niedrigen Drehzahlen verwendet. Spantiefe und Vorschubgeschwindigkeit werden in Abhängigkeit von der geforderten Oberflächengüte meist bis zum Äußersten getrieben. In einem Drehautomaten wird die Leistung normalerweise durch eine Riemenscheibe oder ein Zahngetriebe auf die Spindel übertragen, wodurch hohe Radiallasten auf der Antriebsseite

resultieren. An der Werkzeugseite der Spindel, wo hohe Kombibelastungen auftreten, müssen Steifigkeit und Tragfähigkeit ebenfalls hoch sein.

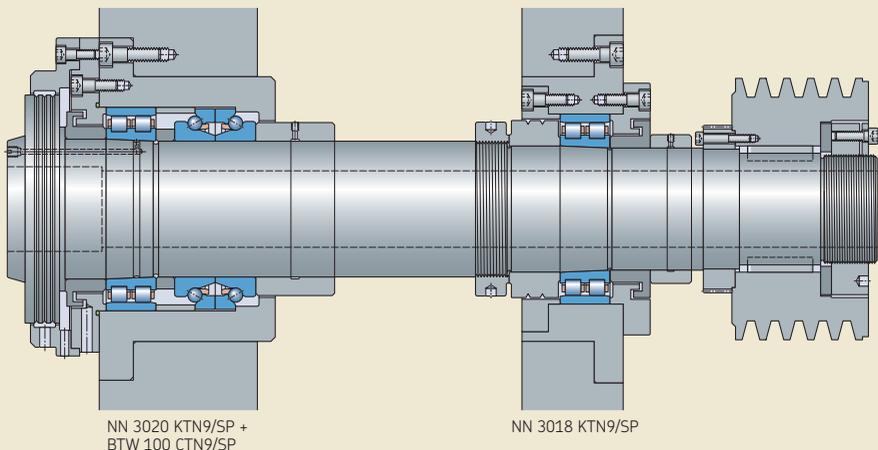
In Drehspindeln kommt häufig ein zweireihiges Zylinderrollenlager in Kombination mit einem zweiseitig wirkenden Axial-Schräggugellager an der Werkzeugseite und ein zweireihiges Zylinderrollenlager an der Gegenseite zum Einsatz (→ Bild 10).

Der Außendurchmesser der Schräggugellauger-Gehäusescheibe wird mit einer bestimmten Toleranz gefertigt. Dank dieser Toleranz wird das Lager beim Einbau im Gehäuse radial freigestellt, wenn die Bohrungsdurchmessertoleranz für das angrenzende zweireihige Zylinderrollenlager passend ist. Die radiale Freistellung reicht dann aus, um das Axiallager von einer signifikanten radialen Belastung zu befreien. Diese Lageranordnung gewährleistet eine lange rechnerische Lebensdauer und eine hohe Steifigkeit und Stabilität – beides Voraussetzungen für die Herstellung hochwertiger Werkstücke.

Als Faustregel gilt: Die Entfernung zwischen der Mitte des Lagers auf der Werkzeugseite und der Mitte des Lagers auf der Gegenseite sollte das 3- bis 3,5-Fache des Bohrungsdurchmessers des Lagers auf der Werkzeugseite betragen. Diese Faustregel gilt besonders für hohe Belas-

Bild 10

Riemengetriebene CNC-Drehspindel für große Stangendurchmesser

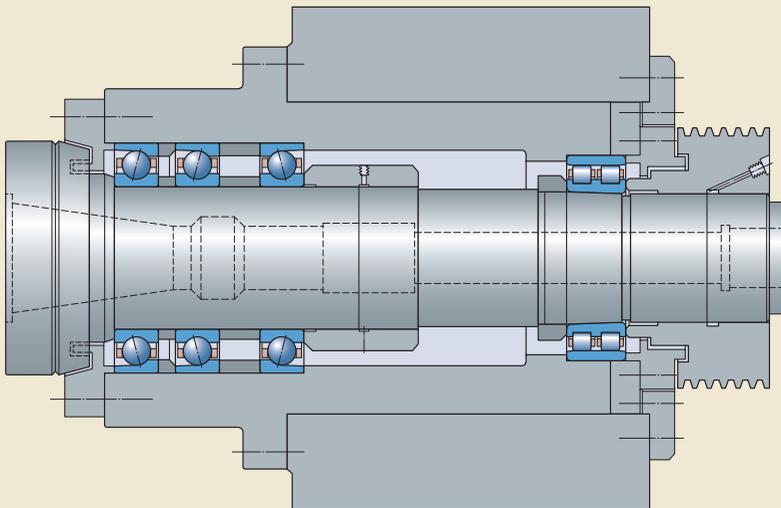


tungen. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Systemsteifigkeit* (→ Seite 66).

Zusätzliche Anordnungen für CNC-Spindel-einheiten, herkömmliche Fräsmaschinen (→ Bild 11 und 12) und Zentrierspitzen (→ Bild 13) sind ebenfalls erhältlich.

Bild 11

### Riemengetriebene CNC-Drehspindel

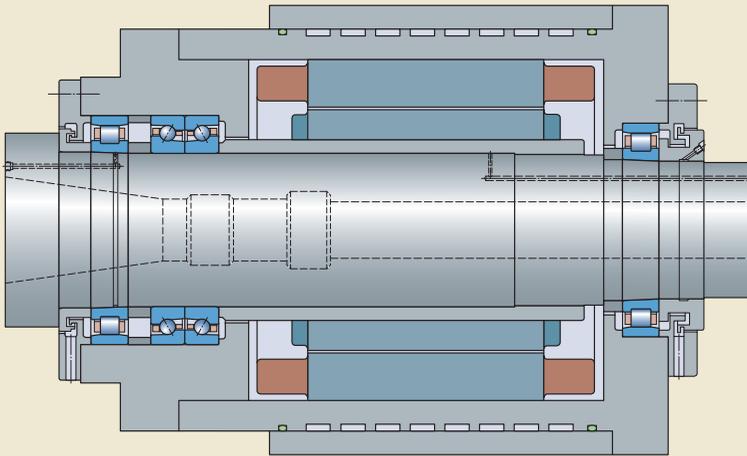


7016 ACD/P4ATBTA

NN 3014 KTN/SP

Bild 12

Herkömmliche Fräsmaschinenspindel



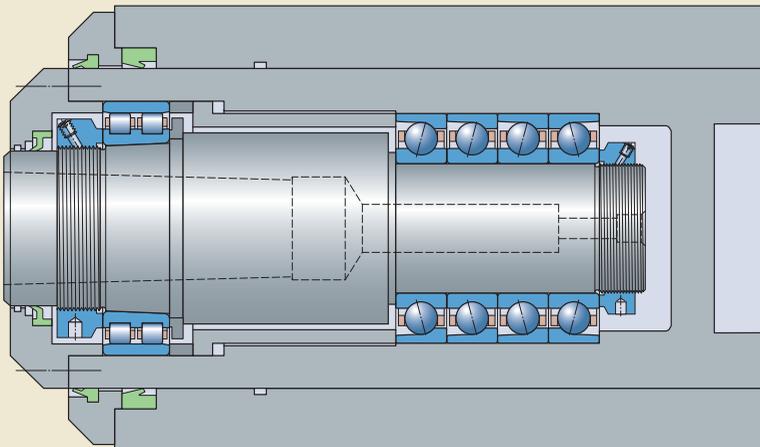
N 1014 KTN/SP +  
BTM 70 ATN9/HCP4CDBA

N 1013 KTN/SP

1

Bild 13

Zentrierspindel



NN 3013 KTN/SP

7209 ACD/P4AQBTB

Für Anwendungsfälle mit begrenztem Einbauraum sind eventuell Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der „Super-precision bearings“-Serie 718 oder 719 (**Bild 14** und **15**) besser geeignet.

Bild 14

Mehrspindelbohrkopf

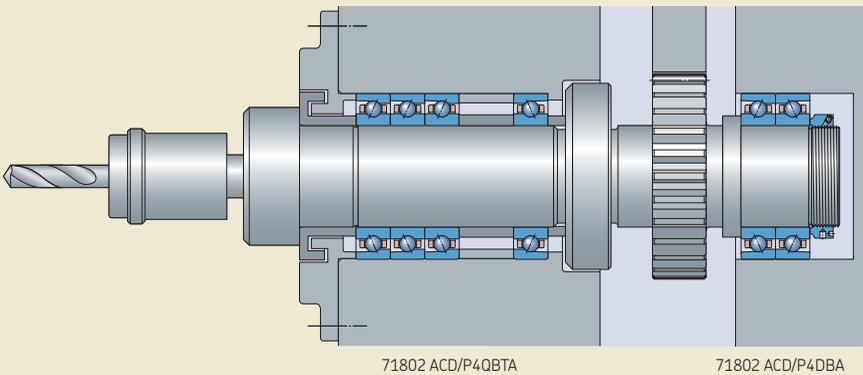
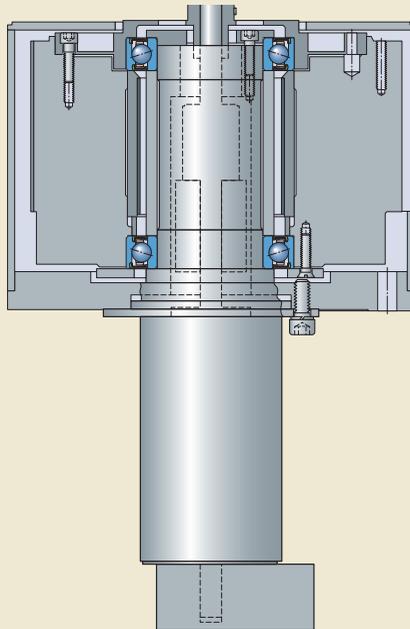


Bild 15

Einheit zur Erkennung von Defekten an Siliziumwafern



S71906 CD/P4ADBA

### Lageranordnungen für höhere Steifigkeit und Drehzahlen

Werden höhere Drehzahlen verlangt, beispielsweise in Bearbeitungszentren ( $A > 1,2$  Mio. mm/min), muss ein Kompromiss zwischen Steifigkeit und Tragfähigkeit gefunden werden. In diesen Anwendungsfällen wird die Spindel meist vom Motor angetrieben (Motor- oder Elektrospindeln) oder der Antrieb erfolgt über eine Kupplung. Dabei wirken auf der Gegenseite keine radialen Antriebslasten, so wie bei einer Spindel mit Riementrieb der Fall ist. Aus diesem Grund werden häufig Sätze aus einreihigen Schrägkugellagern und einreihigen Zylinderrollenlagern verwendet (→ **Bild 16**). In dieser Lageranordnung ist der Lagersatz auf der Werkzeugseite axial festgelegt, während das Zylinderrollenlager der Gegenseite die wärmebedingten Längenveränderungen der Spindel im Verhältnis zum Gehäuse im Lager aufnimmt.

Weitere Anordnungsbeispiele für Spindeln in Bearbeitungszentren und Fräsmaschinen sehen Sie auf **Bild 17** und **18**).

Für Fälle mit höherer Leistung empfiehlt SKF die Verwendung von Hybridlagern mit Wälzkör-

pern aus Siliziumnitrid in Wälzlagerqualität ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).

Bild 16

#### Elektrospindeln in horizontalen Bearbeitungszentren

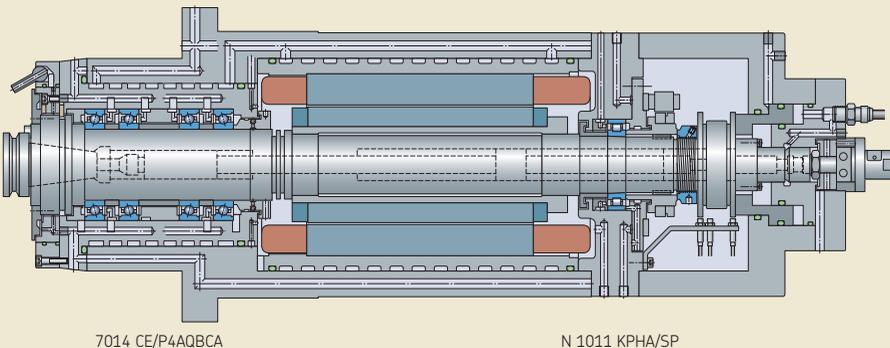
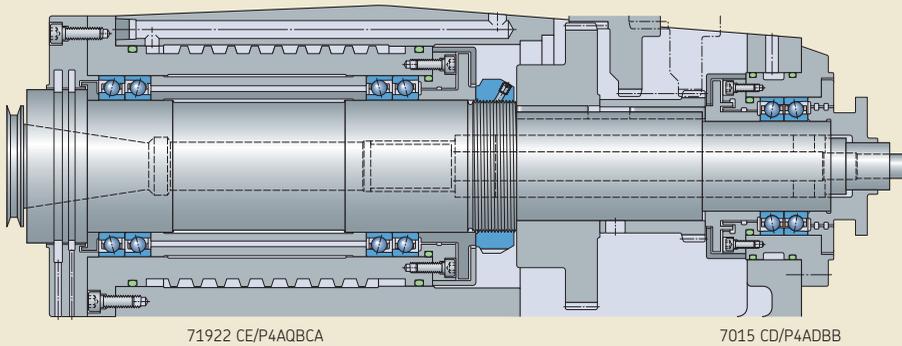


Bild 17

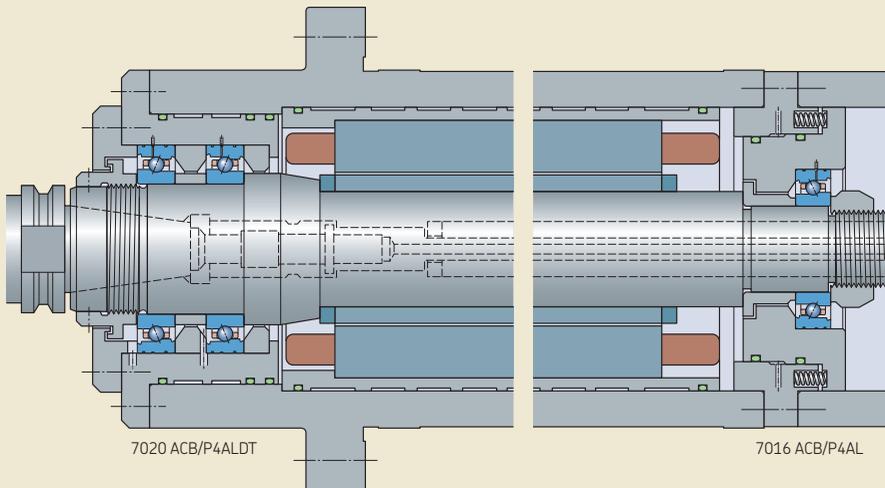
Spindel in einem horizontalen Bearbeitungszentrum



1

Bild 18

Elektrospindeln in Hochgeschwindigkeits-Zerspanungsmaschinen



### Lageranordnungen für höchste Drehzahlen

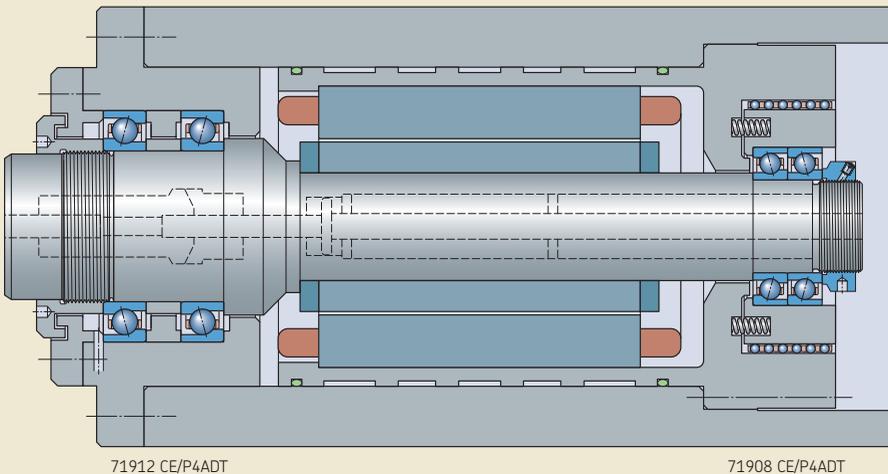
Beim Einbau von Schrägkugellagersätzen mit einer festen Vorspannung (ohne Federn) nimmt diese Vorspannung wegen der unterschiedlichen Wärmeausdehnung im Betrieb zu. Bei zunehmenden Drehzahlen wird diese Wirkung in der Regel noch verstärkt.

Zur Vermeidung von Beschädigungen durch eine übermäßige Vorspannung, besonders bei Anwendungen mit außergewöhnlich hohen Drehzahlen ( $A > 2$  Mio. mm/min), werden Schrägkugellager oft mit Federn vorgespannt (→ Bild 19). Federn steuern die Vorspannung unabhängig von der relativen wärmebedingten Ausdehnung und minimieren die von den Lagern erzeugte Reibungswärme.

Noch besser lässt sich die Vorspannung von Schrägkugellagern hydraulisch erzeugen. Ein Hydrauliksystem stellt die Vorspannung je nach Drehzahl der Spindel ein, sodass sich eine optimale Kombination aus Steifigkeit, Reibungswärme und Lagergebrauchsdauer ergibt.

Bild 19

#### Elektrospindeln für Innenschleifmaschinen





### Systemsteifigkeit

Werkzeugmaschinen müssen eine sehr hohe Systemsteifigkeit aufweisen, da sich Durchbiegungen bei Belastung extrem auf die Bearbeitungsgenauigkeit auswirken. Die Lagersteifigkeit ist nur einer der Faktoren für die Systemsteifigkeit. Weitere Faktoren sind:

- Steifigkeit der Welle
- Werkzeugkraglänge
- Gehäusesteifigkeit
- Anzahl und Position der Lager und der Einfluß der Passungen

Für die Gestaltung von Hochgenauigkeits-Anwendungsfällen mit hohen Drehzahlen wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Größtmöglichen Wellendurchmesser auswählen.
- Kleinstmöglichen Abstand zwischen Lager der Werkzeugseite und Spindelnase festlegen.
- Kleinstmöglichen Abstand zwischen den beiden Lagersätzen festlegen (→ Bild 20). Richtlinie für die Abstandsfestlegung:

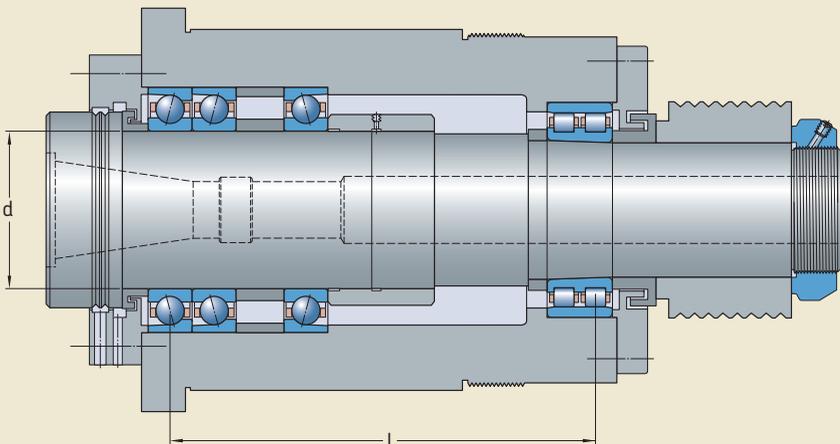
$$l \approx 3 \dots 3,5 d$$

Hierin sind

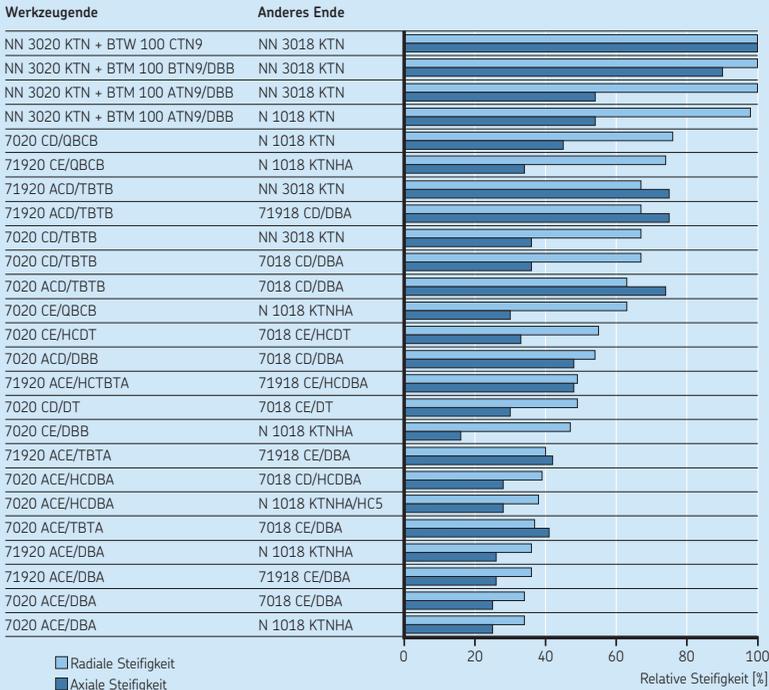
- l = Abstand zwischen der ersten Lagerreihe auf der Werkzeugseite und der hintersten Lagerreihe auf der Gegenseite
- d = Lagerbohrungsdurchmesser Werkzeugseite

**Diagramm 9** gibt eine Vergleichsübersicht über die Steifigkeit unterschiedlicher Lagerungen. Einzelheiten zu den einzelnen Lagerreihen enthält der Abschnitt *Bezeichnungsschema* im jeweiligen Produktkapitel. Der Vergleich basiert auf vorgespannten Lagern mit 100-mm-Bohrung auf der Werkzeugseite und 90-mm-Bohrung auf der Gegenseite. Diese Richtwerte können eine genaue Berechnung der Systemsteifigkeit nicht ersetzen. Für eine erweiterte Systemanalyse wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

Bild 20



Vergleich der Steifigkeit typischer Spindellagersysteme



**Schrägkugellager**

- AC** Berührungswinkel 25°
- C** Berührungswinkel 15°
- D** Hochleistungsausführung D
- E** Hochgeschwindigkeitsausführung E
- HC** Keramikkugeln
- DB** Zwei Lager in O-Anordnung <>
- DT** Zwei Lager in Tandem-Anordnung <<
- TBT** Drei Lager, Drei Lager, in Tandem-O-Anordnung <>>
- QBC** Vier Lager, in Tandem-O-Tandem-Anordnung <<>>
- A** Extra leichte oder leichte Vorspannung
- B** Leichte oder mittlere Vorspannung

**Zylinderrollenlager**

- K** Kegelige Bohrung
- TN** Käfig aus PA66, rollengeführt
- TNHA** Glasfaserverstärkter Käfig aus PEEK, außenringgeführt
- HC5** Keramikkrollen

**Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager**

- A** Berührungswinkel 30°
- B** Berührungswinkel 40°
- C** Berührungswinkel 60°
- TN9** Glasfaserverstärkter Käfig aus PA66, kugelführend

### Lagersteifigkeit

Die Steifigkeit eines Wälzlagers richtet sich nach der Größe der elastischen Verformung (Auslenkung) des belasteten Lagers. Sie wird als Verhältnis der Belastung zur Auslenkung berechnet und hängt von Lagertyp, Konstruktion und Größe ab. Die wichtigsten Parameter sind:

- Art der Wälzkörper: Rollenlager bieten aufgrund der Berührungsverhältnisse zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen eine höhere Steifigkeit als Kugellager
- Werkstoff der Wälzkörper (→ **Diagramm 10**)
- Anzahl und Größe der Wälzkörper
- Berührungswinkel (→ **Diagramm 11**)
- Vorspannungsklasse (→ **Diagramm 12**)

Die Lagersteifigkeit kann durch eine Vorspannung weiter erhöht werden (siehe dazu den Abschnitt → *Lagervorspannung*, **Seite 90**). Lager für Werkzeugmaschinen werden serienmäßig vorgespannt.

Eine lose Passung kann sich negativ auf die Gesamtsteifigkeit der Lageranordnung auswirken. Allerdings kann eine lose Gehäusepassung

für Lagerungen erforderlich sein, in denen ein Schrägkugellager als Loslager eingesetzt wird. In der Regel befindet sich das Loslager nicht an der Werkzeugeite, sondern an der anderen Seite der Spindel. Der Einfluss auf die Systemsteifigkeit für die Werkzeugeite ist daher begrenzt. Wenn auch für das Loslager eine hohe Steifigkeit gefordert ist, sollte ein Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung zum Einsatz kommen. Eine solche Anordnung kann axiale Verlagerungen der Spindel im Verhältnis zum Gehäuse innerhalb des Lagers aufnehmen und so eine feste Passung für Innen- und Außenring ermöglichen.

Diagramm 10

#### Radiale Steifigkeit federbelasteter Lager

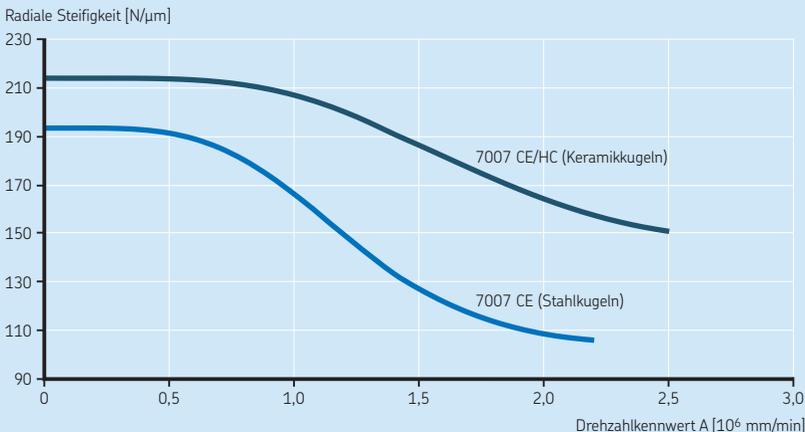


Diagramm 11

Axiale Verlagerung der Lagersätze in einer O-Anordnung mit unterschiedlichen Berührungswinkeln

1

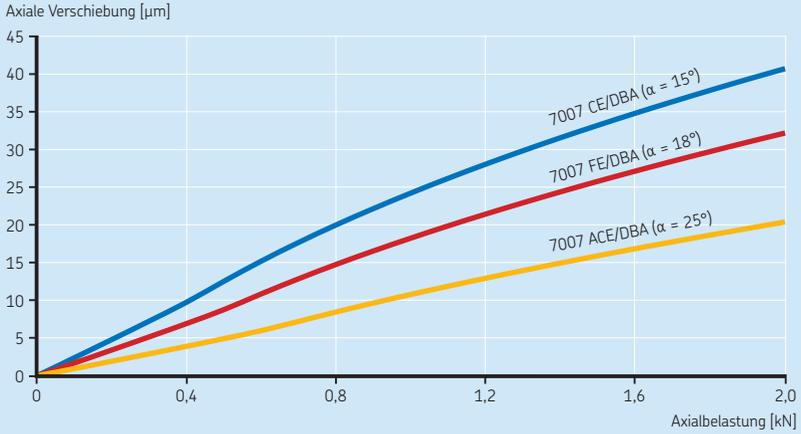
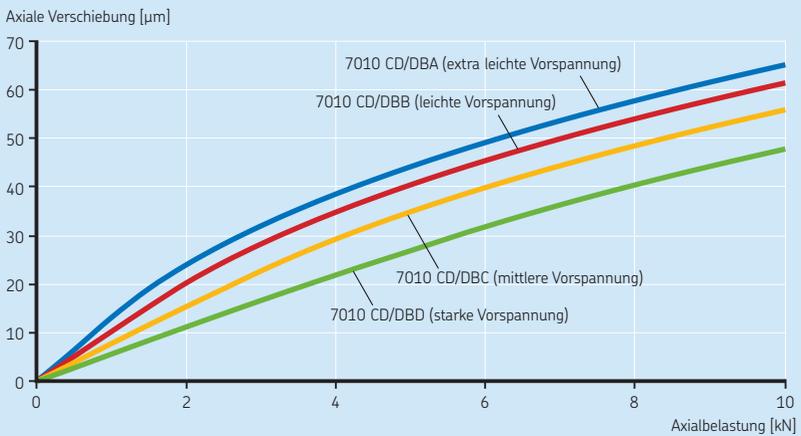


Diagramm 12

Axiale Verlagerung der Lagersätze in einer O-Anordnung mit unterschiedlichen Vorspannungen



### Radiale Befestigung der Lager

Wenn die Tragfähigkeit eines Lagers voll ausgenutzt werden soll, müssen seine Ringe oder Scheiben um den gesamten Umfang und über die gesamte Breite der Laufbahn vollständig unterstützt werden. Die Lagerung muss fest sein und kann ein geeigneter zylindrischer oder keglicher Sitz oder bei Axiallagern eine plane (ebene) Aufspannfläche sein. Die Lagersitze sollten mit angemessenen Toleranzklassen bearbeitet worden sein und nicht durch Nuten, Bohrungen oder ähnliche Aussparungen unterbrochen werden, sofern der Sitz nicht für das Druckölverfahren vorgesehen ist. Das ist besonders wichtig für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-Precision Bearings“ mit relativ dünnen Ringen, die dazu neigen, die Form des Wellen- oder Gehäusesitzes anzunehmen. Außerdem sollten die Lagerringe zuverlässig fixiert werden, damit sie sich unter Belastung nicht in oder auf ihren Sitzen drehen.

Generell lässt sich eine zufriedenstellende radiale Befestigung und adäquate Unterstützung nur erreichen, wenn die Ringe mit ausreichend fester Passung eingebaut werden. Lagerringe, die nicht korrekt oder nicht ausreichend gesichert sind, verursachen im Allgemeinen Schäden am Lager und an den Anschlussteilen. Wenn allerdings ein einfacher Ein- und Ausbau erwünscht ist oder bei einem Loslager die axiale Verschiebbarkeit sichergestellt werden muss, kann keine feste Passung vorgesehen werden. In Fällen, in denen eine lose Passung erforderlich ist, normalerweise aber eine feste Passung benötigt werden würde, sind unter Umständen besondere Maßnahmen erforderlich, um den durch „Wandern“ unvermeidlichen Verschleiß in Grenzen zu halten (wenn sich der Lagerring auf seinem Sitz dreht). Mögliche Maßnahmen können z. B. sein: Oberflächenhärtung der Sitze und Anlageflächen.

### Empfohlene Wellen- und Gehäusepassungen

#### Durchmessertoleranzen für Lagersitzflächen

Wellen- und Gehäusesitze für Schrägkugellager, Zylinderrollenlager und zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ sollten gemäß den folgenden empfohlenen Durchmessertoleranzen hergestellt werden:

- **Tabelle 7** für Wellensitz-Toleranzen
- **Tabelle 8** (→ **Seite 72**) für Gehäusesitz-Toleranzen

Empfehlungen für andere Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ entnehmen Sie dem jeweiligen abschnitt für:

- Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe (→ *Zugehörige Komponenten*, **Seite 349**)
- Axial-Radial-Zylinderrollenlager (→ *Gestaltung der Lagerungen*, **Seite 324**)

Werte geeigneter ISO-Toleranzklassen für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ sind aufgelistet in:

- **Tabelle 9** (→ **Seite 73**) für Wellentoleranzen
- **Tabelle 10** (→ **Seite 73**) für Gehäusetoleranzen

Für die gängigen Toleranzklassen ist die Toleranzfeldlage im Vergleich zur Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz der Wälzlager schematisch in **Bild 21** dargestellt.

Tabelle 7

Durchmessertoleranzen für Lagersitze auf Stahlwellen

Lagerart	Wellendurchmesser		Toleranzklasse <sup>1)</sup>		Abmaß	
	über	bis	Lager der Toleranzklasse P4, P4A, P4C, SP P2, PA9A, UP		ob.	unt.
–	mm		–		µm	
<b>Schrägkugellager</b>						
mit Umfanglast am Außenring	–	400	h4	h3	–	–
mit Umfanglast am Innenring	–	30	–	–	+1	-3
	30	80	–	–	+2	-3
	80	120	–	–	+3	-3
	120	180	–	–	+4	-4
	180	250	–	–	+5	-5
	250	315	–	–	+6	-6
	315	400	–	–	+6,5	-6,5
<b>Zylinderrollenlager</b>						
mit zylindrischer Bohrung	–	40	js4	–	–	–
	40	280	k4	–	–	–
	280	500	k4 <sup>2)</sup>	–	–	–
	500	–	Es empfiehlt sich den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.			
<b>Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager</b>	–	200	h4	h3	–	–

Für Hohlwellen, wenn  $A > 1\,000\,000$  mm/min, empfiehlt es sich den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

<sup>1)</sup> Die angegebenen Toleranzen gelten für das Tolerierungsprinzip nach ISO 14405-1.

<sup>2)</sup> Dies sind nur allgemeine Richtwerte. Es empfiehlt sich den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Bild 21

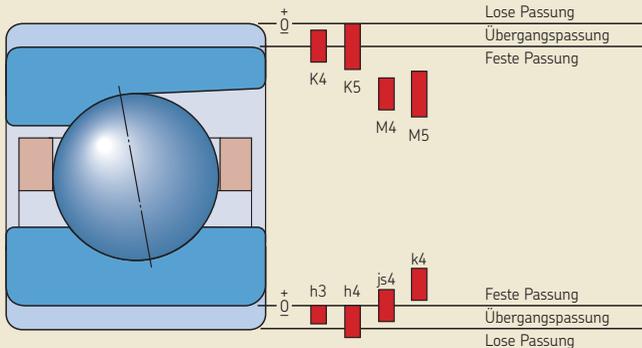


Tabelle 8

Durchmessertoleranzen für Lagersitze aus Gusseisen und Stahlgehäuse

Lagerart	Betriebsverhältnisse	Gehäusebohrung		Toleranzklasse <sup>1)</sup>		Abmaß	
		über	bis	Lager der Toleranzklasse P4, P4A, P4C, SP	P2, PA9A, UP	ob.	unt.
–	–	mm		–		µm	
Schrägkugellager	Festlager, axiale Verschiebbarkeit des Außenrings nicht erforderlich	–	18	–	–	+4	–1
		18	30	–	–	+5	–1
		30	50	–	–	+6	–1
		50	80	–	–	+7	–1
		80	120	–	–	+7	–3
		120	180	–	–	+9	–3
	Loslager, axiale Verschiebbarkeit des Außenrings wünschenswert	180	250	–	–	+10	–4
		250	315	–	–	+12	–4
		315	400	–	–	+13	–5
		400	500	–	–	+14	–6
		–	18	–	–	+7	+2
		18	30	–	–	+8	+2
		30	50	–	–	+9	+2
		50	80	–	–	+10	+2
Zylinderrollenlager	Geringe bis normale Belastungen ( $P \leq 0,1 C$ ) Hohe Belastungen ( $0,1 C < P \leq 0,15 C$ ), Umfangslasten am Außenring	80	120	–	–	+13	+3
		120	180	–	–	+16	+4
		180	250	–	–	+19	+5
		250	315	–	–	+21	+5
		315	400	–	–	+24	+6
		400	500	–	–	+27	+7
Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager	Umfangslast am Außenring	–	500	M5	M4	–	–
		–	900	K5	K4	–	–
Zylinderrollenlager	Umfangslasten am Außenring	–	900	M5	M4	–	–
		–	315	K5	K4	–	–

<sup>1)</sup> Die angegebenen Toleranzen gelten für das Tolerierungsprinzip nach ISO 14405-1.

Tabelle 9

1

## Werte der ISO-Toleranzklassen für Wellen

Wellendurchmesser d		Toleranzklassen h3 <sup>(E)</sup>		h4 <sup>(E)</sup>		js4 <sup>(E)</sup>		k4 <sup>(E)</sup>	
Nennmaß über	bis	Abmaß ob.	unt.	Abmaß ob.	unt.	Abmaß ob.	unt.	Abmaß ob.	unt.
mm		µm							
-	3	0	-2	0	-3	+1,5	-1,5	+3	0
3	6	0	-2,5	0	-4	+2	-2	+5	+1
6	10	0	-2,5	0	-4	+2	-2	+5	+1
10	18	0	-3	0	-5	+2,5	-2,5	+6	+1
18	30	0	-4	0	-6	+3	-3	+8	+2
30	50	0	-4	0	-7	+3,5	-3,5	+9	+2
50	80	0	-5	0	-8	+4	-4	+10	+2
80	120	0	-6	0	-10	+5	-5	+13	+3
120	180	0	-8	0	-12	+6	-6	+15	+3
180	250	0	-10	0	-14	+7	-7	+18	+4
250	315	0	-12	0	-16	+8	-8	+20	+4
315	400	0	-13	0	-18	+9	-9	+22	+4
400	500	-	-	-	-	-	-	+25	+5

Tabelle 10

## Werte der ISO-Toleranzklassen für Gehäuse

Gehäusebohrung D		Toleranzklassen K4 <sup>(E)</sup>		K5 <sup>(E)</sup>		M4 <sup>(E)</sup>		M5 <sup>(E)</sup>	
Nennmaß über	bis	Abmaß ob.	unt.	Abmaß ob.	unt.	Abmaß ob.	unt.	Abmaß ob.	unt.
mm		µm							
10	18	+1	-4	+2	-6	-5	-10	-4	-12
18	30	0	-6	+1	-8	-6	-12	-5	-14
30	50	+1	-6	+2	-9	-6	-13	-5	-16
50	80	+1	-7	+3	-10	-8	-16	-6	-19
80	120	+1	-9	+2	-13	-9	-19	-8	-23
120	180	+1	-11	+3	-15	-11	-23	-9	-27
180	250	0	-14	+2	-18	-13	-27	-11	-31
250	315	0	-16	+3	-20	-16	-32	-13	-36
315	400	+1	-17	+3	-22	-16	-34	-14	-39
400	500	0	-20	+2	-25	-18	-38	-16	-43
500	630	0	-22	0	-32	-26	-48	-26	-58
630	800	0	-25	0	-36	-30	-55	-30	-66
800	1 000	0	-28	0	-40	-34	-62	-34	-74

### Lagerwahl zur Erzielung bevorzugter Passungen

Schrägkugellager und Zylinderrollenlager unter normalen Betriebsbedingungen und gemäßigten Drehzahlen sollten so gewählt werden, dass sie die Passungs- bzw. Lagerluftwerte erreichen, die im Folgenden aufgelistet werden:

- **Tabelle 11** für Wellenpassungen
- **Tabelle 12** für Gehäusepassungen

Die Abmaße des Lagerdurchmessers sind auf der Verpackung der Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ angegeben.

Für extreme Bedingungen, z. B. sehr hohe Drehzahlen oder hohe Belastungen, empfiehlt es sich, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Bei zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern (der Reihen BTM und BTW) ist der Außendurchmesser der Gehäusescheibe nach einer Toleranz zu bearbeiten, die eine ausreichende radiale Lagerluft im Sitz der Gehäusebohrung zulässt. Daher sollten Lager der Reihen BTW und BTM, die neben einem geeigneten Zylinderrollenlager am gleichen Gehäusesitz eingebaut werden, nicht nach Toleranzen bearbeitet werden, die enger sind als in **Tabelle 8** (→ **Seite 72**) empfohlen. Weitere Informationen enthält der Abschnitt *Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager* (→ **Seite 301**).

**Tabelle 11**

#### Bevorzugte Wellenpassungen

Lagerart	Lagerbohrung		Interferenz
	über	bis	
–	mm		µm
Schrägkugellager	–	50	0 bis 2
	50	80	1 bis 3
	80	120	1 bis 4
	120	180	2 bis 5
	180	250	2 bis 6
	250	315	2 bis 7
	315	400	3 bis 8

**Tabelle 12**

#### Bevorzugte Gehäusepassungen

Lagerart	Lageraußendurchmesser		Betriebsspiel		Interferenz
	über	bis	Festlager	Loslager	
–	mm		µm		µm
Schrägkugellager	–	50	2 bis 6	6 bis 10	–
	50	80	2 bis 6	6 bis 11	–
	80	120	2 bis 7	8 bis 13	–
	120	180	2 bis 9	10 bis 16	–
	180	250	4 bis 10	12 bis 19	–
	250	315	4 bis 10	14 bis 22	–
	315	500	5 bis 12	16 bis 25	–
Zylinderrollenlager	–	460	–	–	0 bis 2

## Genauigkeit von Lagersitzen und Anlageflächen

### Form- und Laufgenauigkeit

Eine maximale Laufgenauigkeit, hohe Nenn-drehzahlen und niedrige Betriebstemperaturen lassen sich selbst mit Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ nur erreichen, wenn die Anschlusssteile mit der gleichen Genauigkeit gefertigt wurden wie die Lager. Bei der mechanischen Bearbeitung ist daher darauf zu achten, dass die Formabweichungen der Lagersitze und Anlageflächen minimal bleiben. Die Form- und Lageempfehlungen nach ISO 1101 sind in **Tabelle 13** (→ **Seite 76**) angegeben.

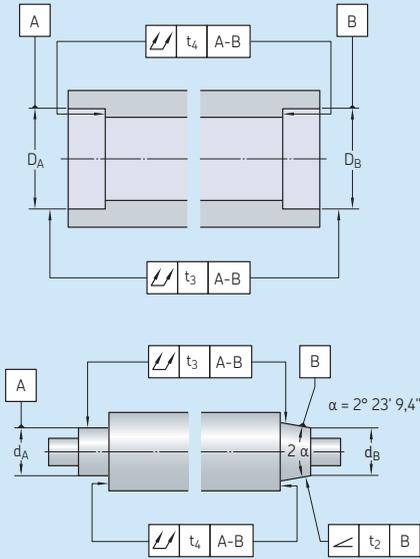
Dünnwandige Lagerringe passen sich an die Lagersitzform an. Daher kann sich jeder Formfehler der Welle oder des Gehäusesitzes negativ auf die Lagerlaufbahnen und die Lagerfunktion auswirken. So können beispielsweise axiale Schiefstellungen zwischen zwei Lagerringen zu einem Verlust der Laufgenauigkeit, zu Belastungskonzentrationen und zu hohen Betriebstemperaturen führen, insbesondere bei hohen Drehzahlen.

Die Zahlenwerte für die IT-Toleranzen nach DIN EN ISO 286-1 können **Tabelle 14** entnommen werden (→ **Seite 77**).

### Oberflächenrauheit

Die Rauheit von Lagersitzflächen wirkt sich nicht in gleichem Maße auf die Lagerfunktion aus wie deren Maß- und Formgenauigkeit. Andererseits aber wird das erwartete Passungsübermaß und damit der Passungscharakter umso besser eingehalten, je geringer die Rauheit der Passflächen ist. Für Lagerungen, an deren Genauigkeit höhere Ansprüche gestellt werden, sind in **Tabelle 15** (→ **Seite 77**), in Abhängigkeit von der Toleranzklasse der Lager, Richtwerte für den Mittenrauwert  $R_a$  angegeben. Diese Richtwerte gelten für geschliffene Sitze.

Formgenauigkeit von Lagersitzen auf Wellen und in Gehäusen



**Tolerierte Fläche**  
Eigenschaft

Symbol

Toleranzzone

**Zulässige Abweichungen**  
Lager der Toleranzklasse  
P4, P4A, P4C, SP

P2, PA9A, UP

**Zylindrischer Sitz**  
Gesamtrundlauf



$t_3$

IT2/2

IT1/2

**Ebene Anlagefläche**  
Gesamtplanlauf



$t_4$

IT1

IT0

**Winkligkeit**



$t_2$

IT3/2

IT2/2

Tabelle 14

1

## Werte der ISO-Toleranzklassen

Nennmaß		Zahlenwerte der Grundtoleranzen					
über	bis	IT0 max.	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5
mm		µm					
–	3	0,5	0,8	1,2	2	3	4
3	6	0,6	1	1,5	2,5	4	5
6	10	0,6	1	1,5	2,5	4	6
10	18	0,8	1,2	2	3	5	8
18	30	1	1,5	2,5	4	6	9
30	50	1	1,5	2,5	4	7	11
50	80	1,2	2	3	5	8	13
80	120	1,5	2,5	4	6	10	15
120	180	2	3,5	5	8	12	18
180	250	3	4,5	7	10	14	20
250	315	4	6	8	12	16	23
315	400	5	7	9	13	18	25
400	500	6	8	10	15	20	27
500	630	–	9	11	16	22	32
630	800	–	10	13	18	25	36
800	1 000	–	11	15	21	28	40

Tabelle 15

## Richtwerte für die Rauheit der Lagersitzflächen

Durchmesser des Lagersitzes		Empfohlener Mittenrauwert $R_a$ für geschliffene Lagersitze			
über	bis	Wellen- Lager der Toleranzklasse P4, P4A, P4C, SP max.		Gehäusebohrung Lager der Toleranzklasse P4, P4A, P4C, SP max.	
		P2, PA9A, UP	P2, PA9A, UP	P2, PA9A, UP	P2, PA9A, UP
mm		µm		µm	
–	80	0,2	0,1	0,4	0,4
80	250	0,4	0,2	0,4	0,4
250	500	0,8	0,4	0,8	0,8
500	800	0,8	0,8	0,8	0,8
800	1 000	0,8	0,8	1,6	1,6

### Axiale Befestigung der Lager

Im Allgemeinen reicht eine feste Passung allein nicht aus, um einen Lagerring auch in axialer Richtung auf der Welle oder in der Gehäusebohrung festzulegen. Unter Belastung kann der Lagerring auf seinem Sitz zu „wandern“ beginnen. In der Regel wird daher eine geeignete axiale Befestigung oder Sicherung erforderlich.

Bei Festlagern werden beide Lagerringe nach beiden Seiten axial festgelegt.

Bei Loslagern dagegen wird, sofern es sich um Lager handelt, die Axialverschiebungen nicht im Lager selbst ausgleichen, nur der Ring mit der festeren Passung – in der Regel der Innenring – axial befestigt. Der andere Ring muss sich ungehindert gegenüber dem Gegenstück in axialer Richtung verschieben können.

Zylinderrollenlager auf der Loslagerseite bilden die Ausnahme, müssen beide Lagerringe axial festgelegt werden.

In Werkzeugmaschinen übertragen die werkzeugseitigen Lager die Axialbelastung von der Welle auf das Gehäuse. Die werkzeugseitigen Lager werden in der Regel axial festgesetzt, während die Lager an Gegenseite axial frei sind.

### Befestigungsverfahren

#### Wellenmuttern

Lagerinnenringe mit fester Passung stützen sich meist an einer Seite gegen eine Schulter an der Welle ab. Auf der gegenüberliegenden Seite werden sie im Allgemeinen mit Hilfe einer Präzisionswellenmutter befestigt (→ **Bild 22**).

Lager mit kegeliger Bohrung, die direkt auf kegeligen Wellensitzen montiert sind, werden in der Regel von einem Distanzring, der am größeren Ende des Kegels an einem festen Anschlag anliegt und von einer Präzisionsmutter am kleineren Ende auf der Welle gehalten. Die Breite des Abstandshalters wird angepasst, um den Verschiebeweg des Lagers auf seinem kegeligen Sitz zu begrenzen.

Weitere Informationen über Wellenmuttern enthält der Abschnitt *Präzisionswellenmuttern* (→ **Seite 375**).

#### Abstandshülsen

Statt gegen feste Wellen- und Gehäuseschultern werden die Lager häufig auch gegen Abstandsringe oder -hülsen zwischen den Lagerringen oder zwischen einem Lagerring und dem benachbarten Maschinenteil eingebaut (→ **Bild 23**). In diesen Fällen gelten die Maß- und Formtoleranzen der Anlageflächen.

Bild 22

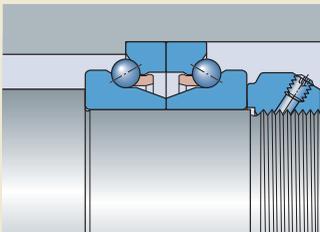
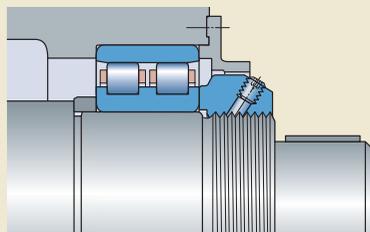


Bild 23



### Stufenhülsen

Eine weitere Möglichkeit zur axialen Befestigung von Lagern ist die Verwendung von Stufenhülsen (→ Bild 24) mit enger Presspassung auf der Welle. Diese Hülsen sind besonders gut geeignet für Hochgenauigkeitslagerungen der Reihe „Super-precision bearings“, da sie eine sehr enge Planlauf toleranz aufweisen und eine höhere Genauigkeit bieten als Wellenmuttern mit Gewinde. Stufenhülsen kommen daher oft in Hochgeschwindigkeits-Spindeln zum Einsatz, in denen die Genauigkeit der herkömmlichen Befestigungstechnik nicht ausreicht.

Weitere Informationen über Stufenhülsen enthält der Abschnitt *Stufenhülsen* (→ Seite 80).

### Gehäusedeckel

Lageraußenringe mit fester Passung stützen sich meist an einer Seite gegen eine Schulter im Gehäuse ab. Auf der gegenüberliegenden Seite werden sie im Allgemeinen mit Hilfe eines Gehäusedeckels befestigt.

Gehäusedeckel und die zugehörigen Befestigungsschrauben können sich negativ auf die Form oder Funktion von Lagern auswirken. Wenn die Wand zwischen Lagersitz und Schraubenlöchern zu dünn ist oder wenn die Schrauben zu fest angezogen werden, kann sich die Außenringlaufbahn verformen. Lager aus den kleinsten ISO-Maßreihen 18 und 19 sind für dieses Risiko anfälliger als Lager der ISO-Maßreihe 10 (oder darüber).

Es empfiehlt sich, möglichst viele Schrauben mit einem möglichst kleinen Durchmesser zu

verwenden. Erfolgt die Befestigung lediglich mit drei oder vier Schrauben, besteht infolge der geringen Anzahl von Anziehungspunkten das Risiko einer Bildung von Ausbuchtungen in der Gehäusebohrung. Dies kann aufgrund von Belastungskonzentrationen zu Betriebsgeräuschen, Schwingungen, einer instabilen Vorspannung oder vorzeitigen Ausfällen führen. Bei komplexen Spindelausführungen mit begrenzten Platzverhältnissen können nur Dünnringlager mit einer geringen Anzahl von Schraubverbindungen eingesetzt werden. In diesen Fällen empfiehlt SKF eine Finite-Element-Berechnung zur Verformungsanalyse.

Als Richtlinie zur Erzielung einer angemessenen Spannkraft zwischen der Endfläche des Gehäusedeckels und der Stirnseite des Lageraußenrings gilt, dass die Länge des Gehäusedeckels so angepasst werden sollte, der Axialspalt zwischen Deckel und Stirnseite des Gehäuses vor dem Anziehen der Schrauben zwischen 15 und 20 µm pro 100 mm Gehäusebohrungsdurchmesser liegt (→ Bild 25).

Bild 24

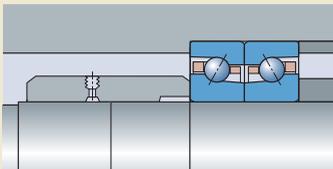
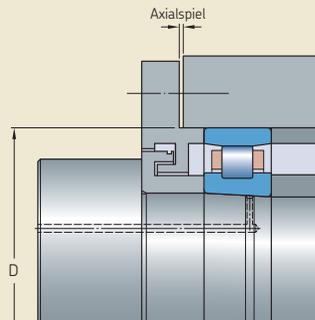


Bild 25



### Stufenhülsen

Stufenhülsen sind Druckhülsen mit zwei geringfügig unterschiedlichen Innendurchmessern für abgesetzte Wellen. Durch eine feste Passung wird die Hülse axial festgesetzt und erhält gleichzeitig ihre axiale Tragfähigkeit. Die abgesetzte Ausführung der Passfläche vereinfacht die Ausrichtung beim Einbau und erleichtert den Ausbau beim Druckölverfahren.

Stufenhülsen verbessern die Wellensteifigkeit, ohne Spannungen zu erzeugen, die sich negativ auf die Laufgenauigkeit der Welle auswirken könnten. Die Hülsen kommen meist in Hochgeschwindigkeits-Anwendungsfällen zum Einsatz, in denen die Stoßbelastungen nur minimal sind. Stufenhülsen bieten eine höhere Einbaugenauigkeit als Wellenmutter, sofern Hülse und HülSENSITZ nach den geeigneten Spezifikationen bearbeitet wurden und die Hülse korrekt eingebaut wurde.

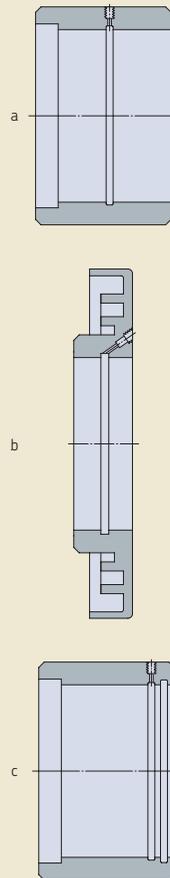
SKF hat zwar keine Stufenhülsen in seinem Sortiment, auf den folgenden Seiten finden Sie jedoch einige Ausführungs- und Maßempfehlungen.

### Ausführungen

Stufenhülsen (→ **Bild 26**) haben entweder eine herkömmliche Hülsenform (**a**) oder sind ringförmig (**b**). Ringförmige Stufenhülsen werden meist in Anwendungsfällen eingesetzt, in denen die Hülse zugleich einen Teil der Labyrinthdichtung bildet (→ *Stufenhülsen in Sonderausführungen*, **Seite 84**).

Bei relativ leichten Axialbelastungen kann das Hülsenende mit dem kleineren Durchmesser mit loser Passung auf der Welle montiert werden. Kommt jedoch das Druckölverfahren beim Ausbau der Hülse zum Einsatz, sollte die Hülsen-seite mit der losen Passung mit einem O-Ring abgedichtet werden (**c**).

Bild 26



**Empfohlene Abmessungen**

Empfohlene Abmessungen finden Sie in:

- **Tabelle 16** (→ **Seite 82**) für Stufenhülsen (ohne O-Ring) und ihre Hülsensitze (Beispiel Lageranordnung → **Bild 27**)
- **Tabelle 17** (→ **Seite 83**) für Stufenhülsen (ohne O-Ring) und ihre Hülsensitze (Beispiel Lageranordnung → **Bild 28**)

Dünnwandige Hohlwellen können sich bei hohem Anpressdruck verformen. Die Hülsen für solche Wellen sollte daher möglichst nahe am Lager geführt werden, damit eine Verformung des Lagersitzes verhindert wird. Die Länge der Führung sollte 15 bis 20% des Wellendurchmessers betragen.

Beim Fertigen von Stufenhülsen ist es sehr wichtig, dass der tatsächliche Grad der Passung für kleinen und großen Durchmesser so eng wie möglich ist. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Demontage wesentlich schwieriger ist, wenn bei der Passung auch nur ein kleiner Unterschied besteht.

Bild 27

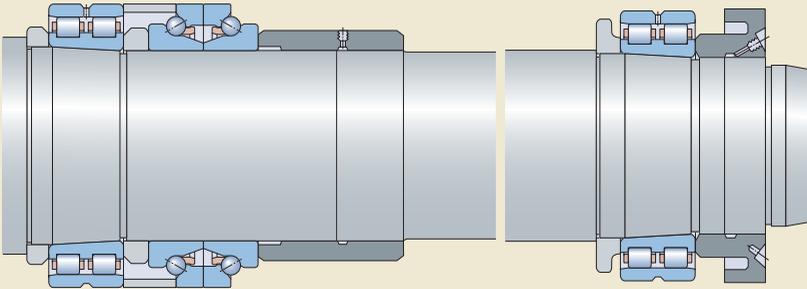
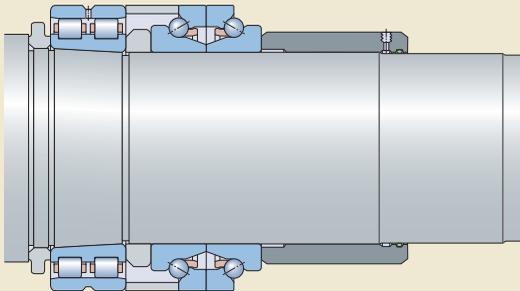
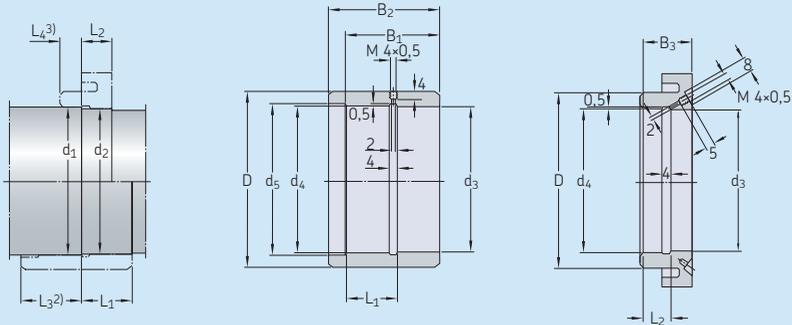


Bild 28



Empfohlene Abmessungen für Stufenhülsen und Sitze



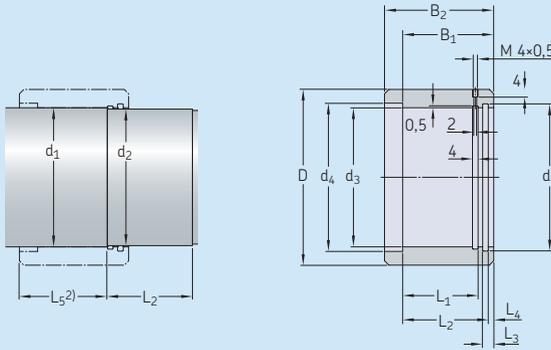
Abmessungen Wellen-		Stufenhülse										Temperaturunterschied <sup>1)</sup>
d <sub>1</sub> h4(⊖)	d <sub>2</sub> h4(⊖)	d <sub>3</sub> H4(⊕)	d <sub>4</sub> H4(⊕)	d <sub>5</sub> +0,5	D	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	L <sub>1</sub> ±0,1	L <sub>2</sub> ±0,1		
mm											°C	
17	16.968	16,95	16.977	19	27	26	31	13	15	8,5	150	
20	19.964	19,94	19.971	22	30	28	33	14	16	9	150	
25	24.956	24,92	24.954	27	35	30	35	15	17	9,5	150	
30	29.946	29,91	29.954	32	40	32	38	16	18	10	140	
35	34.937	34,9	34.943	37	47	34	40	17	19	10,5	140	
40	39.937	39,9	39.943	42	52	36	42	18	20	11	130	
45	44.927	44,88	44.933	47	58	38	46	19	21	11,5	130	
50	49.917	49,86	49.923	52	63	40	48	20	22	12	130	
55	54.908	54,85	54.922	57	70	42	50	21	23	12,5	120	
60	59.908	59,85	59.922	62	75	44	54	22	24	13	120	
65	64.898	64,83	64.912	67	80	46	56	23	25	13,5	120	
70	69.898	69,83	69.912	72	86	48	58	24	26	14	110	
75	74.898	74,83	74.912	77	91	50	60	25	27	14,5	100	
80	79.888	79,82	79.912	82	97	52	62	26	28	15	100	
85	84.88	84,81	84,9	87	102	54	64	27	29	15,5	100	
90	89.88	89,8	89,9	92	110	56	68	28	30	16	100	
95	94.87	94,79	94,9	97	114	58	70	29	31	16,5	90	
100	99.87	99,79	99,9	102	120	60	72	30	32	17	90	
105	104,87	104,78	104,89	107	125	62	74	31	33	17,5	90	
110	109,86	109,77	109,89	112	132	64	76	32	34	18	90	
120	119,86	119,77	119,89	122	142	68	80	34	36	19	80	
130	129.852	129,75	129.868	132	156	72	84	36	38	20	90	
140	139.852	139,74	139.858	142	166	76	88	38	40	21	90	
150	149.842	149,73	149.858	152	180	80	95	40	42	22	80	
160	159.842	159,73	159.858	162	190	84	99	42	44	23	80	
170	169.842	169,72	169.848	172	205	88	103	44	46	24	80	
180	179.832	179,71	179.848	182	220	92	110	46	48	25	80	
190	189.834	189,7	189.836	192	230	96	114	48	50	26	80	
200	199.834	199,7	199.836	202	245	100	118	50	52	27	70	

<sup>1)</sup> Temperaturunterschied zwischen Welle und Hülse bzw. Ring bei der Montage

<sup>2)</sup>  $L_3$  = Länge der Stufenhülse über den Durchmesser  $d_1 = L_1 + B_2 - B_1 - 4$  [mm]

<sup>3)</sup>  $L_4$  = Länge des Stufenrings über den Durchmesser  $d_1 = L_2 - 4$  + Überstand  $d_4$  [mm]

Empfohlene Abmessungen für Stufenhülsen mit O-Ringen und Hülsenstutze



Abmessungen Wellen-		Stufenhülse							Geigneter O-Ring				Temperaturunterschied <sup>1)</sup>
d <sub>1</sub> h4(E)	d <sub>2</sub> f7(E)	d <sub>3</sub> H4(E)	d <sub>4</sub> +0,5	d <sub>5</sub> H9	D	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	L <sub>1</sub> ±0,1	L <sub>2</sub> ±0,1	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub> +0,2		°C
mm													
17	16,95	16,977	19	20,6	27	26	31	17	22,9	6,5	3,1	16,3x2,4	150
20	19,95	19,971	22	23,6	30	28	33	19	24,9	6,5	3,1	19,3x2,4	150
25	24,9	24,954	27	29,5	35	30	35	21	26,1	7	3,9	24,2x3	150
30	29,9	29,954	32	34,5	40	32	38	24	28,1	7	3,9	29,2x3	140
35	34,9	34,943	37	39,5	47	34	40	26	30,1	7	3,9	34,2x3	140
40	39,9	39,943	42	44,5	52	36	42	28	32,1	7	3,9	39,2x3	130
45	44,9	44,933	47	49,5	58	38	46	32	34,1	7	3,9	44,2x3	130
50	49,9	49,923	52	54,5	63	40	48	34	36,1	7	3,9	49,2x3	130
55	54,9	54,922	57	59,5	70	42	50	36	38,1	7	3,9	54,2x3	120
60	59,9	59,922	62	64,5	75	44	54	40	40,1	7	3,9	60x3	120
65	64,85	64,912	67	69,5	80	46	56	42	42,1	7	3,9	65x3	120
70	69,85	69,912	72	74,5	86	48	58	42	44,1	8	3,9	69,5x3	110
75	74,85	74,912	77	79,5	91	50	60	44	46,1	8	3,9	74,5x3	100
80	79,85	79,912	82	84,5	97	52	62	46	48,1	8	3,9	79,5x3	100
85	84,85	84,9	87	89,5	102	54	64	48	50,1	8	3,9	85x3	100
90	89,85	89,9	92	94,5	110	56	68	52	52,1	8	3,9	90x3	100
95	94,85	94,9	97	99,5	114	58	70	54	54,1	8	3,9	94,5x3	90
100	99,85	99,9	102	104,5	120	60	72	54	56,1	9	3,9	100x3	90
105	104,85	104,89	107	109,5	125	62	74	56	58,1	9	3,9	105x3	90
110	109,85	109,89	112	114,5	132	64	76	58	60,1	9	3,9	110x3	90
120	119,85	119,89	122	124,5	142	68	80	62	64,1	9	3,9	120x3	80
130	129,8	129,868	132	134,4	156	72	84	66	68,1	9	3,9	130x3	90
140	139,8	139,858	142	144,4	166	76	88	70	72,1	9	3,9	140x3	90
150	149,8	149,858	152	159	180	80	95	73	72,6	13	7,4	149,2x5,7	80
160	159,8	159,858	162	169	190	84	99	77	76,6	13	7,4	159,2x5,7	80
170	169,8	169,848	172	179	205	88	103	81	80,6	13	7,4	169,2x5,7	80
180	179,8	179,848	182	189	220	92	110	88	84,6	13	7,4	179,2x5,7	80
190	189,8	189,836	192	199	230	96	114	92	88,6	13	7,4	189,2x5,7	80
200	199,8	199,836	202	209	245	100	118	96	92,6	13	7,4	199,2x5,7	70

<sup>1)</sup> Temperaturunterschied zwischen Welle und Hülse bei der Montage  
<sup>2)</sup> L<sub>5</sub> = Länge der Stufenhülse über den Durchmesser d<sub>1</sub> = L<sub>1</sub> + B<sub>2</sub> - B<sub>1</sub> - 4 [mm]

### Werkstoff

SKF empfiehlt die Verwendung von härtbarem Stahl mit einer Streckgrenze von mindestens 550 N/mm<sup>2</sup>. Die Passflächen von Hülse und Welle sollten gehärtet und geschliffen sein.

### Axiale Belastbarkeit

Der Grad der tatsächlichen festen Passung bestimmt die axiale Tragfähigkeit von Stufenhülsen. Bei der Fertigung von Stufenhülsen gemäß den empfohlenen Abmessungen aus **Tabelle 16** und **17** (→ **Seite 82** und **83**) lassen sich der Oberflächendruck zwischen einer Voll- bzw. einer dünnwandigen Hohlwelle und der Hülse sowie die axiale Haltekraft pro mm Nabenbreite anhand der ungefähren Werte in **Tabelle 18**. Stufenhülsen mit loser Passung am kleineren Durchmesser üben lediglich die halbe axiale Haltekraft einer Stufenhülse mit Passung für beide Durchmesser aus.

Bei der Gestaltung von Stufenhülsen sind die axialen Stoßkräfte, die auf die Hülse wirken, zu berücksichtigen. Bei Bedarf kann die Hülse mit

einer Gewindemutter gesichert werden. Die Mutter wird leicht angezogen und kann auch als Einbauhilfe dienen.

### Stufenhülsen in Sonderausführungen

Stufenhülsen werden zur sicheren Verbindung von Bauteilen verwendet. Mit den Hülsen lassen sich Naben einfach ein- und ausbauen und Mitnehmerscheiben, Klauen usw. ersetzen. Die Keilriemenscheibe aus **Bild 29** zum Beispiel ist als Stufenhülse mit integrierter Labyrinthdichtung ausgeführt. In diesem Fall setzt die Hülse das Lager nicht nur axial fest, sondern überträgt auch das Drehmoment.

Bild 29

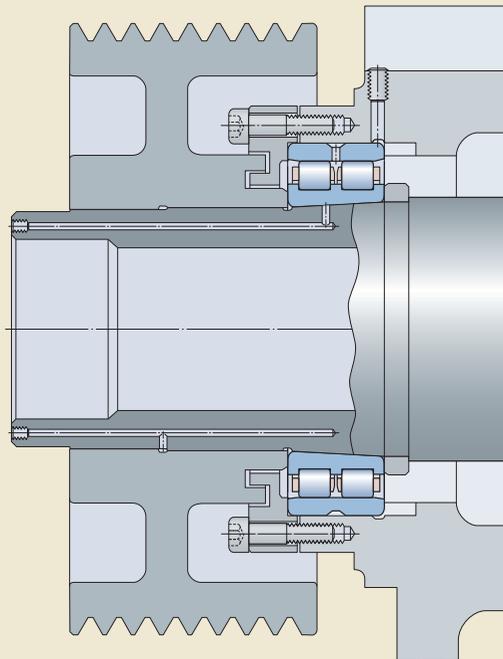


Tabelle 18

Ungefährer Oberflächendruck und axiale Haltekraft von Stufenhülsen<sup>1)</sup>

Ungefährer Wellendurchmesser d	Ungefährer Oberflächendruck	Ungefähre axiale Haltekraft pro mm Nabenbreite
mm	N/mm <sup>2</sup>	N/mm
30	40	300
100	35	550
200	22	1 000

<sup>1)</sup> Bei Fertigung gemäß den empfohlenen Abmessungen in **Tabelle 16** und **17** (→ **Seite 82** und **83**).

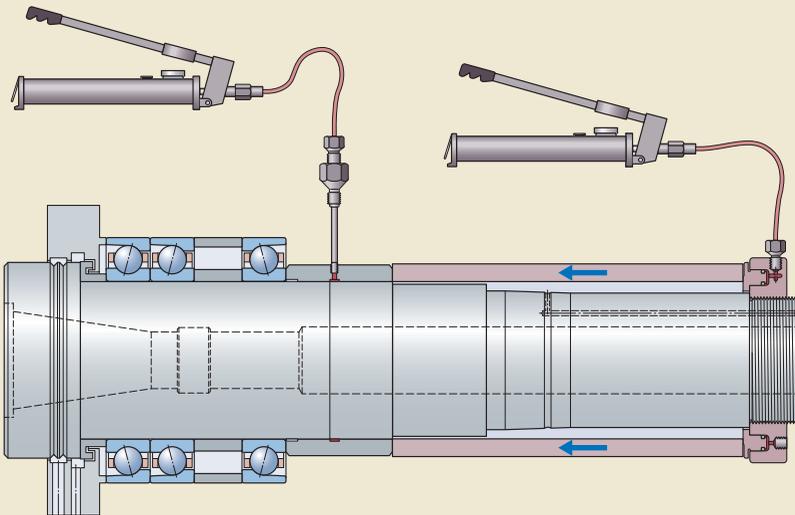
### Einbau

Die folgende Anleitung hilft beim Einbau von Stufenhülsen. Wenn Stufenhülsen gegen bereits fettgeschmierte Lager angestellt werden sollen, darf sich das eingespritzte Öl bzw. die Einbauflüssigkeit nicht mit dem Fett mischen, da sich sonst die Schmierung verschlechtern würde.

- 1 Wärmen Sie die Hülse auf den erforderlichen Temperaturunterschied gemäß **Tabelle 16** und **17** (→ **Seite 82** und **83**) an.
- 2 Schieben Sie die Hülse auf den Wellensitz.
- 3 Nach dem Abkühlen der Hülse drücken Sie Öl oder eine SKF Einbauflüssigkeit zwischen Hülse und Welle. Verwenden Sie dafür die geeigneten Druckölgeräte (→ **Bild 30** und *Drucköltechnik und Druckmedien*). Zur Vermeidung lokaler Spannungsspitzen ist das Öl langsam bei kontrolliertem Öldruck einzudrücken.

- 4 Verwenden Sie eine Hydraulikmutter und eine geeignete Abstandshülse, um die Hülse in ihre Endposition zu bringen (→ **Bild 30**). Bei Verwendung einer Hydraulikmutter lässt sich die Kraft, mit der die Mutter gegen die Lageranordnung drückt, über den Öldruck steuern. Da die Hülse auf einem Ölfilm gleitet, werden Spannungen während des Schrumpfens abgeleitet (entstehen beim Abkühlen der Hülse), und die Komponenten können sich gegeneinander ausrichten. Sobald die erforderliche Axialkraft erreicht worden ist, hat die Hülse ihre Endposition eingenommen.
- 5 Lassen Sie den Öldruck zwischen den Passflächen ab, während das Werkzeug immer noch auf der Hülse ist. Das Öl muss ungehindert abfließen können. Es dauert in der Regel etwa 24 Stunden, bevor die Hülse ihre volle Nennlast aufnehmen kann.

Bild 30



### Demontage

Zum Demontieren von Stufenhülsen drücken Sie Öl oder eine SKF Demontageflüssigkeit zwischen Hülse und Welle. Verwenden Sie dafür die geeigneten Druckölgeräte (→ *Drucköltechnik und Druckmedien*). Sobald sich genügend Öldruck aufgebaut hat, um die Passflächen zu trennen, bildet sich aufgrund der unterschiedlichen Bohrungsdurchmesser eine Axialkraft und die Hülse wird von ihrem Sitz geschoben, ohne dass eine zusätzliche externe Kraft erforderlich ist.

#### **ACHTUNG!**

Um der Gefahr von Verletzungen vorzubeugen, muss deshalb bei der Demontage ein Anschlag, z. B. in Form einer Wellenmutter, vorhanden sein, der ein plötzliches Abgleiten der losen Hülse verhindert.

### Drucköltechnik und Druckmedien

SKF bietet Druckölgeräte zum (De-)Montieren von Hülsen. Ausführliche Informationen über diese Anwärmgeräte stehen unter Instandhaltungsprodukte online zur Verfügung [www.skf.com/de/products](http://www.skf.com/de/products).

Bei der Auswahl einer geeigneten Pumpe ist zu beachten, dass der zulässige Maximaldruck deutlich über dem berechneten Vorspanndruck liegen muss.

Für die Montage empfiehlt SKF die Verwendung der SKF Einbauflüssigkeit LHM 300. Diese Flüssigkeit hat eine Viskosität von  $300 \text{ mm}^2/\text{s}$  bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Diese Einbauflüssigkeit bietet den Vorteil, dass sie nach abgeschlossenem Einbau schnell und vollständig abfließt und die Metallflächen sehr schnell wieder in Kontakt kommen.

Für die Demontage empfiehlt SKF die Verwendung der SKF Demontageflüssigkeit LHDF 900. Mit einer Viskosität von  $900 \text{ mm}^2/\text{s}$  bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  schafft LHDF 900 einen ausreichenden Ölfilm auch bei zerkratzten Paarungsflächen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Flüssigkeit eine geringe Durchflussrate hat und dass die zulässigen Drücke niemals überschritten werden dürfen.

### Vorkehrungen für den Ein- und Ausbau

Bei der Gestaltung einer Lagerung müssen meist auch Merkmale vorgesehen werden, die den Ein- und Ausbau erleichtern. Wenn beispielsweise an den Wellen- oder Gehäuseschultern Aussparungen vorgesehen sind, können beim Ausbau problemlos Abziehwerkzeuge angesetzt werden (→ **Bild 31**). Gewindebohrungen in den Gehäuseschultern ermöglichen die Verwendung von Abdrückschrauben, um das Lager aus seinem Sitz zu drücken (→ **Bild 32**).

Wenn für den Ein- und Ausbau von Lagern auf einem kegeligen Zapfen oder für den Ausbau von Lagern auf zylindrischem Sitz die Anwendung des Druckölverfahren vorgesehen ist, sind Ölzuführbohrungen und Ölverteilungsnuten in der Welle erforderlich (→ **Bild 33**). Empfohlene Abmessungen für die Ölzuführbohrung, die Ölverteilungsnut und das Anschlussgewinde können den **Tabellen 19** und **20** zu entnommen werden.

Bild 31

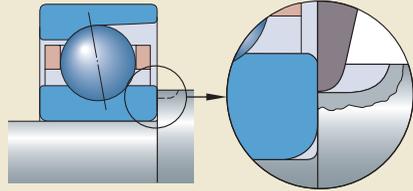


Bild 32

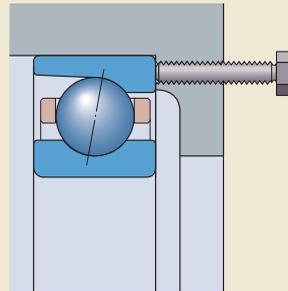


Bild 33

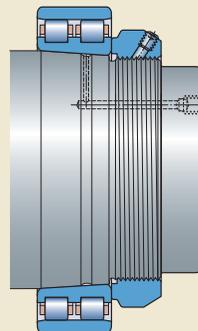
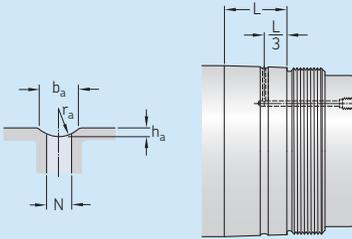


Tabelle 19

Ölverteilmuten und Zuführbohrungen

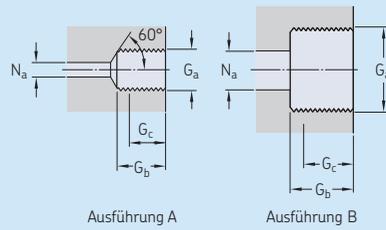


Durchmesser des Lagersitzes		Abmessungen			
über	bis	$b_a$	$h_a$	$r_a$	N
mm		mm			
-	50	2,5	0,5	2	2
50	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7

L = Breite des Lagersitzes

Tabelle 20

Ausführung der Anschlussgewinde und -bohrungen



Gewinde $G_a$	Ausführung	Abmessungen		
		$G_b$	$G_c$ <sup>1)</sup>	$N_a$ max.
-		mm		
M 4x0,5	A	5	4	2
M 6	A	10	8	3
G 1/8	A	12	10	3
G 1/4	A	15	12	5
G 3/8	B	15	12	8
G 1/2	B	18	14	8
G 3/4	B	20	16	8

<sup>1)</sup> Effektive Gewindelänge

### Lagervorspannung

Die Vorspannung ist eine Kraft, die zwischen Wälzkörpern und Lagerringen wirkt und nicht auf externe Belastungen zurückzuführen ist. Die Vorspannung ist gewissermaßen eine „negative Lagerluft“. Eine Vorspannung kann aus folgenden Gründen vorteilhaft sein:

- eine höhere Steifigkeit
- geringerer Geräuschpegel
- eine genauere Führung der Welle
- eine lange Gebrauchsdauer
- erhöhte Laufgenauigkeit
- zur Verhinderung von Gleitbewegungen bei hohen Drehzahlen bei schnellem Anfahren und Stoppen sowie bei sehr kleinen Belastungen

In der Mehrzahl von Hochgenauigkeits-Anwendungsfällen wird eine Vorspannung benötigt, um die Systemsteifigkeit zu verbessern.

### Schrägkugellager

Einreihige Schrägkugellager werden in der Regel satzweise montiert – entweder als O-Anordnung (→ Bild 34 und 35) oder als X-Anordnung (→ Bild 36), die normalerweise einer axialen Vorspannung unterliegt. Die Vorspannkraft wird dadurch aufgebracht, dass einer der Ringe des einen Lagers in axialer Richtung um einen der gewünschten Vorspannkraft entsprechenden Weg verschoben wird (→ Bild 34 und 36). Die gewünschte Vorspannung wird mit Federn eingestellt (→ Bild 35).

Der Überstand von zusammengepassten Lagersätzen und Universallagern für den satzweisen Einbau ist präzise abgestimmt. Das heißt, dass eine festgelegte Vorspannung entsteht, wenn zwei Lager paarweise unmittelbar nebeneinander eingebaut werden. Dafür sind keine weiteren Einstellungen erforderlich. Dabei ist zu beachten, dass die Vorspannung von der Lagerpassung und von den Betriebsbedingungen abhängt. Weitere Informationen enthält der Abschnitt *Vorspannung in eingebauten Lagersätzen* (→ Seite 162).

Zur Änderung der Vorspannung können Zwischenringe zwischen die Lagerringe gesetzt werden. Weitere Informationen enthält der Abschnitt *Individuelle Anpassung der Vorspannung* (→ Seite 166).

Bild 34

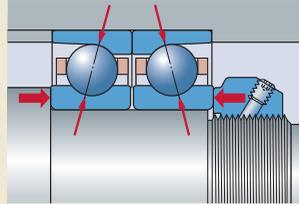


Bild 35

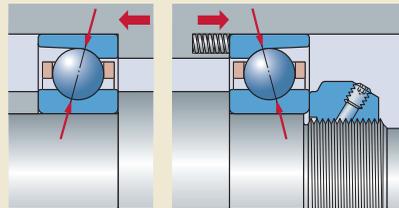
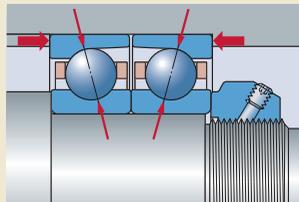


Bild 36



### Einfluss externer Belastung auf vorgespannte Lagersätze

Der Einfluss einer externen Axialbelastung auf vorgespannten Lagersätzen ist in **Diagramm 13** dargestellt. Die Kurven repräsentieren die Federeigenschaften von zwei Lagern in einer O-Anordnung. Die blaue Kurve stellt Lager A dar, auf das die externe Axialkraft  $K_a$  wirkt. Die rote Kurve stellt Lager B dar, das axial nicht belastet ist.

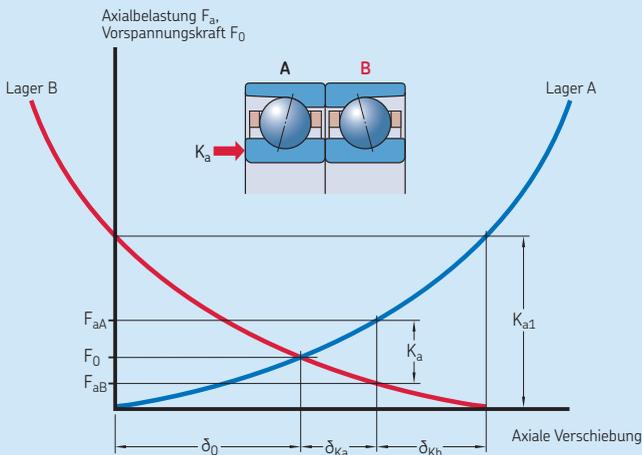
Die Lagerringe der beiden Lager sind gegeneinander durch die axiale Verschiebung  $\delta_0$  vorgespannt, sodass auf beide Lager die Vorspannung  $F_0$  wirkt. Wenn Lager A einer externen Axialkraft  $K_a$  ausgesetzt ist, erhöht sich die Belastung in dem Lager auf  $F_{aA}$ , während die Belastung im Lager B auf  $F_{aB}$  sinkt. Die axiale Verlagerung der Lagerringe folgt den Federkennlinien.  $\delta_{Ka}$  ist die Verlagerung des Lagersatzes,  $\delta_{Kb}$  dagegen die verbleibende Vorspannung [ $\mu\text{m}$ ] an Lager B.

Wenn die Axialkraft an der Spindel die natürliche Abhebekraft  $K_{a1}$  erreichen, wird das Lager B vollständig entlastet. In diesem Fall besteht eine erhebliche Gefahr, dass aus der Rotationsbewegung der unbelasteten Kugeln eine Gleitbewegung wird, die mit der Zeit vorzeitige Lagerschäden verursachen kann.

Die Abhebekraft hängt ganz von der Vorspannung und der jeweiligen Lageranordnung ab ( $\rightarrow$  **Tabelle 21, Seite 92**). Abhebekräfte lassen sich durch höhere Vorspannungen oder durch Verwendung von Lagersätzen mit unterschiedlichen Berührungswinkeln vermeiden. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Diagramm 13

#### Einfluss externer Belastung auf vorgespannte Lagersätze



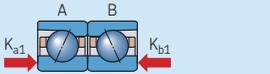
Abhebekräfte für Schrägkugellagerbaugruppen

Anordnung

Abhebekräfte  
 $K_{a1}$

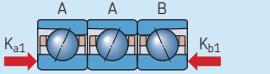
$K_{b1}$

Gleiche Berührungswinkel ( $\alpha_A = \alpha_B$ )



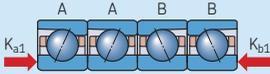
$2,83 F_0$

$2,83 F_0$



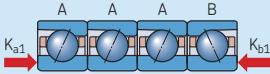
$4,16 F_0$

$2,08 F_0$



$2,83 F_0$

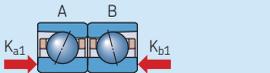
$2,83 F_0$



$5,4 F_0$

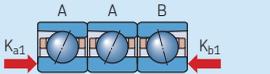
$1,8 F_0$

Unterschiedliche Berührungswinkel ( $\alpha_A = 25^\circ, \alpha_B = 15^\circ$ )



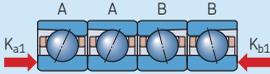
$5,9 F_0$

$1,75 F_0$



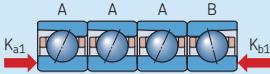
$9,85 F_0$

$1,45 F_0$



$5,9 F_0$

$1,75 F_0$



$13,66 F_0$

$1,33 F_0$

$F_0$  = Vorspannkraft

### Vorspannung durch Federn

Häufig werden Federn zur Einstellung der Vorspannung in Schrägkugellagern verwendet, insbesondere für Hochgeschwindigkeitsschleifspindeln. Die Federn wirken auf den Außenring eines der beiden Lager, der in axialer Richtung verschiebbar sein muss. Die Vorspannungskraft bleibt praktisch konstant, auch wenn eine axiale Verschiebung des Lagers durch Wärmedehnung eintritt. Nähere Angaben zur Vorspannung mit Federn sowie Hinweise zu den empfohlenen Vorspannungswerten enthält der Abschnitt *Vorspannung mit konstanter Kraft* (→ Seite 165).

Nicht geeignet ist diese Art der Vorspannung für Anwendungen, bei denen eine hohe Steifigkeit gefordert wird, bei denen die Lastrichtung wechselt oder bei denen nicht näher bestimmbare Stoßbelastungen auftreten.

### Zylinderrollenlager

Zylinderrollenlager lassen sich ausschließlich radial vorspannen (→ **Bild 37**). Lager mit kegeliger Bohrung werden vorgespannt, indem der Innenring auf den kegeligen Sitz verschoben wird. Die daraus resultierende feste Passung führt zur Aufweitung des Innenrings, wodurch sich die erforderliche Vorspannung bildet. Zur genauen Einstellung der Vorspannung sollte ein Hüllkreismessgerät verwendet werden. Ausführlichere Informationen entnehmen Sie dem Abschnitt *Einbau* (→ **Seite 280**) bzw. *Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung* (→ **Seite 278**).

### Axial-Schrägkugellager

Axial-Schrägkugellager lassen sich ausschließlich axial vorspannen (→ **Bild 38**). Der Überstand von axialen Schrägkugellagern ist präzisionsgeschliffen. Das heißt, wenn die beiden Hälften des Lagers zusammengesetzt werden, ohne weitere Einstellung eine festgelegte Vorspannung entsteht. Dabei ist zu beachten, dass diese Vorspannung von der Passung und von den Betriebsbedingungen abhängt.

Bei Belastung weisen Axial-Schrägkugellager ähnliche Eigenschaften auf wie Schrägkugellager. Daher gelten die Angaben für Schrägkugellager auch für diese Lager. Die Abhebekraft in einseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern für Gewindetriebe der Reihen BSA und BSD wird genauso berechnet wie in Schrägkugellagern (→ **Tabelle 21, Seite 92**).

Für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager der Reihen BTW und BTM gilt für die Abhebekraft näherungsweise

$$K_{a1} = 2,85 F_0$$

Hierin sind

$K_{a1}$  = Abhebekraft

$F_0$  = Vorspannung der Lager vor einer externen axialen Belastung

Bild 37

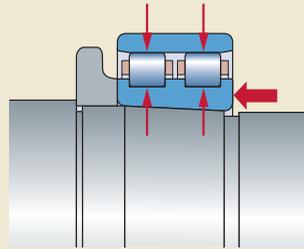
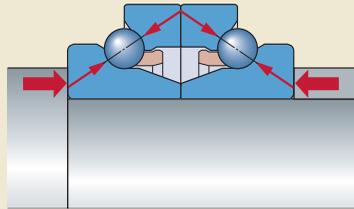


Bild 38



## Abgedichtete Lager

Verunreinigungen und Feuchtigkeit können die Lagergebrauchsdauer und Leistung negativ beeinflussen. Das gilt insbesondere für Werkzeugmaschinen, in denen Kühlmittel und Späne zur Betriebsumgebung gehören. Eine wirksame Dichtungsanordnung ist daher unentbehrlich für einen zuverlässigen Spindelbetrieb. SKF bietet eine Vielzahl von externen und integrierten Dichtungstypen an.

## Äußere Dichtungen

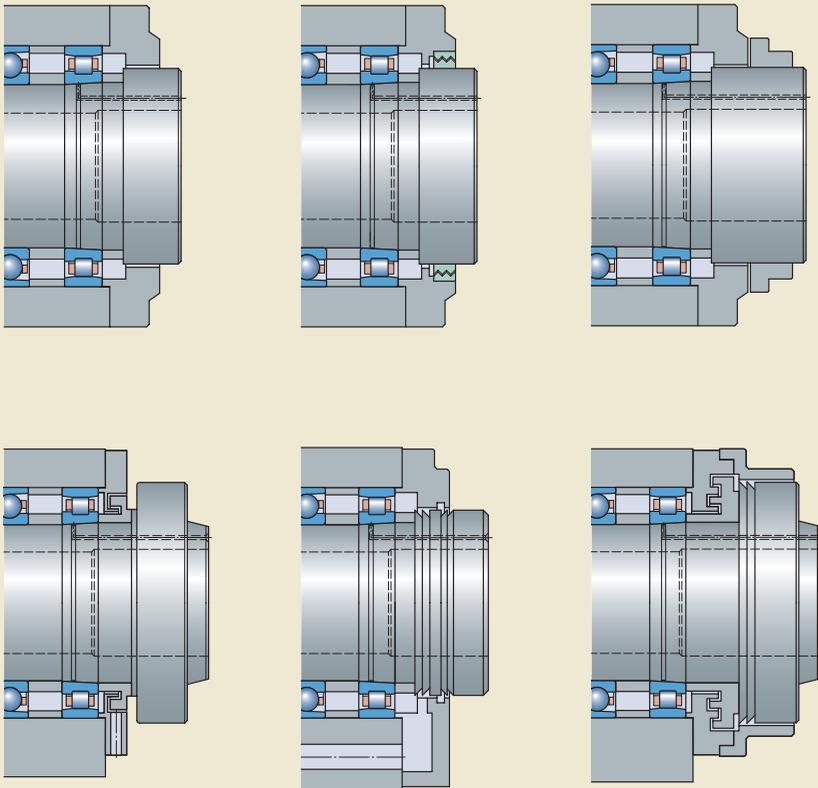
Bei Lageranordnungen, bei denen die Abdichtung unter den gegebenen Betriebsbedingungen wichtiger ist als der Platzbedarf oder die Kosten, gibt es zwei externe DichtungsbaufORMen zur Auswahl: berührungslose Dichtungen

(→ Bild 39) und berührende Dichtungen (→ Bild 41, Seite 98).

Für Dichtungen, die nicht von SKF angeboten werden, sind die Informationen in dem folgenden Abschnitt lediglich als Orientierung zu betrachten. Vor dem endgültigen Einsatz dieser Dichtungen empfiehlt es sich deshalb, deren Leistungsmerkmale eingehend zu prüfen. SKF kann für die einwandfreie Funktion dieser Dichtungen keine Verantwortung übernehmen.

1

Bild 39



### Berührungsfreie Dichtungen

Bei Genauigkeitsanwendungsfällen mit hohen Drehzahlen kommen fast immer berührungslose Dichtungen zum Einsatz. Deren Wirkungsweise beruht im Prinzip auf der Dichtwirkung eines engen Spalts zwischen Welle und Gehäuse. Berührungslose Dichtungen weisen praktisch keine Reibung und keinen Verschleiß auf und begrenzen daher auch nicht die zulässige Drehzahl, wodurch sie eine ausgezeichnete Lösung für Werkzeugmaschinen sind.

Die erhältlichen Dichtungsausführungen reichen von einfachen Spaltdichtungen bis zu mehrstufigen Labyrinthdichtungen (→ **Bild 39, Seite 95**). Mehrstufige Labyrinthdichtungen sind erheblich wirksamer als Spaltdichtungen. Sie weisen mehrere sich axial und radial überkreuzende Komponenten auf, wodurch es für Verunreinigungen und Schneidflüssigkeit schwieriger wird, in das Lager einzudringen.

In stark kontaminierten Umgebungen wird häufig eine komplexe Labyrinthdichtung verwendet. Labyrinthdichtungen haben mindestens drei Stufen, die den Schmierstoff im Lager halten und das Eindringen von Verunreinigungen verhindern. Die Funktionsweise einer hochwirksamen Labyrinthdichtung ist in **Bild 40** dargestellt. Die Dichtung ist in drei Schutzstufen unterteilt:

- Primärstufe
- Sekundärstufe
- Endstufe

Diese Ausführung mit Ablasskammern und Rückstandssammlern geht auf Studien der Technischen Universität Stuttgart zurück.

Die Primärstufe umfasst einen Tropfwasserschutz (**1**), einen Gehäusedeckel (**2**) und die Welle, die gemeinsam ein Labyrinth bilden. Der Tropfwasserschutz nutzt die Zentrifugalkraft, um Verunreinigungen vom Deckel wegzuschleudern. Der Gehäusedeckel verhindert das direkte Eindringen von Verunreinigungen in das Labyrinth. Der radiale Spalt (**3**) zwischen Gehäusedeckel und Welle sollte 0,1 bis 0,2 mm breit sein.

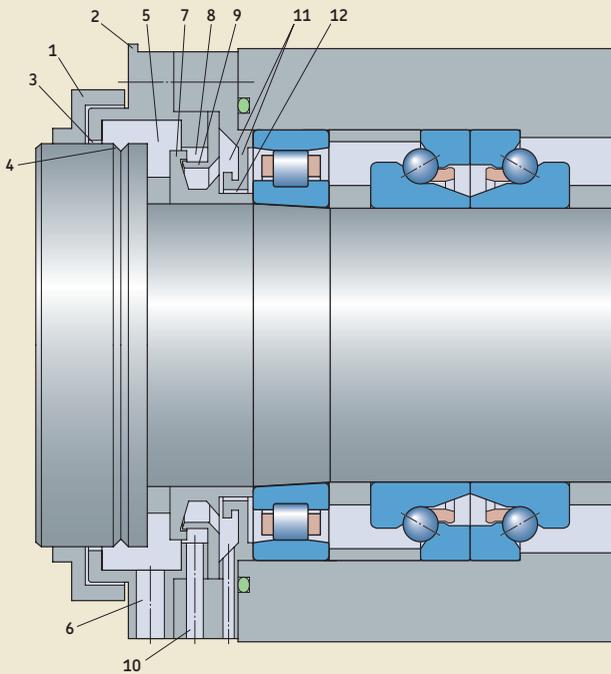
Flüssigkeiten, die die Primärstufe überwunden haben, werden von der Sekundärstufe gesammelt und abtransportiert. Die Stufe beginnt mit Umfangsnuten auf der Welle (**4**). Ihre zentralen Konstruktionsmerkmale sind die große Ablasskammer (**5**) und die Austrittsöffnung (**6**). Umfangsnuten unterstützen den Abtransport

von Flüssigkeit im Ruhezustand, die dann – statt an der Welle entlang zu laufen – in die Ablasskammer tropft. Bei Rotieren der Welle wird die Flüssigkeit fortgeschleudert, in der Ablasskammer gesammelt und über die Austrittsöffnung abgelassen. Große Ablassöffnungen (ca. 250 mm<sup>2</sup>) im Sammelbereich begrenzen die Flüssigkeitsmenge, die sich in der Kammer ansammelt.

Einige Merkmale der Primärstufe werden in der Endstufe wieder aufgegriffen. Sie besteht aus Labyrinth-Ringen (**7**) mit radialen Spalten von 0,2 bis 0,3 mm Breite, aus einer Flüssigkeitsbremskammer (**8**), aus einem Sammler (**9**) zum Transport der Flüssigkeit in den Ablassbereich und aus einer Austrittsöffnung (**10**) mit einem Ablassbereich von ca. 150 mm<sup>2</sup>. Bei ausreichend Platz können eine weitere Kammer, ein Sammler und eine Ablaufbohrung von ca. 50 mm<sup>2</sup> vorgesehen werden (**11**). Der letzte Radialspalt (**12**) sollte dabei ca. 1 mm breit sein, um eine Kapillarwirkung zu verhindern.

Bei der Gestaltung solcher Dichtungsanordnungen sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Zur Vermeidung interner Pumpeffekte müssen die Labyrinthkomponenten von außen nach innen einen schrittweise verkleinerten Durchmesser aufweisen.
- Spiralrillen an rotierenden Komponenten können Flüssigkeiten sehr effektiv in beide axialen Richtungen bewegen, je nach Ausführung und Rotationsrichtung. Hierdurch lässt sich bei einseitig wirkenden Anwendungen und bei vorsichtiger Eingliederung in die Konstruktion die Effektivität von Spalt- oder Labyrinthdichtungen erhöhen. Spiralrillen an rotierenden Komponenten von Spalt- oder Labyrinthdichtungen sollten jedoch vermieden werden, wenn die Anwendung in beide Richtungen rotiert oder wenn bei einseitig wirkenden Anwendungen der Effektivität der Dichtung entgegengewirkt werden würde.
- Bei schwierigen Betriebsbedingungen kann durch starkes Einblasen von Luft in die Labyrinthspalten bzw. in die Spindel eine Luftbarriere erzeugt werden. Der Luftstrom muss dabei aber so ausgeglichen werden, dass der vorherrschende Strom immer nach außen gerichtet ist.



- Ein Dichtungssystem, das bevorzugt den axialen Platz belegt, ist vorzuziehen, da es große Ablassbereiche ermöglicht und die Sammler direkt in das System integriert werden können. In diesen Fällen ist die Spindel infolge des großen Überstands der vorderen Lager (und der Angriffsfläche der Spankraft) jedoch weniger starr.

### Dichtscheiben

Berührende Dichtungen (→ **Bild 41**) dichten in der Regel sehr zuverlässig ab. Ihr Wirkungsgrad ist jedoch von mehreren Faktoren abhängig, darunter:

- Dichtungsausführung
- Dichtungswerkstoff
- Kontaktdruck
- Oberflächengüte der Gegenlauffläche
- Zustand der Dichtlippe
- Vorhandensein von Schmierstoff zwischen Dichtlippe und Gegenlauffläche

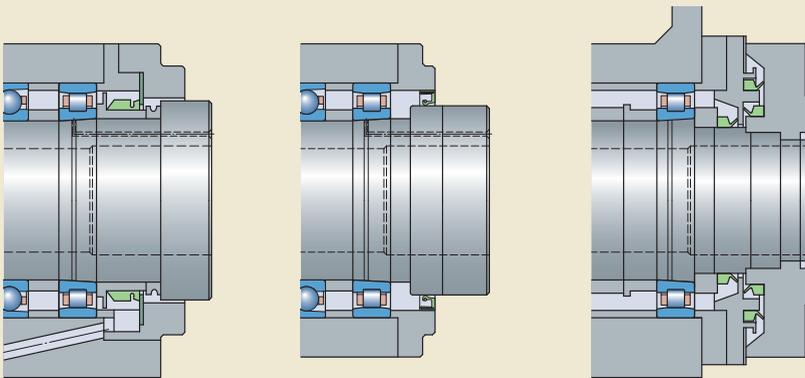
Die Reibung der Dichtung auf der Gegenlauffläche kann bei hohen Drehzahlen ( $A \geq 2$  Mio. mm/min) zu einer beträchtlichen Wärme-erzeugung führen. Aus diesem Grund lassen sich derartige Dichtungen nur für Spindeln mit niedrigeren Drehzahlen verwenden und/oder für Anwendungen, bei denen sich die zusätzliche Wärme nicht wesentlich auf die Spindelleistung auswirkt.

### Dichtungen im Lager

Abgedichtete Lager werden allgemein für Lageranordnungen eingesetzt, bei denen eine ausreichend effektive, externe Dichtung nicht gewährleistet werden kann, beispielsweise aus Platz- oder aus Kostengründen.

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ mit Dichtungen an beiden Seiten. Ausführliche Details enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* im jeweiligen Produktkapitel.

Bild 41



# Schmierung

Die Wahl eines geeigneten Schmierstoffs und eines geeigneten Schmierverfahrens hängt in erster Linie von den Betriebsbedingungen wie der erforderlichen Drehzahl oder der zulässigen Betriebstemperatur ab. Andere Faktoren wie Schwingungen, Belastungen und die Schmierung benachbarter Komponenten, wie Getriebe, können sich jedoch ebenfalls auf den Auswahlprozess auswirken.

Da für den Schmierfilm zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen nur eine sehr geringe Menge Schmierstoff benötigt wird, setzt sich bei Spindellagerungen zunehmend die Fettschmierung durch. Bei einer angemessenen Fettschmierung sind die hydrodynamischen Reibungsverluste klein und die Betriebstemperaturen fallen entsprechend niedrig aus. Werden jedoch hohe Drehzahlen verlangt, ist eventuell die Ölschmierung vorzuziehen, da Schmierfett unter diesen Bedingungen nur eine kurze Gebrauchsdauer hat. In der Regel wird eine Ölschmierung mit einem Öl-Luft-Schmiersystem oder einem Ölumlaufschmiersystem gewährleistet, das außerdem den Vorteil einer Kühlung bietet.

## Fettschmierung

Fettgeschmierte Lagerungen sind für einen breiten Drehzahlbereich geeignet. Werden Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ mit geeigneten Mengen hochwertiger Fetts geschmiert, sind hohe Drehzahlen ohne starken Temperaturanstieg möglich.

Bei Verwendung von Fett kann die Lageranordnung relativ einfach gestaltet werden, da sich Fett einfacher in der Lageranordnung zurückhalten lässt als Öl, vor allem bei schräg oder senkrecht angeordneter Lagerachse. Außerdem kann das Schmierfett selbst zur Abdichtung der Lagerstelle gegenüber Verunreinigungen, Feuchtigkeit und Spritzwasser beitragen.

## Wahl des richtigen Schmierfetts

Für die meisten Spindelwendungenfälle mit Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ sind Schmierfette auf der Grundlage mineralischer Grundöle mit Zusatz von Lithiumseifenfett geeignet. Diese Schmierfette haften gut an den Lagerflächen und sind bei Temperaturen von  $-30$  bis  $+110$  °C einsetzbar. Für hohe Drehzahlen, hohe Temperaturen

und hohe Anforderungen an die Gebrauchsdauer hat sich Schmierfett mit synthetischem Grundöl bewährt, z. B. das SKF Esterölbasisfett LGLT 2.

Für Axial-Schräggugellager in Gewindetrieben ist bei den meisten Betriebsbedingungen ein Fett auf Ester- oder Mineralölbasis mit Calciumkomplex-Verdickungsmittel geeignet.

Bei folgenden Bedingungen können andere Schmierfette erforderlich werden:

- Betriebstemperaturen  $< 10$  °C oder  $> 100$  °C
- sehr hohe oder sehr niedrige Drehzahlen
- statischer Betrieb, geringe Rotation bzw. Schwingung
- hohe Schwingbeanspruchung für die Lager
- starke Belastungen oder Stoßbelastungen für die Lager
- hohe Anforderungen an die Wasserbeständigkeit
- Gewindetriebe sollten bei niedrigen Drehzahlen, bei schweren Belastungen oder bei Schwingungen mit einem Lithiumseifenfett auf Mineralölbasis und mit EP-Zusätzen geschmiert werden, z. B. mit SKF LGEP 2.

Eine angemessene Schmierfettauswahl erfolgt in vier Schritten.

### 1. Auswahl der Konsistenzklasse

Schmierfette werden nach der vom National Lubricating Grease Institute (NLGI) eingeführten Klassifikation in Konsistenzklassen eingeteilt. Schmierfette mit hoher Konsistenz, d. h. feste Fette, haben hohe NLGI-Klassen, während weiche Fette, also solche mit niedriger Konsistenz, niedrige NLGI-Klassen erhalten. Für Wälzlager kommen drei NLGI-Konsistenzklassen in Betracht:

- Die am häufigsten verwendeten Schmierfette für normale Lageranwendungsfälle haben die NLGI-Klasse 2.
- Wälzlagerschmierfette mit niedriger Konsistenz, d. h. Fette der NLGI-Klasse 1, kommen bevorzugt bei niedrigen Umgebungstemperaturen und bei Schwenkbewegungen zum Einsatz.
- Schmierfette der NLGI-Klasse 3 sind für große Lager, für senkrechte Wellenanordnungen, für hohe Umgebungstemperaturen und für hohe Schwingungsniveaus geeignet.

### 2. Bestimmung der erforderlichen Grundölviskosität

Ausführliche Informationen zur Berechnung der erforderlichen Grundölviskosität finden Sie unter *Schmierbedingungen – das Viskositätsverhältnis  $\kappa$*  im SKF Katalog *Wälzlager* und unter [skf.com](http://skf.com). Die Diagramme in dieser Publikation basieren auf der elasto-hydrodynamischen Schmierungs- theorie (EHL) bei durchgehendem Schmierfilm.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei der Verwendung von Schmierfett mit sehr niedrig- bzw. sehr hochviskosen Grundölen ein dünnerer Ölfilm entsteht, als die Schmierungstheorien vermuten lassen. Daher sind bei der Verwendung der Diagramme zur Bestimmung der erforderlichen Grundölviskosität für fettgeschmierte Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ möglicherweise Anpassungen erforderlich. In der Praxis hat sich die Bestimmung der erforderlichen Viskosität  $\nu$  bei 40 °C mit anschließender Anpassung bewährt:

- $\nu \leq 20 \text{ mm}^2/\text{s}$  → die Viskosität mit einem Faktor zwischen 1 und 2 multiplizieren  
In diesem niedrigen Bereich reicht die Viskosität des Öls nicht für die Bildung eines Ölfilms in der erforderlichen Stärke aus.
- $20 \text{ mm}^2/\text{s} < \nu \leq 250 \text{ mm}^2/\text{s}$  → Es wird kein Korrekturfaktor benötigt
- $\nu > 250 \text{ mm}^2/\text{s}$  → wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice

Berechnungen können auch mit dem SKF Programm Viskosität vorgenommen werden, unter [skf.com/bearingcalculator](http://skf.com/bearingcalculator).

Hochviskose Schmierfette erhöhen die Reibung und die vom Lager erzeugte Wärme. Sie sind aber z. B. für Stützlager für Kugelgewindetribe in Anwendungen mit niedrigen Drehzahlen oder in Anwendungen erforderlich, bei denen ein Risiko von Schwingungsverschleiß („False Brinelling“) besteht.

### 3. Entscheidung über Verwendung von EP-Additiven

Fett mit Hochdruck-Additiven kann die richtige Wahl sein, wenn Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ einer der folgenden Bedingungen ausgesetzt sind:

- sehr hohe Belastungen ( $P < 0,15 \text{ C}$ )
- Stoßbelastungen

- niedrige Drehzahlen
- zeitweiliger statischer Belastung
- häufiges Anfahren und Anhalten

Schmierstoffe mit EP-Zusätzen sollten nur im Bedarfsfall verwendet werden und grundsätzlich nur bei Einhaltung der korrekten Betriebstemperatur. Einige EP-Zusätze sind mit bestimmten Lagermaterialien nicht vereinbar, besonders bei hohen Temperaturen. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### 4. Kontrolle der zusätzlichen Anforderungen

Bei einigen Anwendungen können die Betriebsbedingungen zusätzliche Anforderungen an das Schmierfett stellen, wie z. B. spezielle Eigenschaften. Folgende Empfehlungen können als Richtlinien gelten:

- Bei hohen Anforderungen an die Beständigkeit gegen Auswaschen sollte ein Fett mit Calcium-Verdickungsmittel statt Lithium-Verdickungsmittel verwendet werden.
- Wird ein guter Rostschutz gefordert, ist ein geeignetes Additiv empfehlenswert.
- Bei hohen Schwingungspegeln sollte ein Fett mit hoher mechanischer Stabilität gewählt werden.

Zur Wahl des geeigneten Fetts für eine bestimmte Lagerbauform und Anwendung können Sie das Auswahlprogramm SKF LubeSelect unter [skf.com/lubrication](http://skf.com/lubrication) verwenden.

## Erstbefüllung

Bei Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“, die mit hohen Drehzahlen laufen, ist der Leerraum im Lager nur bis zu 30% mit Fett zu füllen.

Das Fett in Axial-Schrägkugellagern für Gewindetriebe sollte den Freiraum im Lager zu ~ 25 bis 35% ausfüllen.

Frisch fettgeschmierte Lager sollten in der Einlaufphase bei möglichst niedrigen Drehzahlen betrieben werden (→ *Einlaufen fettgeschmierter Lager*, **Seite 111**). Hierdurch wird überschüssiges Fett verdrängt, und der Rest kann sich gleichmäßig im Lager verteilen. Wird die Einlaufphase übersprungen, besteht die Gefahr, dass die Betriebstemperatur stark ansteigt und das Lager vorzeitig ausfällt.

Die Erstbefüllung hängt von der Lagergröße, -bauform und -reihe sowie vom Drehzahlkennwert A ab.

$$A = n d_m$$

Hierin sind

A = der Drehzahlkennwert [mm/min]

$d_m$  = der mittlere Lagerdurchmesser [mm]

$$= 0,5 (d + D)$$

n = die Drehzahl [min<sup>-1</sup>]

Die Erstbefüllung offener Lager kann näherungsweise wie folgt bestimmt werden:

$$G = K G_{\text{ref}}$$

Hierin sind

G = Erstbefüllung [cm<sup>3</sup>]

$G_{\text{ref}}$  = Fettbezugsmenge [cm<sup>3</sup>]

– für Schrägkugellager

→ **Tabelle 22, Seite 102**

– für Zylinderrollenlager

→ **Tabelle 23, Seite 103**

– für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

→ **Tabelle 24, Seite 104**

– für einseitig wirkende Axial-

Schrägkugellager für Gewindetriebe

→ **Tabelle 25, Seite 104**

K = Berechnungsfaktor abhängig von der Lagerbauform und vom Drehzahlkennwert A (→ **Diagramm 14, Seite 105**)

Abgedichtete Lager werden mit einem hochwertigen, niedrigviskosen Fett befüllt, das ca. 15% des Freiraums im Lager ausfüllt. Unter normalen Betriebsbedingungen werden sie als auf Lebensdauer geschmiert eingestuft. Das Fett zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- hohe Drehzahlen
- hervorragende Alterungsbeständigkeit
- sehr gute Rostschutzeigenschaften

Die Eigenschaften des Fetts werden in **Tabelle 26, Seite 104** angegeben.

Fettbezugsmenge für Schrägkugellager

Lagerbohrung d	Größe	Fettbezugsmenge $G_{ref}$ für Lager der Reihen							
		718 CD 718 ACD	719 CD 719 ACD	719 CE 719 ACE	719 CB 719 ACB	70 CD 70 ACD	70 CE 70 ACE	70 CB 70 ACB	72 CD 72 ACD
mm	–	cm <sup>3</sup>							
6	6	–	–	–	–	0,09	0,09	–	–
7	7	–	–	–	–	0,12	0,11	–	0,16
8	8	–	–	0,09	–	0,15	0,17	–	0,23
9	9	–	–	0,09	–	0,18	0,19	–	0,26
10	00	0,06	0,12	0,1	–	0,24	0,28	–	0,36
12	01	0,07	0,12	0,1	–	0,27	0,31	–	0,51
15	02	0,08	0,21	0,2	–	0,39	0,5	–	0,73
17	03	0,09	0,24	0,2	–	0,54	0,68	–	1
20	04	0,18	0,45	0,5	–	0,9	1,1	–	1,5
25	05	0,21	0,54	0,6	–	1	1,3	–	1,9
30	06	0,24	0,63	0,6	0,72	1,6	1,7	1,4	2,8
35	07	0,28	0,93	0,8	0,96	2	2,4	1,8	3,9
40	08	0,31	1,4	1,4	1,4	2,4	2,8	2,2	4,7
45	09	0,36	1,6	1,5	1,8	3,3	3,4	2,9	5,9
50	10	0,5	1,7	1,7	1,9	3,6	4,1	3,1	6,7
55	11	0,88	2,5	2,3	2,6	5,1	5	4,7	8,6
60	12	1,2	2,7	2,5	2,8	5,4	5,3	5	10
65	13	1,3	2,9	2,6	3	5,7	6,2	5,5	12
70	14	1,4	4,5	4,3	4,5	8,1	8,2	7,3	14
75	15	1,5	5,1	4,5	4,8	8,4	8,6	7,7	15
80	16	1,6	5,1	4,8	5,3	11	12	10	18
85	17	2,7	7,2	7	6,5	12	12	11	22
90	18	2,9	7,5	7	7,4	15	14	14	28
95	19	3,1	7,8	7,3	7,5	16	17	15	34
100	20	3,2	11	10	10	16	17	15	41
105	21	4	11	–	–	20	–	–	48
110	22	5,1	11	11	11	26	23	22	54
120	24	5,5	15	15	14	27	28	24	69
130	26	9,3	20	–	–	42	–	–	72
140	28	9,9	22	–	–	45	–	–	84
150	30	13	33	–	–	54	–	–	–
160	32	14	33	–	–	66	–	–	–
170	34	–	36	–	–	84	–	–	–
180	36	–	54	–	–	111	–	–	–
190	38	–	57	–	–	114	–	–	–
200	40	–	81	–	–	153	–	–	–
220	44	–	84	–	–	201	–	–	–
240	48	–	93	–	–	216	–	–	–
260	52	–	150	–	–	324	–	–	–
280	56	–	159	–	–	–	–	–	–
300	60	–	265	–	–	–	–	–	–
320	64	–	282	–	–	–	–	–	–
340	68	–	294	–	–	–	–	–	–
360	72	–	313	–	–	–	–	–	–

Die Werte beziehen sich auf ein Füllvolumen von 30%.

Tabelle 23

1

## Fettbezugsmenge für Zylinderrollenlager

Lagerbohrung d	Größe	Fettbezugsmenge $G_{ref}$ für Lager der Reihen				
		N 10 TN	N 10 TNHA	N 10 PHA	NN 30 <sup>1)</sup>	NNU 49 <sup>1)</sup>
mm	–	cm <sup>3</sup>				
25	05	–	–	–	0,9	–
30	06	–	–	–	1	–
35	07	–	–	–	1,9	–
40	08	2,3	2,5	3,1	1,8	–
45	09	2,9	3,2	4,1	2,4	–
50	10	3,2	3,5	4,4	2,7	–
55	11	4,4	4,9	6,1	3,6	–
60	12	4,7	5,2	6,5	3,8	–
65	13	5	5,5	6,9	4,1	–
70	14	6,7	7,2	9,2	5,9	–
75	15	7,1	7,7	9,6	6,3	–
80	16	9	9,8	13	8,3	–
85	17	9,2	10	–	8,4	–
90	18	12	14	–	11	–
95	19	13	14	–	12	–
100	20	13	14	–	12	13
105	21	18	18	–	17	15
110	22	21	21	–	20	17
120	24	22	34	–	23	27
130	26	–	–	–	34	31
140	28	–	–	–	52	45
150	30	–	–	–	63	57
160	32	–	–	–	78	63
170	34	–	–	–	105	72
180	36	–	–	–	138	81
190	38	–	–	–	144	85
200	40	–	–	–	191	117
220	44	–	–	–	260	150
240	48	–	–	–	288	171
260	52	–	–	–	392	366
280	56	–	–	–	420	384

Die Werte beziehen sich auf ein Füllvolumen von 30%.

<sup>1)</sup> Für Lager der Reihen NN 30 und NNU 49 mit  $d > 280$  mm wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

Tabelle 24

Fettbezugsmenge für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

Lagerbohrung d	Größe	Fettbezugsmenge $G_{ref}$ für Lager der Reihen	
		BTW	BTM
mm	–	cm <sup>3</sup>	
35	07	1,9	–
40	08	2,5	–
45	09	3,1	–
50	10	3,3	–
55	11	4,8	–
60	12	5,2	7,8
65	13	5,6	8,4
70	14	7,4	11
75	15	7,8	11,8
80	16	11	16
85	17	11	16,8
90	18	14	22
95	19	15	22
100	20	16	22
105	21	–	–
110	22	27	38
120	24	28	40
130	26	40	58
140	28	45	62
150	30	56	80
160	32	67	94
170	34	90	126
180	36	117	160
190	38	122	–
200	40	157	–

Die Werte beziehen sich auf ein Füllvolumen von 30%.

Tabelle 25

Fettbezugsmenge für einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager für Gewindetribe

Kurzzeichen	Fettbezugsmenge $G_{ref}$
–	cm <sup>3</sup>
BSA 201 C	0,4
BSA 202 C	0,5
BSA 203 C	0,7
BSA 204 C	1,2
BSA 205 C	1,5
BSA 206 C	2,2
BSA 207 C	3
BSA 208 C	3,7
BSA 209 C	4,5
BSA 210 C	5,2
BSA 212 C	8,5
BSA 215 C	11,1
BSA 305 C	2,4
BSA 306 C	2,1
BSA 307 C	4,2
BSA 308 C	6,4
BSD 2047 C	1,4
BSD 2562 C	2
BSD 3062 C	2
BSD 3572 C	2,5
BSD 4072 C	2,5
BSD 4090 C	5,2
BSD 45100 C	5,9
BSD 4575 C	2,7
BSD 50100 C	6,5
BSD 55100 C	6,5
BSD 55120 C	7,5
BSD 60120 C	7,5

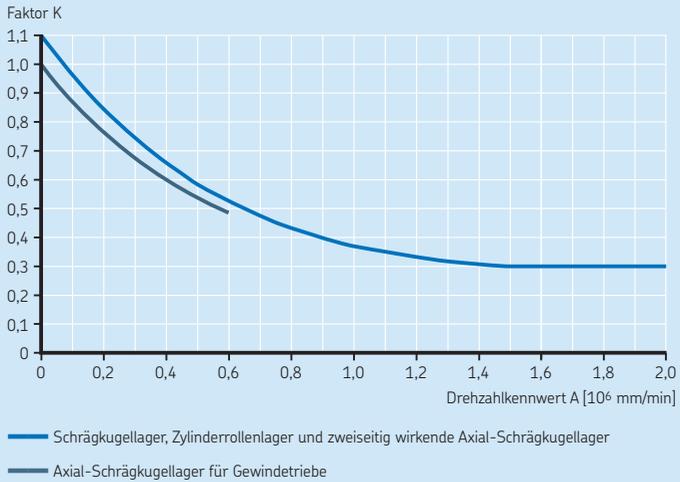
Die Werte beziehen sich auf ein Füllvolumen von 35%.

Tabelle 26

Technische Daten für Schmierfette in abgedichteten Lagern

Eigenschaften	Fetteigenschaften
Dickungsmittel	Lithiumspezielseife
Grundöl	Ester/PAO
NLGI-Konsistenzklasse	2
Temperaturbereich [°C]	-40 bis +120
Kinematische Viskosität [mm <sup>2</sup> /s]	
bei 40 °C	25
bei 100 °C	6

## Faktor K für Erstbefüllung (Näherungswert)



Die Grenzen für den Drehzahlkennwert hängen von Lagerausführung und -reihe ab.

### Einbringen von Fett

Beim Schmieren ist das Fett gleichmäßig in den freien Bereich zwischen Wälzkörpern und Lageringen einzubringen. Drehen Sie die Lager von Hand, bis alle Innenflächen bedeckt sind.

Kleine Axial-Schrägkugellager für Gewindetribe erfordern oft nur sehr kleine Schmierfettmengen. Ist die Schmiermenge sehr klein, sollte das Lager vor der Schmierung in eine Lösung mit 3 bis 5 Prozent Fettanteil getaucht werden. Nach dem Abfließen und Verdunsten des Lösungsmittels ist das Schmierfett aufgetragen. Durch das Tauchen des Lagers in die Lösung wird gewährleistet, dass alle Flächen mit einem dünnen Schmierfilm überzogen sind.

### Fettgebrauchsdauer und Schmierfristen

Auf die Fettgebrauchsdauer wirken sich mehrere Faktoren aus; einige davon lassen sich nur extrem schwer für die jeweilige Anwendung berechnen. Daher wird in der Regel eine geschätzte Fettgebrauchsdauer verwendet, die sich auf empirische Grundlagen stützt.

Das geschätzte Nachschmierintervall für fettgeschmierte Lager basiert auf der geschätzten Fettgebrauchsdauer. Hierfür können verschiedene Methoden verwendet werden, SKF empfiehlt jedoch die folgende Methode zur möglichst genauen Schätzung bei Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“.

**Diagramm 15** zeigt das Nachschmierintervall  $t_f$  für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ in unterschiedlichen Ausführungen. Das Diagramm gilt unter den folgenden Bedingungen:

- Lager mit Wälzkörpern aus Stahl
- waagrecht angeordnete Welle
- Betriebstemperatur  $\leq 70^\circ\text{C}$
- Qualitätsfett mit Lithium-Verdickungsmittel
- Das Nachschmierintervall ist definiert als die Zeit, nach der 90% einer größeren Gruppe weitgehend identischer Lager noch zuverlässig geschmiert werden ( $L_{10}$ ).

Bei Bedarf ist das gemäß **Diagramm 15** berechnete Nachschmierintervall mit Korrekturfaktoren für Lagertyp, Ausführung und Betriebsbedingungen anzupassen.

Das Nachschmierintervall kann wie folgt angenähert ermittelt werden

$$T_{\text{relub}} = t_f C_1 C_2 \dots C_8$$

Die Kennlinien für Schrägkugel- und Axiallager gelten ausschließlich für Einzellager. Werte für zusammengepasste Lagersätze sollten an die jeweilige Anordnung, die Anzahl der Lager im Satz und die Vorspannung angepasst werden. Dies erfolgt durch Multiplizieren des Nachschmierintervalls mit dem Faktor  $C_1$  ( $\rightarrow$  **Tabelle 27, Seite 108**). Bei Sätzen mit mehr als vier Lagern empfiehlt es sich, die Technische SKF Beratung einzuschalten.

Für Hybridlager lässt sich die geschätzte Fettgebrauchsdauer bestimmen, indem der rechnerische Wert für ein Lager mit Wälzkörpern aus Stahl mit dem Korrekturfaktor  $C_2$  ( $\rightarrow$  **Tabelle 28, Seite 108**) multipliziert wird.

Je nach Betriebsbedingungen sollte das Nachschmierintervall mit den einzelnen zutreffenden Korrekturfaktoren von  $C_3$  bis  $C_8$  ( $\rightarrow$  **Tabelle 29, Seite 109**) multipliziert werden.

Weitere Bedingungen – die hier nicht berücksichtigt sind – wie Wasser, Schneidflüssigkeit und Schwingungen können die Fettgebrauchsdauer ebenfalls beeinflussen.

Werkzeugmaschinen spindeln arbeiten häufig mit variierenden Drehzahlen, Belastungen und Betriebstemperaturen. Ist das Drehzahl- bzw. Belastungsspektrum bekannt und ausreichend zyklisch, lässt sich das Nachschmierintervall für jedes Drehzahl- bzw. Belastungsintervall wie oben beschrieben einschätzen. Ein Nachschmierintervall für den gesamten Betriebszyklus lässt sich dann wie folgt berechnen:

$$t_{f \text{ tot}} = \frac{100}{\sum (a_i / t_{fi})}$$

Hierin sind

$t_{f \text{ tot}}$  = Gesamtnachschmierintervall [Stunden]

$a_i$  = Anteil der Gesamtzykluszeit bei Drehzahl  $n_i$  [%]

$t_{fi}$  = Nachschmierintervall bei Drehzahl  $n_i$  [Stunden]

## Richtlinien zur Bestimmung des Nachschmierintervalls

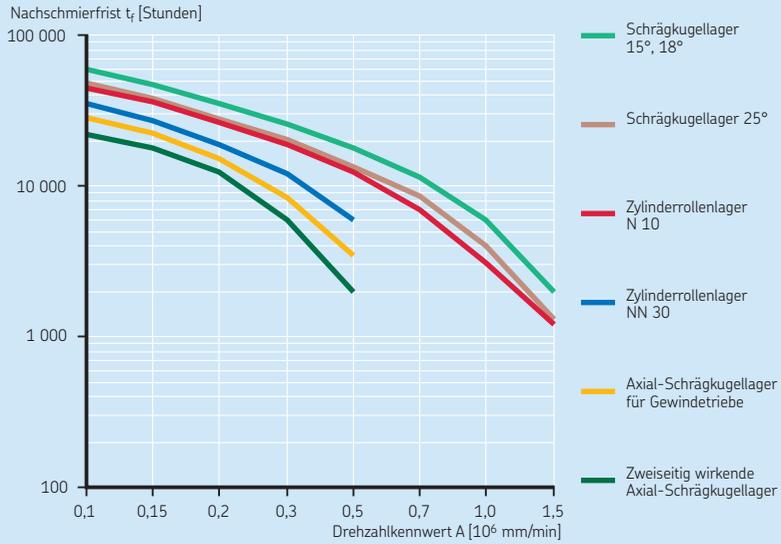


Tabelle 27

Korrekturfaktor für Lagersätze und verschiedene Vorspannungsklassen

Lagerart Lagerreihe	Anordnung	Nachsetz- zeichen	Korrekturbeiwerte $C_1$ Vorspannungsklasse						
			A	L	B	M	C	F	D
<b>Schrägkugellager</b>									
719 D, 70 D, 72 D	2-er Satz, O-Anordnung	DB	0,81	–	0,75	–	0,65	–	0,4
	2-er Satz, X-Anordnung	DF	0,77	–	0,72	–	0,61	–	0,36
	3-er Satz, Tandem-O-Anordnung	TBT	0,7	–	0,63	–	0,49	–	0,25
	3-er Satz, Tandem-X-Anordnung	TFT	0,63	–	0,56	–	0,42	–	0,17
	4-er Satz, Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBC	0,64	–	0,6	–	0,53	–	0,32
	4-er Satz, Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFC	0,62	–	0,58	–	0,48	–	0,27
718 D, 719 E, 70 E	2-er Satz, O-Anordnung	DB	0,8	–	0,65	–	0,4	–	–
	2-er Satz, X-Anordnung	DF	0,77	–	0,61	–	0,36	–	–
	3-er Satz, Tandem-O-Anordnung	TBT	0,69	0,72	0,49	0,58	0,25	0,36	–
	3-er Satz, Tandem-X-Anordnung	TFT	0,63	0,66	0,42	0,49	0,17	0,24	–
	4-er Satz, Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBC	0,64	–	0,53	–	0,32	–	–
	4-er Satz, Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFC	0,62	–	0,48	–	0,27	–	–
719 B, 70 B	2-er Satz, O-Anordnung	DB	0,83	–	0,78	–	0,58	–	–
	2-er Satz, X-Anordnung	DF	0,8	–	0,74	–	0,54	–	–
	3-er Satz, Tandem-O-Anordnung	TBT	0,72	–	0,66	–	0,4	–	–
	3-er Satz, Tandem-X-Anordnung	TFT	0,64	–	0,56	–	0,3	–	–
	4-er Satz, Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBC	0,67	–	0,64	–	0,48	–	–
	4-er Satz, Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFC	0,64	–	0,6	–	0,41	–	–
<b>Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager</b>									
BTW	–	–	1	–	–	–	–	–	–
BTM	–	–	1	–	0,5	–	–	–	–
<b>Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe</b>									
BSA, BSD	2er Satz	–	0,8	–	0,4	–	–	–	–
	3er Satz	–	0,65	–	0,3	–	–	–	–
	4er Satz	–	0,5	–	0,25	–	–	–	–

Tabelle 28

Korrekturfaktoren für Hybridlager

Lagerart	Korrekturbeiwerte $C_2$ Drehzahlkennwert A [ $10^6$ mm/min]			
	0,5	0,7	1	1,5
Schrägkugellager	3	3,5	3	2,8
Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager	3	–	–	–
Zylinderrollenlager	3	3	3	2,5

Tabelle 29

## Korrekturfaktoren für Betriebsbedingungen

Betriebszustand	Korrekturbeiwert	
<b>Wellenausrichtung</b>		
Vertikal	C <sub>3</sub>	0,5
Horizontal		1
<b>Lagerbelastung</b>		
P < 0,05 C	C <sub>4</sub>	1
P < 0,1 C		0,7
P < 0,125 C		0,5
P < 0,2 C		0,3
P < 0,5 C		0,2
P < C		0,1
<b>Überlebenswahrscheinlichkeit</b>		
L <sub>1</sub>	C <sub>5</sub>	0,37
L <sub>10</sub>		1
L <sub>50</sub>		2
<b>Luftstrom durch das Lager</b>		
Leicht	C <sub>6</sub>	1
Moderat		0,3
Stark		0,1
<b>Feuchtigkeit und Staub</b>		
Leicht	C <sub>7</sub>	1
Moderat		0,5
Hoch		0,3
Sehr hoch		0,1
<b>Betriebstemperaturen</b>		
40 °C	C <sub>8</sub>	2
55 °C		2
70 °C		1
85 °C		0,5
100 °C		0,25

## Mischbarkeit

Soll für einen vorhandenen Anwendungsfall ein anderes als das aktuelle Schmierfett verwendet werden, ist die Verträglichkeit des neuen Fetts mit dem aktuellen Fett insbesondere hinsichtlich des Grundöls (→ **Tabelle 30**) und des Verdickungsmittels (→ **Tabelle 31, Seite 110**) zu prüfen. Die Werte in den Tabellen basieren auf der Zusammensetzung des Schmierfetts und sollten nur als grobe Richtwerte verwendet werden. SKF empfiehlt, das neue Fett erst in der Anwendung zu testen, nachdem Sie hinsichtlich der Mischbarkeit Rücksprache mit einem Schmierfettexperten gehalten haben.

Entfernen Sie das alte Schmierfett so gut wie möglich aus der Lageranordnung, bevor Sie den neuen Fetttyp einfüllen. Wenn sich das neue Fett nicht mit dem alten verträgt, oder wenn das alte Fett ein PTFE-Verdickungsmittel ist bzw. auf Silikonbasis basiert, sollte das Lager erst gründlich mit einem geeigneten Lösungsmittel gereinigt werden. Nach dem Einfüllen des neuen Fetts sollten Sie die Lager gut beobachten um sicherzugehen, dass das neue Fett keine Probleme verursacht.

Tabelle 30

## Verträglichkeit von Grundölen

	Mineralöl	Esteröl	Polyglycol	Silikon-Methyl	Silikon-Phenyl	Polyphenylether
Mineralöl	+	+	-	-	+	o
Esteröl	+	+	+	-	+	o
Polyglycol	-	+	+	-	-	-
Silikon-Methyl	-	-	-	+	+	-
Silikon-Phenyl	+	+	-	+	+	+
Polyphenylether	o	o	-	-	+	+

+ kompatibel  
 - inkompatibel  
 o Individuelle Tests erforderlich

Tabelle 31

Verträglichkeit von Dichtungsmitteln

	Lithium-seife	Kalzium-seife	Natrium-seife	Lithium-Komplexseife	Kalzium-Komplexseife	Natrium-Komplexseife	Barium-Komplexseife	Aluminium-Komplexseife	Bentonit	Polyharnstoff
Lithium-seife	+	o	-	+	-	o	o	-	o	o
Kalzium-seife	o	+	o	+	-	o	o	-	o	o
Natrium-seife	-	o	+	o	o	+	+	-	o	o
Lithium-Komplexseife	+	+	o	+	+	o	o	+	-	-
Kalzium-Komplexseife	-	-	o	+	+	o	-	o	o	+
Natrium-Komplexseife	o	o	+	o	o	+	+	-	-	o
Barium-Komplexseife	o	o	+	o	-	+	+	+	o	o
Aluminium-Komplexseife	-	-	-	+	o	-	+	+	-	o
Bentonit	o	o	o	-	o	-	o	-	+	o
Polyharnstoff	o	o	o	-	+	o	o	o	o	+

+ kompatibel  
 - inkompatibel  
 o Individuelle Tests erforderlich

### Einlaufen fettgeschmierter Lager

Fettgeschmierte Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ laufen mit relativ hohem Reibmoment ein. Werden die Lager ohne Einlaufphase bei hohen Drehzahlen betrieben, kann es zu einem deutlichen Temperaturanstieg kommen. Das hohe Reibmoment ist bedingt durch die Verdrängung des überschüssigen Fettes; es dauert einige Zeit, bis das Fett aus der Kontaktzone gefördert wird. Diese Phase lässt sich bei offenen Lagern durch Verwendung erforderlicher Fettmengen verkürzen, die beim Einbau gleichmäßig an beiden Lagerseiten aufgetragen werden. Zwischenringe zwischen benachbarten Lagern können ebenfalls die Einlaufphase verkürzen.

Die Zeit, die zur Stabilisierung der Betriebsdauer erforderlich ist, hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Art des Schmierfetts
- Erstbefüllung
- Befüllungsart am Lager
- Anzahl und Anordnung der Lager in einem Satz
- der für überschüssiges Fett auf beiden Seiten des Lagers zur Verfügung stehende Platz
- Einlaufverfahren

Korrekt eingelaufene Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ können meist mit minimaler Schmierung laufen, sodass sich ein möglichst geringes Reibmoment und niedrige Betriebstemperaturen erzielen lassen. Das Schmierfett, das sich zu beiden Seiten des Lagers sammelt, dient als Reserve. Das Schmieröl kann dann auf die Laufbahn fließen und so eine langfristige, effiziente Schmierung bieten.

Für das Einlaufen gibt es mehrere Möglichkeiten. Unabhängig vom gewählten Verfahren sollte das Lager immer in beiden Drehrichtungen eingelaufen werden.

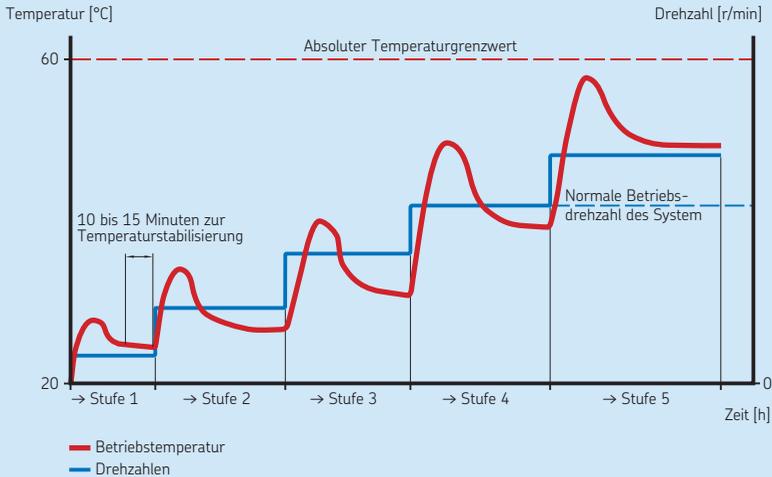
### Standard-Einlaufverfahren

Das gängigste Einlaufverfahren lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- 1** Mit einer niedrigen Drehzahl beginnen und in relativ kleinen Schritten steigern.
- 2** Temperaturobergrenze festlegen, meist 60 bis 65 °C. SKF empfiehlt, die Maschine oder Anlage nach Möglichkeit mit einer Abschaltung auszurüsten, die bei Überschreiten der Temperaturgrenze die Spindel anhält.
- 3** Betrieb bei der gewählten Anfangsdrehzahl starten.
- 4** Temperaturanstieg am Lageraußenring überwachen und Stabilisierung abwarten. Sobald die Temperatur den Grenzwert erreicht, die Spindel anhalten und Abkühlung des Lagers abwarten. Den Vorgang mit derselben Drehzahl wiederholen und die Spindel laufen lassen, bis sich die Temperatur unter dem Grenzwert stabilisiert.
- 5** Sobald sich die Lagertemperatur stabilisiert hat, die Spindel weitere 10 bis 15 Minuten laufen lassen. Die Drehzahl anschließend um eine Stufe erhöhen und Schritt **4** wiederholen.
- 6** Die Drehzahl in weiteren Schritten erhöhen und bei jedem Schritt abwarten, bis sich die Temperatur unterhalb der Obergrenze stabilisiert hat. So fortfahren, bis die Spindel ein Drehzahlintervall über der Betriebsdrehzahl des Systems liegt. Dieses Verfahren sorgt dafür, dass der Temperaturanstieg im Normalbetrieb niedriger ausfällt. Das Lager ist jetzt korrekt eingelaufen.

Dieses Standard-Einlaufverfahren ist zeitaufwändig. Bei Spindeln für mittlere bis hohe Drehzahlen kann es pro Stufe zwischen 30 Minuten und 2 Stunden dauern, bevor sich die Temperatur stabilisiert. Das gesamte Einlaufverfahren kann 8 bis 10 Stunden dauern (→ **Diagramm 16, Seite 112**).

Grafische Darstellung des Einlaufverfahrens



## Verkürztes Einlaufverfahren

Beim verkürzten Einlaufen werden einige Stufen übersprungen. Die wichtigsten Schritte sind:

- 1 Bei Fettschmierung die Drehzahl auf 20 bis 25% der erreichbaren Drehzahl einstellen (→ **Produkttabellen**) und in relativ großen Schritten steigern.
- 2 Temperaturobergrenze festlegen, meist 60 bis 65 °C. Die Maschine oder Anlage nach Möglichkeit mit einer Abschaltung auszurüsten, die bei Überschreiten der Temperaturgrenze die Spindel anhält.
- 3 Betrieb bei der gewählten Anfangsdrehzahl starten.
- 4 Temperatur am Lageraußenring überwachen, bis das Temperaturmaximum erreicht wird. Schnelle Temperaturerhöhungen vermeiden.
- 5 Maschine anhalten und Außenring des Lagers um 5 bis 10 °C abkühlen lassen.
- 6 Maschine bei gleicher Drehzahl wieder einschalten und Temperatur überwachen, bis der Grenzwert wieder erreicht wird.
- 7 Schritte 5 und 6 wiederholen, bis sich die Temperatur 10 bis 15 Minuten unterhalb des Grenzwerts stabilisiert. Das Lager wird bei dieser Drehzahl eingelaufen.

- 8 Drehzahl um eine Stufe erhöhen und Schritte 4 bis 7 wiederholen.
- 9 Drehzahl weiter bis zu einer Stufe über der Betriebsdrehzahl der Maschine erhöhen. Dieses Verfahren sorgt dafür, dass der Temperaturanstieg im Normalbetrieb niedriger ausfällt. Das Lager ist jetzt korrekt eingelaufen.

Jeder Schritt muss mehrfach wiederholt werden, ein Zyklus dauert aber nur wenige Minuten. Beim verkürzten Verfahren ist die Gesamtzeit deutlich kürzer als beim Standardverfahren.

## Ölschmierung

Für viele Anwendungsfälle bietet sich eine Ölschmierung an, da sie an die Betriebsbedingungen und konstruktiven Gegebenheiten angepasst werden kann. Bei der Auswahl eines geeigneten Ölschmierverfahrens für eine Lageranordnung sind folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- erforderliche Menge und Viskosität des Öls
- Drehzahl und hydrodynamische Reibungsverluste
- zulässige Lagertemperatur

Das Verhältnis zwischen Ölmenge/Öldurchflussmenge, Reibungsverlusten und Lagertemperatur ist in **Diagramm 17** dargestellt. Das Diagramm zeigt die Bedingungen in unterschiedlichen Bereichen an:

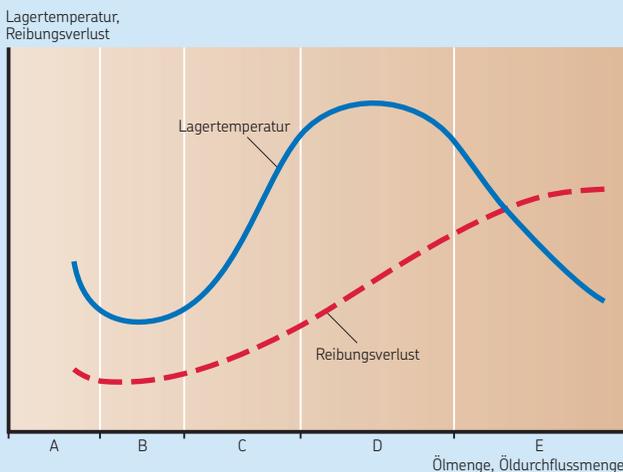
- **Bereich A**  
Die Ölmenge reicht nicht aus, um zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen einen Schmierfilm zu erzeugen. Direktkontakt von Metallflächen führt zu erhöhter Reibung, einer hohen Lagertemperatur, Verschleiß und Oberflächenermüdung.

- **Bereich B**  
Öl ist in größerer Menge verfügbar, und zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen kann sich ein einheitlicher, tragfähiger Ölfilm bilden. Die Reibung und auch die Betriebstemperaturerhöhung sind minimal.
- **Bereich C**  
Eine weitere Erhöhung der Ölmenge führt zum Reibungs- und Temperaturanstieg.
- **Bereich D**  
Die fließende Ölmenge wird so erhöht, dass der Öldurchfluss für ein Gleichgewicht zwischen Wärmeerzeugung am Lager und Wärmeabführung sorgt. Die Lagertemperatur erreicht ihren Höhepunkt.
- **Bereich E**  
Mit zunehmendem Öldurchfluss übersteigt die Wärmeabführung die erzeugte Reibungswärme am Lager. Die Lagertemperatur nimmt ab.

Um die Betriebstemperatur bei extrem hohen Drehzahlen niedrig halten zu können, ist in der Regel entweder ein Öl-Luft-Schmiersystem oder eine Ölumlaufschmierung mit Kühlfunktion erforderlich. Mit diesen Systemen lassen sich die Betriebsbedingungen in den Bereichen B (Öl-Luft) und E (Ölumlaufschmierung) beibehalten.

Diagramm 17

Lagertemperatur und Reibungsverluste in Abhängigkeit von der Ölmenge



## Ölschmierverfahren

### Ölbadschmierung

Das einfachste Ölschmierverfahren ist das Ölbad. Das von den umlaufenden Komponenten des Lagers aufgenommene Öl wird im Lager verteilt und fließt dann zurück in eine Wanne. Der Ölstand muss in der Regel so gewählt sein, dass er fast bis zur Mitte des niedrigsten Wälzkörpers reicht, wenn sich das Lager im Stillstand befindet. Die Ölbadschmierung eignet sich insbesondere für niedrige Drehzahlen. Bei höheren Drehzahlen werden die Lager mit zu viel Öl geschmiert, wodurch die Reibung im Lager zunimmt und die Betriebstemperatur ansteigt.

### Ölumlaufschmierung

Bei höheren Drehzahlen nehmen die Betriebstemperatur und die Reibungswärme im Allgemeinen zu und die Alterung des Schmieröls wird beschleunigt. Zur Senkung der Betriebstemperatur und zur Vermeidung häufiger Ölwechsel wird allgemein die Ölumlaufschmierung bevor-

zugt (→ Bild 42), wobei der Ömlauf im Allgemeinen durch eine Pumpe aufrechterhalten wird. Nachdem das Öl durch das Lager geströmt ist, setzt es sich in einem Tank ab, wird gefiltert und gekühlt, und dann wieder zurück gefördert. Bei angemessener Filterung wird der Ölverschmutzungsgrad gesenkt und die Lagerlebensdauer verlängert. In größeren Systemen mit unterschiedlichen Lagergrößen lässt sich der Hauptvolumenstrom von der Pumpe in mehrere kleinere Ströme aufteilen. Die Durchflussmenge dieser einzelnen Ströme lässt sich mit SKF Strömungsüberwachungsgeräten überwachen.

**Tabelle 32** enthält Richtwerte für den Öldurchfluss. Wenn Sie eine genaue Analyse benötigen, wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

Informationen zum SKF CircOil System und zu SKF Strömungsüberwachungsgeräten entnehmen Sie den Online-Produktinformationen unter [skf.com/lubrication](http://skf.com/lubrication).

Bild 42

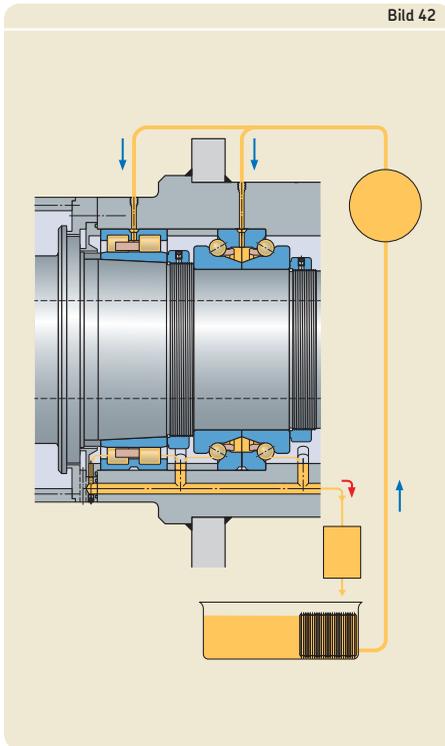


Tabelle 32

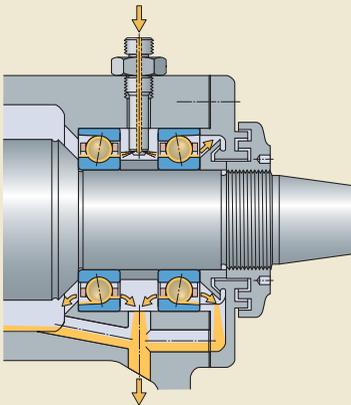
### Richtlinien für den Öldurchfluss (gilt für Einzellager)

Lagerbohrung d		Öldurchsatz Q	
über	bis	unt.	ob.
mm		l/min	
-	50	0,3	1
50	120	0,8	3,6
120	400	1,8	6

### Öleinspritzschmierung

Die Öleinspritzschmierung (→ Bild 43) ist eine Erweiterung der Ölumlaufschmierung. Bei diesem Verfahren wird das Schmieröl unter hohem Druck seitlich in das Lager gespritzt. Die Geschwindigkeit des eingespritzten Öls sollte ausreichend hoch sein (mindestens 15 m/s), um die Turbulenzen rund um das Lager zu durchdringen. Die Öleinspritzschmierung kommt bei Anwendungen mit sehr hohen Drehzahlen zum Einsatz, bei denen eine ausreichende und nicht zu große Ölmenge in das Lagerinnere gelangen soll, ohne dabei die Betriebstemperatur unnötig zu erhöhen.

Bild 43



### Öltropfen

Bei der Öltropfenschmierung wird dem Lager in definierten Abständen eine dosierte Ölmenge zugeführt. Die Ölmenge kann relativ klein sein, so dass die Reibungsverluste bei hohen Drehzahlen niedrig bleiben. Bei hohen Drehzahlen ist jedoch nicht sichergestellt, dass die Tropfen alle Schmierflächen erreichen. Daher ist bei dieser Art der Schmierung grundsätzlich eine Einzelfallprüfung ratsam. Nach Möglichkeit ist die Öl-Luft-Schmierung einer Öltropfenschmierung vorzuziehen.

### Önebel schmierung

Moderne, anwendungsspezifische Önebelssysteme, wie die hochwertigen Spezialexsysteme von SKF, sind umwelt- und gesundheitsverträglich, wenn sie in Kombination mit einem geeigneten nicht-toxischen und nicht-karzinogenen Öl mit einem Minimum an Ölnebelemissionen sowie mit geeigneten Dichtungssystemen genutzt werden. Diese Systeme bieten bei guter Instandhaltung eine kostengünstige, umweltfreundliche Möglichkeit zur fortlaufenden effektiven Zerstäubung von Öl und zur Versorgung der Lager mit der exakten minimalen Ölmenge. Moderne Önebelssysteme verteilen Öltropfen mit einer Größe von 1 bis 5 µm in trockener Instrumentenluft. Dank des Verhältnisses von Öl zu Luft (in der Regel 1:200 000) entsteht ein sehr mageres, aber effektives Gemisch mit einem Druck von 0,005 MPa.

### Öl-Luft-Schmierung

Öl-Luft-Schmiersysteme eignen sich für Hochgenauigkeitsanwendungen mit sehr hohen Betriebsdrehzahlen und den erforderlichen niedrigen Betriebstemperaturen. Informationen zu SKF Öl-Luft-Schmiersystemen entnehmen Sie den Online-Produktinformationen unter [skf.com/lubrication](http://skf.com/lubrication).

Bei der Öl-Luft-Schmierung (→ **Bild 44**) wird mit äußerst geringen, genau dosierbaren Ölmenngen gearbeitet, die mit Hilfe von Druckluft und über eine Injektordüse jeder Lagerstelle einzeln zugeführt werden können (→ **Bild 45**). Dadurch gelangt nur die jeweils erforderliche minimale Ölmenge in das Lager, und es können sehr hohe Drehzahlen bei einer relativ niedrigen Betriebstemperatur erreicht werden. Die Druckluft kühlt zusätzlich das Lager und erzeugt einen gewissen Überdruck, der das Eindringen von Verunreinigungen verhindert. Da die Luft ausschließlich zum Transportieren des Öls dient und sich nicht mit diesem vermischt, verlässt die Trägerluft das Gehäuse nahezu frei von Öl. Bei kor-

rekter Entsorgung von eventuellen Ölrückständen bieten Öl-Luft-Schmiersysteme somit eine umweltverträgliche Lösung.

Bei Lagersätzen sollte jedes Lager über eine eigene Ölzuführung versorgt werden. Die meisten Ausführungen haben spezielle Zwischenringe mit Öldüsen.

Richtwerte für die bei hohen Drehzahlen erforderliche Ölmenge für Schrägkugellager lassen sich wie folgt bestimmen:

$$Q = 1,3 d_m$$

Richtwerte für die erforderliche Ölmenge für Zylinderrollenlager bzw. zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager lassen sich wie folgt bestimmen:

$$Q = \frac{q d B}{100}$$

Hierin sind

$Q$  = Öldurchflussmenge [ $\text{mm}^3/\text{h}$ ]

$B$  = die Lagerbreite [mm]

$d$  = die Lagerbohrung [mm]

$d_m$  = der mittlere Lagerdurchmesser [mm]  
 $= 0,5 (d + D)$

$q$  = Faktor

= 1 – 2 für Zylinderrollenlager

= 2 bis 5 für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

Bild 44

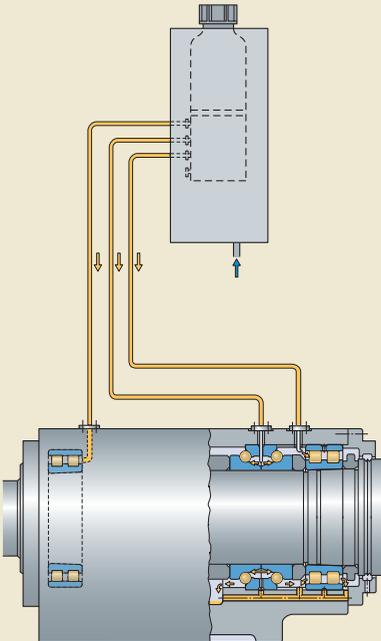
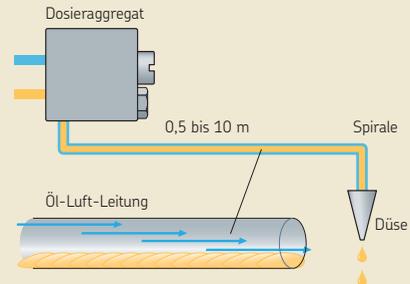


Bild 45



Für eine optimale Einstellung des Schmiersystems sollte grundsätzlich eine Einzelfallprüfung erfolgen.

Unterschiedliche Lagerausführungen reagieren unterschiedlich auf Änderungen in der Ölmenge. Z. B. reagieren Rollenlager sehr empfindlich, während Kugellager auch auf größere Mengenschwankungen ohne wesentliche Temperaturänderungen reagieren.

Die Nachschmierungsfrist, d. h. die Zeit zwischen zwei Ölgaben, beeinflusst den Temperaturanstieg und die Zuverlässigkeit der Öl-Luft-Schmierung. Allgemein wird die Nachschmierungsfrist durch den Öldurchfluss an den Einspritzdüsen und durch die Ölmenge pro Stunde bestimmt. Das Schmierintervall kann eine Minute, aber auch eine Stunde betragen. Typische Nachschmierungsfristen liegen zwischen 15 und 20 Minuten.

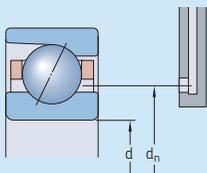
Die Zulaufleitungen von den Schmierstoffgebern sind je nach Nachschmierungsfrist 1 bis 5 m lang. Empfehlenswert ist der Einbau von Filtern, die das Eindringen von Partikeln ab 5 µm Durchmesser verhindern. Der Luftdruck sollte 0,2–0,3 MPa betragen. Bei längeren Zufuhrleitungen ist er zu erhöhen, um den Druckabfall auszugleichen.

Zur Beibehaltung einer möglichst niedrigen Betriebstemperatur müssen die Ablaufkanäle so dimensioniert sein, dass eventuelles überschüssiges Öl vom Lager abgeführt wird. Bei waagrecht angeordneten Wellen lassen sich die Ablaufkanäle meist unkompliziert an den Seiten des Lagers vorsehen. Bei vertikalen Wellen ist zu verhindern, dass das Öl, das durch die oberen Lager fließt, die unteren Lager erreicht, da diese sonst zu viel Schmierstoff erhalten würden. Die Ablaufvorrichtung sollte zusammen mit einer Abdichtvorrichtung unter dem Lager vorgesehen werden. Der Spindelkopf ist wirksam abzudichten, damit der Schmierstoff nicht auf das Werkstück gelangen kann.

Die Öldüsen sind so auszurichten, dass das Öl in die Kontaktzone zwischen Wälzkörper und Laufbahnen gelangt, ohne die Funktion des Käfigs zu beeinträchtigen. An welcher Stelle die Öleinspritzung je nach Lagerdurchmesser erfolgen sollte, entnehmen Sie den **Tabellen 33** und **34** (→ **Seite 118** und **119**). Hinweise für Lager mit anderen, hier nicht aufgeführten Käfigen erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

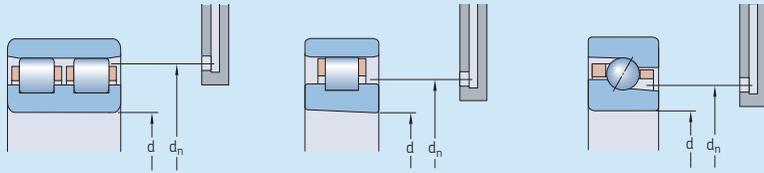
Die erreichbaren Drehzahlen in den Produkttabellen für die Ölschmierung gelten nur für Öl-Luft-Schmierung.

Einspritzteilkreis bei Schrägkugellagern



Lagerbohrung d	Größe	Einspritzteilkreis $d_n$ bei Lagern der Reihen							
		718 CD 718 ACD	719 CD 719 ACD	719 CE 719 ACE	719 CB 719 ACB	70 CD 70 ACD	70 CE 70 ACE	70 CB 70 ACB	72 CD 72 ACD
mm	–	mm							
6	6	–	–	–	–	10,3	10,1	–	–
7	7	–	–	–	–	11,7	11,4	–	13,6
8	8	–	–	12,2	–	13,6	13,3	–	14,3
9	9	–	–	13,3	–	15,1	14,8	–	16,3
10	00	13,4	14,8	14,8	–	16	16,5	–	18,3
12	01	15,4	16,8	16,8	–	18	18,5	–	20
15	02	18,4	20,1	20	–	21,5	21,9	–	23
17	03	20,4	22,1	22	–	23,7	24,1	–	25,9
20	04	24,5	26,8	26,7	–	28,4	28,1	–	31,1
25	05	29,5	31,8	31,8	–	33,4	33,1	–	36,1
30	06	34,5	36,8	36,8	36,6	39,3	39,9	40	42,7
35	07	39,5	43	43	43	45,3	45,6	46,1	49,7
40	08	44,5	48,7	48	49,1	50,8	51,6	51,6	56,2
45	09	50	54,2	54,2	54,2	56,2	57,6	57,2	60,6
50	10	55,6	58,7	58,4	58,7	61,2	62,3	61,8	65,6
55	11	61,3	64,7	64,6	64,8	68,1	69,6	69,2	72,6
60	12	66,4	69,7	69,6	69,8	73,1	74,6	74,2	80,1
65	13	72,4	74,7	74,5	74,8	78,1	79,3	79	86,6
70	14	77,4	81,7	81,5	81,9	85	86,5	86,1	91,6
75	15	82,4	86,7	86,5	86,9	90	91,5	91,1	96,6
80	16	87,4	91,7	91,5	91,7	96,9	98,5	98	103,4
85	17	94,1	98,6	98,6	99,2	101,9	103,5	103	111,5
90	18	99,1	103,3	103,5	103,9	108,7	111	110	117,5
95	19	104,1	108,6	108,5	109	113,7	115,4	115	124,4
100	20	109,1	115,6	115,4	116,1	118,7	120,4	120	131,4
105	21	114,6	120,6	–	–	125,6	–	–	138,4
110	22	120,9	125,6	125,4	125,7	132,6	135,4	134,6	145,9
120	24	130,9	137,6	137,4	138,2	142,6	144,9	144,7	158,2
130	26	144	149,5	–	–	156,4	–	–	170,7
140	28	153,2	159,5	–	–	166,3	–	–	184,8
150	30	165,6	173,5	–	–	178,2	–	–	–
160	32	175,6	183,5	–	–	191,4	–	–	–
170	34	–	193,5	–	–	205,8	–	–	–
180	36	–	207,4	–	–	219,7	–	–	–
190	38	–	217,4	–	–	229,7	–	–	–
200	40	–	231,4	–	–	243,2	–	–	–
220	44	–	251,4	–	–	267,1	–	–	–
240	48	–	271,4	–	–	287	–	–	–
260	52	–	299,7	–	–	315	–	–	–
280	56	–	319,7	–	–	–	–	–	–
300	60	–	347	–	–	–	–	–	–
320	64	–	367	–	–	–	–	–	–
340	68	–	387	–	–	–	–	–	–
360	72	–	407	–	–	–	–	–	–

## Einspritzteilkreis bei Zylinderrollenlagern und zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern



Lagerbohrung d	Größe	Einspritzteilkreis $d_n$ bei Lagern der Reihen <sup>1)</sup>			
		N 10 NN 30	N 10 PHA	NNU 49	BTM
mm	–	mm			
25	05	40,5	–	–	–
30	06	47,6	–	–	–
35	07	54	–	–	–
40	08	60	52,1	–	–
45	09	66,4	57,9	–	–
50	10	71,4	63	–	–
55	11	79,8	70,1	–	–
60	12	85	75,2	–	73,8
65	13	89,7	80,1	–	78,8
70	14	98,5	87,7	–	86,1
75	15	103,5	92,7	–	91,1
80	16	111,4	99,3	–	97,9
85	17	116,5	–	–	102,9
90	18	125,4	–	–	109,7
95	19	130,3	–	–	114,7
100	20	135,3	–	113,8	119,7
105	21	144,1	–	119	–
110	22	153	–	124	134,1
120	24	162,9	–	136,8	144,1
130	26	179,6	–	147	158,3
140	28	188	–	157	168,3
150	30	201,7	–	169,9	179,9
160	32	214,4	–	179,8	191,6
170	34	230,8	–	189,8	205,4
180	36	248,9	–	203,5	219,9
190	38	258,9	–	213	–
200	40	275,3	–	227	–
220	44	302,4	–	247	–
240	48	322,4	–	267	–
260	52	355,2	–	294,5	–
280	56	375,3	–	313,5	–

Die Abbildungen zeigen lediglich Beispiele. Die Position ist je nach Bauform und Reihe unterschiedlich.

<sup>1)</sup> Für Lager der Reihen N 10 mit TNHA-Käfig sowie Lager der Reihen NN 30 und NNU 49 mit  $d > 280$  mm wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

### Direkte Öl-Luft-Schmierung

Für Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ mit sehr hohen Betriebsdrehzahlen ist die Einspritzung kleiner Mengen an Öl-Luft direkt durch den Außenring von Vorteil. Bei diesem Verfahren wird ein Zerstreuen des Schmierstoffs verhindert, da dieser direkt und zuverlässig zu den Anpressflächen zwischen Kugel und Laufbahn gelangt. Hierdurch wird der Schmierstoffverbrauch minimiert, und die Lager werden leistungsfähiger. Die unterschiedlichen Varianten der direkten Öl-Luft-Schmierung (→ **Bild 45**) bieten unterschiedliche Vorteile:

- Lager mit Umfangsnut und O-Ringen am Außenring (Nachsetzzeichen L oder L1) verhindern Schmierstoffleckagen zwischen Lager und Lagersitz im Gehäuse. Für Lager ohne diese Eigenschaften (Nachsetzzeichen H oder H1) empfiehlt SKF eine mechanische Bearbeitung der Gehäusebohrung unter Einbeziehung von O-Ringen in die Lageranordnung.
- Lager mit Schmierlöchern an der hohen Lagerschulter (Nachsetzzeichen H1 oder L1) ermöglichen eine Schmierstoffversorgung in direkter Nähe der Kontaktzone zwischen Kugel und Laufbahn. Dank der Lage dieser Schmierlöcher ist die Erzielung maximaler Drehzahlen möglich.

Bild 45

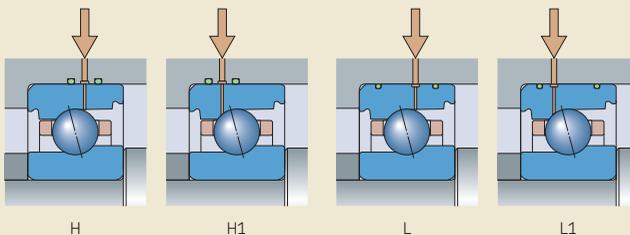


Bild 46

### Direkte Schmierung mit der erforderlichen minimalen Ölmenge und minimalem Luftverbrauch

Öl-Luft-Schmiersysteme haben aufgrund des Einsatzes eines kontinuierlichen Luftstroms eine Reihe von Nachteilen, wie Kosten für die Druckluft, hoher Lärmpegel und komplexe Dosierung bzw. Steuerung. Das SKF Mikrodosiersystem (→ Bild 46) räumt diese Nachteile praktisch aus und bietet neben einer besseren Steuerung auch geringere Betriebs- und Wartungskosten.

Da es speziell für Ultra-Hochgeschwindigkeits-Spindeln mit einem Drehzahlkennwert  $A \geq 2$  Mio. mm/min entwickelt wurde, versorgt dieses System jedes einzelne Lager mit der exakt dosierten Ölmenge – gemäß dem CAM-Programm der Werkzeugmaschine. Das SKF Mikrodosiersystem wird außerdem automatisch neu kalibriert, wenn sich Bedingungen wie Temperatur oder Ölviskosität ändern. Mit dieser Technik kann die Öldosierung in der Regel auf einen Wert zwischen 0,5 und 5 mm<sup>3</sup>/min reduziert werden, bei gleichzeitiger Beschränkung der Druckluft auf ein Minimum.

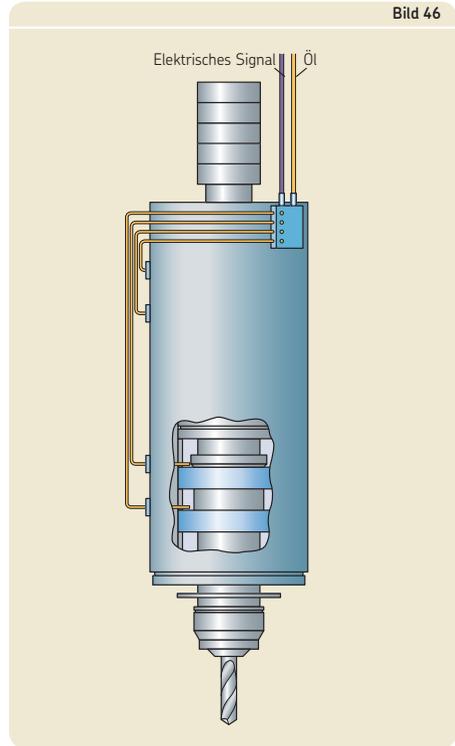
Informationen zum SKF Mikrodosiersystem entnehmen Sie den Online-Produktinformationen unter [skf.com/lubrication](http://skf.com/lubrication).

### Schmieröle

Für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ werden in der Regel hochwertige Schmieröle ohne EP-Additive empfohlen. Die erforderliche Ölviskosität hängt weitgehend von der Lagergröße, Drehzahl und Betriebstemperatur ab. Sie lässt sich anhand der Empfehlungen *Schmierbedingungen – das Viskositätsverhältnis  $\kappa$*  im SKF Katalog *Wälzlager* und online unter [skf.com](http://skf.com) bestimmen.

Berechnungen können auch mit dem SKF Programm *Viskosität* vorgenommen werden, das unter [skf.com/bearingcalculator](http://skf.com/bearingcalculator) zur Verfügung steht.

Viele Ölsorten sind für Öl-Luft-Schmierungssysteme geeignet. Meist kommen Schmieröle mit einer Viskosität von 40 bis 100 mm<sup>2</sup>/s bei 40 °C zum Einsatz, wie auch Ölschmierstoffe mit EP-Zusätzen, die sich sehr gut für Rollenlager eignen. Schmieröle mit einer Viskosität zwischen 10 und 15 mm<sup>2</sup>/s bei 40 °C kommen eher bei der Öleinspritzschmierung zum Einsatz, während Ölnebelschmierungssysteme typischerweise Schmieröl mit einer Viskosität von 32 mm<sup>2</sup>/s bei 40 °C verwenden.



Die Ölwechselintervalle (egal ob bei Ölbad-, Ölumlauf- oder Öleinspritzschmierung) hängen hauptsächlich von den Betriebsbedingungen und der Ölmenge ab. Bei Öltröpfen-, Ölnebel- und Öl-Luft-Schmierung wird der Schmierstoff verbraucht und lässt sich daher nicht wiederverwenden.

### Ölreinheit

Für die Reinheit von Öl, die sich auf die Leistung und die Lebensdauer von Lagern auswirkt, ist ein wirksames Dichtungssystem erforderlich. Aber auch bei wirksamen Dichtungen sollte der Zustand des Öls regelmäßig überprüft werden. Dies gilt vor allem für das Öl in Umlaufsystemen, in denen das Eindringen von Kühlmitteln, Schneidflüssigkeiten und anderen flüssigen Verunreinigungen die Schmiereigenschaften des Öls beeinträchtigen kann.

Die jeweiligen Anforderungen an die Reinheit von Öl lassen sich anhand der Partikel pro Milliliter Öl für verschiedene Partikelgrößen festmachen. ISO 4406 enthält Reinheitsklassen mit unterschiedlichen Graden der Verschmutzung mit Feststoffen. Bei Hochgenauigkeits-Anforderungen wie Elektroschneidspindeln gehen die Anforderungen an die Reinheit von Öl über diese Reinheitsklassen hinaus. Die Partikelgröße sollte maximal 5 µm betragen. Akzeptable Grade der Ölverschmutzung lassen sich aus den Reinheitsklassen in ISO 4406 (→ **Diagramm 18**) ableiten:

- 10/7, für neue Spindeln
- 13/10, nach langem Gebrauch (ca. 2 000 Stunden)

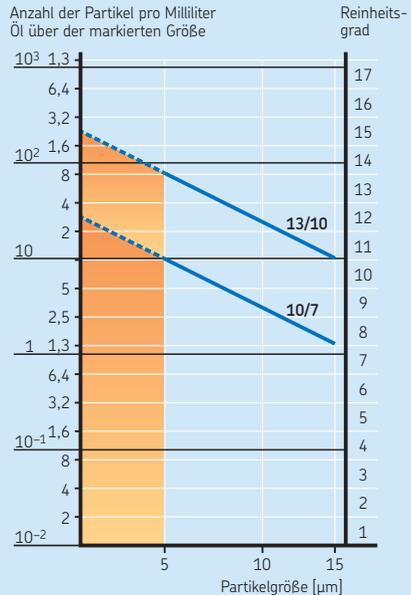
### Lagerung von Schmierstoffen

Die Bedingungen, denen Schmierstoffe während ihrer Lagerung ausgesetzt sind, können im späteren Betrieb ihre Funktion beeinträchtigen. Daneben kann aber auch die Ersatzteildisposition die spätere Leistungsfähigkeit beeinflussen. SKF empfiehlt daher die Ersatzteilvervorratung unbedingt nach dem „FIFO Prinzip“ zu organisieren, d.h. was zuerst eingelagert wird, wird auch zuerst entnommen.

Bei Kontakt mit Luft bzw. Sauerstoff, Licht, Wasser, Feuchtigkeit, durch Ölabscheidung und Schmutzpartikel, sowie bei ungeeigneten Lagertemperaturen können sich die Eigenschaften von Schmierstoffen erheblich verschlechtern. Schmierstoffe sollten daher in einem kühlen, trockenen Innenbereich gelagert werden und nie direktem Sonnenlicht ausgesetzt sein. Die Aufbewahrung sollte im Originalbehälter erfolgen, der erst bei Bedarf zu öffnen ist. Nach der Entnahme der benötigten Schmierstoffmenge ist der Behälter sofort wieder luftdicht zu verschließen.

Diagramm 18

#### Akzeptable Grade der Ölverschmutzung



Die Lagerfrist sollten bei Schmierfetten nicht länger sein als zwei Jahre und bei Schmierölen nicht länger als zehn Jahre; diese Fristen gelten nur bei Einhaltung der Lagerungsempfehlungen (insbesondere der empfohlenen Lagertemperaturen).

Fett oder Öl, das die empfohlenen Lagerfristen überschritten hat, kann unter Umständen dennoch verwendet werden. Es sollte jedoch durch geeignete Prüfungen festgestellt werden, ob der Schmierstoff weiterhin die Produktanforderungen und Spezifikationen erfüllt.

## Montagehinweise

Die Ein- und Ausbauempfehlungen und Richtlinien für Wälzlager gelten auch für Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“. Empfehlungen und Richtlinien finden Sie unter *Einbau, Ausbau und Lagerhandhabung* im SKF Katalog *Wälzlager*, unter [skf.com](http://skf.com) und im *SKF Handbuch der Lagerinstandhaltung* (ISBN 978-91-978966-4-1). Anleitungen für Ein- und Ausbau bestimmter Lager finden Sie unter [skf.com/mount](http://skf.com/mount).

### Anforderungen an den Arbeitsplatz

Der Einbau sollte nach Möglichkeit in einem trockenen, staubfreien Raum vorgenommen werden, fern ab von spanabhebenden oder staub erzeugenden Maschinen. Wenn Lager außerhalb geschützter Räume eingebaut werden müssen, sind geeignete Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, um die Lager bis zur Beendigung der Montage wirksam gegen Staub, Schmutz und Feuchtigkeit zu schützen. Zu diesen Maßnahmen gehört das Abdecken oder Umwickeln von Lagern, Maschinenkomponenten usw. mit Kunststoff oder Folie.

### Verfahren und Werkzeuge

Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ sind zuverlässige Maschinenelemente mit langer Gebrauchsdauer, vorausgesetzt sie werden ordnungsgemäß eingebaut und gewartet. Ordnungsgemäßer Einbau verlangt Sachkenntnis und Sorgfalt einen sauberen Arbeitsplatz sowie die richtigen Werkzeuge.

Ein ordnungsgemäßer, schneller, genauer und sicherer Einbau erfordert die Wahl zweckmäßiger Einbauverfahren und den Einsatz geeigneter Werkzeuge und Hilfsmittel. Das umfangreiche SKF Sortiment an praxisgerechten Werkzeugen umfasst mechanische und hydraulische Werkzeuge und Anwärmgeräte sowie sonstige Hilfsmittel. Ausführliche Informationen zu Wartungsprodukten stehen online unter [skf.com](http://skf.com) zur Verfügung.

Damit Lager richtig gehandhabt werden, bietet SKF Wälzlager-Seminare und praktische Trainingskurse an. Diese sind Teil des Konzepts „SKF Reliability Systems“ für mehr Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit. Zusätzlich bieten die SKF Gesellschaften bzw. die SKF Vertragshändler

vor Ort Unterstützung bei der Montage und Wartung der Lager an.

### Einbauempfehlungen

Der Einbau von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“ erfordert eine höhere Genauigkeit, Umsicht und Fachkenntnis als bei Wälzlagern.

#### Lagereinbau mit dünnwandigen Ringen

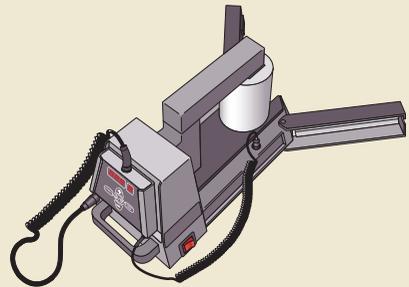
Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ haben häufig im Verhältnis dünne Ringe. Bei diesen Lagern dürfen daher nur geringe Einbaukräfte angewendet werden. SKF empfiehlt für alle Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ mit dünnen Ringen den Einbau im angewärmten Zustand. Für Lager der Reihe NNU 49 mit kegelförmiger Bohrung empfiehlt SKF die Verwendung des Druckölverfahrens.

#### Einbau im angewärmten Zustand

Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ werden in der Regel mit loser Passung eingebaut. Daher kann die Temperaturdifferenz zwischen Lagerring und Aufnahmeteil relativ klein bleiben. Folgende Temperaturdifferenzen reichen meist aus:

- 20 bis 30 °C zwischen Innenring und Welle
- 10 bis 30 °C zwischen Gehäusebohrung und Außenring

Bild 47



Mit den elektrischen SKF Induktionsanwärmegeräten (→ **Bild 47**) lässt sich eine zuverlässige, gleichmäßige Anwärmung erzielen.

Manchmal werden Stufenhülsen zur Befestigung von Lagern an Wellen verwendet, die eine enge Presspassung bieten. Daher muss beim Einbau mit Stufenhülsen die Temperaturdifferenz zwischen den Anschlussteilen größer sein als beim Einbau ohne Hülsen. Temperaturunterschiede beim Einbau sind für Folgendes aufgeführt:

- Stufenhülsen ohne O-Ringe (→ **Tabelle 16, Seite 82**)
- Stufenhülsen mit O-Ringen (→ **Tabelle 17, Seite 83**)

### Probelauf

Nach beendetem Einbau werden bei einem Probelauf die Lagerungen auf ordnungsgemäße Funktion hin überprüft. Der Probelauf findet bei Teillast und – im Falle eines größeren Betriebsdrehzahlbereichs – bei kleiner bis mittlerer Drehzahl statt. Unter keinen Umständen dürfen Wälzlager nach dem Einbau unbelastet anlaufen und auf höhere Drehzahlen beschleunigt werden, weil dabei die große Gefahr besteht, dass der Käfig unzulässig hoch beansprucht wird oder dass Gleitbewegungen zwischen den Wälzkörpern und Laufbahnen auftreten und dadurch die Laufflächen beschädigt werden.

Das Laufgeräusch oder die Schwingungen können mit dem elektronischen SKF Stethoskop geprüft werden. Normalerweise erzeugen Wälzlager ein gleichmäßiges, schnurrendes Geräusch. Pfeifende oder kreischende Laufgeräusche deuten auf Schmierstoffmangel hin. Ein ungleichmäßiger, polternder Lauf ist in den meisten Fällen ein Zeichen dafür, dass sich Verunreinigungen im Lager befinden oder dass das Lager beim Einbau beschädigt worden ist.

Ein Ansteigen der Lagertemperatur in der ersten Zeit nach der Inbetriebnahme ist normal, bis sich z.B. bei Fettschmierung das Schmierfett gleichmäßig in der Lagerung verteilt hat und sich die Beharrungstemperatur einstellt. Weitere Informationen über das Einlaufen fettgeschmierter Lager enthält der Abschnitt *Einlaufen fettgeschmierter Lager* (→ **Seite 111**).

Ungewöhnlich hohe Temperaturen und weiter ansteigende Temperaturen lassen u. a. auf eine zu starke Vorspannung, eine zu große Schmier-

stoffmenge in der Anordnung oder radiale bzw. axiale Verspannung der Lager schließen. Weitere Ursachen können sein fehlerhafte Ausführung der Gegenstücke oder zu große Reibung an den Dichtungen.

Gleichzeitig sollten beim oder nach dem Probelauf die ordnungsgemäße Funktion der Dichtungen und eventuell vorhandener Schmiereinrichtungen sowie bei Ölbadschmierung der Ölstand kontrolliert werden. Bei hohen Laufgeräuschen oder Schwingungen sind Schmierstoffproben zu entnehmen und auf Verunreinigungen hin zu untersuchen.

### Ausbau

Da Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ meist mit loser Passung eingebaut werden, sind die erforderlichen Ausbaukräfte niedriger als bei anderen Wälzlagern.

#### Demontagekräfte

Die erforderlichen Demontagekräfte für Spindelager werden näherungsweise wie folgt bestimmt:

- Ausbau eines Satzes aus drei Schrägkugellagern aus dem Gehäuse →  $F \sim 0,02 D$
- Ausbau eines Satzes von drei Schrägkugellagern von der Welle →  $F \sim 0,07 d$
- Ausbau eines Zylinderrollenlager von seinem kegeligen Sitz →  $F \sim 0,3 d$

Hierin sind

$F$  = Ausbaukraft [kN]

$D$  = Außendurchmesser des Lagers [mm]

$d$  = die Lagerbohrung [mm]

### Wiederverwendung von Lagern

Vor der Wiederverwendung eines Lagers ist dieses umfassend zu prüfen. Dazu muss das Lager in seine Einzelteile zerlegt werden. Schrägkugellager lassen sich nur mit Spezialwerkzeugen beschädigungsfrei zerlegen. Zylinderrollenlager können nur teilweise zerlegt werden.

SKF empfiehlt keine Wiederverwendung von Hochgenauigkeitslagern der Reihe „Super-precision bearings“. Das Risiko ungeplanter Stillstandszeiten oder einer unzureichenden Lagerleistung ist in den meisten Fällen relevanter als die Kosten eines neuen Lagers.

Auch wenn keine Wiederverwendung geplant ist, sollte der Ausbau des Lagers vorsichtig erfolgen, um die Anschlussteile nicht zu beschädigen. Ein vorsichtig ausgebautes Lager bietet darüber hinaus bessere Voraussetzungen für die Zustands- und Schadensanalyse (sofern erforderlich).

### SKF Spindelservice

Für die Instandhaltung und Reparatur von Werkzeugmaschinen spindeln wird häufig Spezialwerkzeug benötigt. Das weltweite SKF Netzwerk von Spindel-Servicezentren (→ [skf.com](http://skf.com)) unterstützt Anwender bei diesen Aufgaben. Zu unseren Dienstleistungen gehört die Spindelreconditionierung (vom Lageraustausch bis zur Aufarbeitung von Wellen und Spindelköpfen), die Leistungssteigerung und die Problemanalyse. Wir können auch ein umfassendes Monitoring und eine vorbeugende Instandhaltung von Werkzeugmaschinen spindeln durchführen.

## Aufbewahren von Lagern

Die Bedingungen, denen Lager und Dichtungen während ihrer Lagerung ausgesetzt sind, können ihre spätere Funktion im Betrieb beeinträchtigen. Daneben kann aber auch die Ersatzteildisposition, insbesondere bei Dichtungen, die spätere Leistungsfähigkeit der Teile im Betrieb beeinflussen. SKF empfiehlt daher die Ersatzteilvervorratung unbedingt nach dem „FIFO Prinzip“ zu organisieren, d.h. was zuerst eingelagert wird, wird auch zuerst entnommen.

### Aufbewahrungsbedingungen

Zur Sicherstellung möglichst langer Aufbewahrungszeiten, die die spätere Leistungsfähigkeit der Wälzlager nicht beeinträchtigen, empfiehlt SKF die folgenden Empfehlungen zu beachten:

- Die Lager nur liegend aufbewahren und am ganzen Umfang der Ring-Seitenflächen unterstützen. Der Lagerraum soll kühl sein und keinen Schwingungen oder Erschütterungen und keinen größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt sein.
- Die relative Luftfeuchtigkeit im Lagerraum ist zu überwachen. Sie soll die folgenden Richtwerte nicht übersteigen:

- 75% bei 20 °C
- 60% bei 22 °C
- 50% bei 25 °C

- Die Lager sollen in der ungeöffneten Originalverpackung aufbewahrt werden. Die Verpackung ist erst unmittelbar vor dem Einbau zu öffnen, damit das Risiko von Verunreinigungen und Korrosion möglichst niedrig bleibt.
- Lager, die nicht in der Originalverpackung aufbewahrt werden, müssen auf geeignete Weise ausreichend gegen Korrosion und Verschmutzung geschützt werden.

### Aufbewahrungszeiten von offenen Lagern

SKF Wälzlager werden mit einem Korrosionsschutzmittel behandelt und in einer geeigneten Verpackung geschützt ausgeliefert. Der Korrosionsschutz hält bei offenen Lagern Aufbewahrungszeiten von rund drei Jahren stand, vorausgesetzt die oben genannten Empfehlungen werden eingehalten.

### Aufbewahrungszeiten von abgedichteten Lagern

Die mögliche Aufbewahrungszeit von abgedichteten Lagern hängt vom eingefüllten Schmierstoff ab. Der eingefüllte Schmierstoff altert mit der Zeit und verliert letztendlich seine Schmierfähigkeit. Abgedichtete Lager sollten daher nicht länger als drei Jahre aufbewahrt werden.

Super-precision bearing

SKF



# Schrägkugellager

<b>Sortiment</b> .....	<b>128</b>	<b>Befestigung von Lagerringen</b> .....	<b>183</b>
<b>Lagerreihen und Ausführungsvarianten</b> .....	<b>128</b>	Berechnung des erforderlichen Anzugsmoments .....	184
Lagerreihe .....	130	Befestigungsvorgang .....	185
Berührungswinkel .....	130	<b>Tragfähigkeit von Lagersätzen</b> .....	<b>189</b>
Lager der Hochleistungsausführung D .....	131	<b>Äquivalente Lagerbelastungen</b> .....	<b>190</b>
Hochgeschwindigkeitslager der Ausführung E .....	132	Äquivalente dynamische Lagerbelastung .....	190
Hochgeschwindigkeitslager der Ausführung B .....	132	Äquivalente statische Lagerbelastung .....	191
Hybridlager .....	133	<b>Erreichbare Drehzahlen</b> .....	<b>192</b>
Käfige .....	134	<b>Montage</b> .....	<b>194</b>
Abgedichtete Lager .....	136	Zusammenpressen der Lagersätze beim Einbau im angewärmten Zustand .....	194
Direkte Öl-Luft-Schmierung .....	136	Verpackungskennzeichnung .....	194
Lager aus NitroMax-Stahl .....	141	<b>Bezeichnungsschema</b> .....	<b>196</b>
<b>Gestaltung der Lagerung</b> .....	<b>141</b>	<b>Produkttable</b>	
Einzellager und Lagersätze .....	141	<b>2.1</b> Schrägkugellager .....	198
Einzellager .....	141		
Lagersätze .....	142		
Lageranordnungen .....	142		
<b>Kennzeichnung von Lagern und Lagersätzen</b> .....	<b>145</b>		
<b>Lagerdaten</b> .....	<b>146</b>		
(Hauptabmessungen, Kantenabstände, Toleranzen)			
<b>Vorspannung</b> .....	<b>151</b>		
Lager mit voreingestellter Vorspannung .....	151		
Vorspannung in eingebauten Lagersätzen .....	162		
Vorspannung mit konstanter Kraft .....	165		
Vorspannung durch axiale Vorspannung .....	166		
Individuelle Anpassung der Vorspannung .....	166		
Abstandsringe .....	167		
Auswirkung der Drehzahl auf die Vorspannung .....	167		
<b>Axiale Steifigkeit</b> .....	<b>173</b>		
		<b>Weitere Informationen</b>	
		Lebensdauer und Tragfähigkeit .....	33
		Erforderliche Mindestbelastung .....	34
		Grenzmaße für die Kantenabstände .....	47
		Werkstoff .....	51
		Gestaltung der Lagerungen .....	57
		Schmierung .....	99
		Montagehinweise .....	123
		Aufbewahren von Lagern .....	125

## Sortiment

SKF fertigt Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ für Welledurchmesser zwischen 6 und 360 mm. Aufgrund der verschiedenen Anwendungsanforderungen umfasst das SKF Sortiment an Hochgenauigkeits-Schrägkugellagern der Reihe „Super-precision bearings“ vier ISO-Maßreihen in einer Vielzahl von Ausführungen. Dank der großen Auswahl an Ausführungen und Varianten lassen sich die Lager in praktisch jede Werkzeugmaschine und in jede andere Anwendung integrieren, die Präzisionslager erfordert.

SKF bietet Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ mit einer Vielzahl von Konstruktionsmerkmalen:

- drei verschiedene Berührungswinkel
- drei verschiedene Kugelgrößen
  - Ausführung D (→ Seite 131)
  - Ausführung E (→ Seite 132)
  - Ausführung B (→ Seite 132)
- zwei verschiedene Kugelwerkstoffe (Hybridausführung)
- Abdichtung
- Eigenschaften der direkten Öl-Luft-Schmierung
- zwei verschiedene Ringwerkstoffe (NitroMax-Stahlausführung)

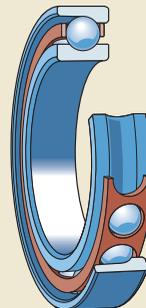
**Tabelle 1** enthält das Sortiment mit Hochgenauigkeits-Schrägkugellagern der Reihe „Super-precision bearings“.

## Lagerreihen und Ausführungsvarianten

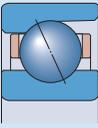
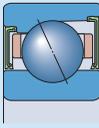
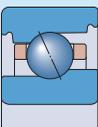
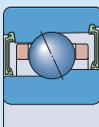
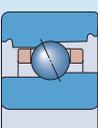
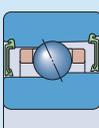
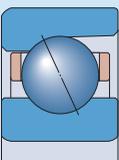
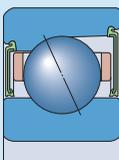
Einreihige SKF Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ (→ Bild 1) sind selbsthaltend und haben – wie alle Schrägkugellager – entlang der Lagerachse gegeneinander versetzte Laufbahnen in den Innen- und Außenringen. Dadurch können sie neben Radiallasten auch einseitig wirkende Axialbelastungen aufnehmen. Radiallasten führen in diesem Lagertyp zur Bildung von axialen Kräften, die durch Gegenkräfte kompensiert werden müssen. Schrägkugellager werden deshalb immer gegen ein zweites Lager angestellt oder satzweise eingebaut.

Die Schultern der Ringe können an einem oder an beiden Lagerringen eine unterschiedliche Höhe aufweisen. Jedes Lager hat die größtmögliche Anzahl von Kugeln, die von einem Fensterkäfig geführt werden.

Bild 1



## Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ – Sortiment

ISO-Maßreihe	Lagerausführung	Offene Ausführung	Abgedichtete Ausführung
18	Schwere Reihe, Ausführung D	 $d = 10 \text{ bis } 160 \text{ mm}$ $d = 19 \text{ bis } 200 \text{ mm}$	–
19	Schwere Reihe, Ausführung D	 $d = 10 \text{ bis } 360 \text{ mm}$ $d = 22 \text{ bis } 480 \text{ mm}$	 $d = 10 \text{ bis } 150 \text{ mm}$ $d = 22 \text{ bis } 210 \text{ mm}$
	Hochgeschwindigkeitsreihe, Ausführung E	 $d = 8 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 19 \text{ bis } 165 \text{ mm}$	 $d = 20 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 37 \text{ bis } 165 \text{ mm}$
	Hochgeschwindigkeitsreihe, Ausführung B	 $d = 30 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 47 \text{ bis } 165 \text{ mm}$	 $d = 30 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 47 \text{ bis } 165 \text{ mm}$
10	Schwere Reihe, Ausführung D	 $d = 6 \text{ bis } 260 \text{ mm}$ $d = 17 \text{ bis } 400 \text{ mm}$	 $d = 10 \text{ bis } 150 \text{ mm}$ $d = 26 \text{ bis } 225 \text{ mm}$
	Hochgeschwindigkeitsreihe, Ausführung E	 $d = 6 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 17 \text{ bis } 180 \text{ mm}$	 $d = 10 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 26 \text{ bis } 180 \text{ mm}$
	Hochgeschwindigkeitsreihe, Ausführung B	 $d = 30 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 55 \text{ bis } 180 \text{ mm}$	 $d = 30 \text{ bis } 120 \text{ mm}$ $d = 55 \text{ bis } 180 \text{ mm}$
02	Schwere Reihe, Ausführung D	 $d = 7 \text{ bis } 140 \text{ mm}$ $d = 22 \text{ bis } 250 \text{ mm}$	 $d = 10 \text{ bis } 80 \text{ mm}$ $d = 30 \text{ bis } 140 \text{ mm}$

### Lagerreihe

SKF fertigt Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ in den folgenden Maßreihen an:

- Reihe 718, ultraleichte Ausführung
- Reihe 719, extrem leichte Ausführung
- Reihe 70, leichte Ausführung
- Reihe 72, robuste Ausführung

In **Bild 2** werden die Querschnitte der vier Lagerreihen mit denselben Bohrungs- und Außendurchmessern verglichen. Jede Lagerreihe hat charakteristische Eigenschaften, die sie für bestimmte Anwendungsfälle besonders geeignet macht.

Wenn für eine Konstruktion eine kleine Querschnittshöhe gefragt ist, sollten Lager der Reihe 718 gewählt werden. Steht mehr radialer Einbauraum zur Verfügung und sind die Belastungen nicht so groß, werden Lager der Reihen 719 oder 70 empfohlen. Lager der Reihe 72 haben bei einem vorgegebenen Bohrungsdurchmesser die größte Querschnittshöhe und eignen sich für schwere Belastungen bei relativ niedrigen Drehzahlen.

Wird eine hohe Steifigkeit verlangt, werden in der Regel Lager der Reihen 718 und 719 eingesetzt. Die Lager dieser beiden Reihen enthalten

im Verhältnis zur gewählten Bohrungsgröße die meisten Kugeln und können auch die größten Wellendurchmesser im Verhältnis zum Außendurchmesser aufnehmen. Diese beiden Punkte sind besonders für die Systemsteifigkeit wichtig, da sich die Steifigkeit einer Spindel mit ihrem Wellendurchmesser erhöht und die Steifigkeit einer Lageranordnung mit der Anzahl der Kugeln zunimmt.

### Berührungswinkel

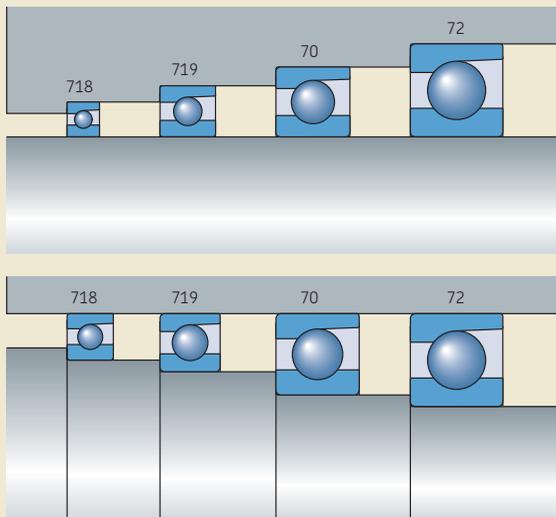
Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ werden mit den folgenden Berührungswinkeln angefertigt (→ **Bild 3**):

- Berührungswinkel 15°: Nachsetzzeichen C
- Berührungswinkel 25°: Nachsetzzeichen AC

Für einige Reihen sind auf Anfrage Lager mit einem Berührungswinkel von 18° und dem Nachsetzzeichen F erhältlich.

Ein größerer Berührungswinkel bietet eine höhere axiale Steifigkeit und eine höhere axiale Tragfähigkeit. Dabei werden jedoch das Drehzahlvermögen, radiale Steifigkeit und radiale Tragfähigkeit reduziert.

Bild 2



## Lager der Hochleistungsausführung D

Lager der Ausführung D (→ **Bild 4**) sind so konstruiert, dass sie schwere Belastungen bei relativ hohen Drehzahlen und niedrigen bis mäßigen Betriebstemperaturen aufnehmen können. Im Vergleich zu anderen Präzisions-Schräggugellagern enthalten Lager der Ausführung D die maximale Kugelanzahl und die größten Kugeln. Die enge Schmiegunng der Kugeln sorgt für eine relativ große Steifigkeit und maximale Tragfähigkeit.

### Anwendungen

Typische Anwendungsbereiche für Lager der Reihe 718 .. D sind u. a.:

- Werkzeugmaschinen, z.B. Mehrspindelbohrköpfe (→ **Bild 14, Seite 60**)
- Roboter
- Druckmaschinen
- Messtechnik
- Rennwagenradlager

Typische Anwendungsbereiche für Lager der Reihe 719 .. D und 70 .. D sind u. a.:

- Bearbeitungszentren (horizontal und vertikal) (→ **Bild 17, Seite 63**)
- Fräsmaschinen
- Drehmaschinen (→ **Bild 11, Seite 58**)
- Außen- und Flächenschleifmaschinen
- Bohrmaschinen
- Maschinen zum Schneiden bzw. Polieren von Stein und Glas
- Halbleiterfertigung, z. B. Einheiten zur Erkennung von Defekten an Siliziumwafern (→ **Bild 15, Seite 61**)
- Schiffskreisel
- Teleskope
- Mikroturbinen
- Renn- bzw. Sportwagen-Radlager
- Medizintechnik

Typische Anwendungsbereiche für Lager der Reihe 72 .. D sind u. a.:

- Werkzeugmaschinenenspindeln, z.B. Zentrierspindeln (→ **Bild 13, Seite 59**)
- Drehmaschinen (Hauptspindeln, Reitstock)
- Schleifmaschinen
- Bohrmaschinen
- Parallelkinematische Maschinen (PKM)
- Dynamometer für Motorenprüfstände
- Turbolader

Bild 3

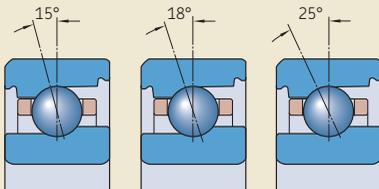
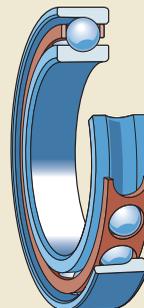


Bild 4



### Hochgeschwindigkeitslager der Ausführung E

Lager der Ausführung E (→ **Bild 5**) haben im Vergleich zu Lagern der Ausführung D eine offenere Schmiegun und eine maximale Anzahl kleinerer Kugeln. Daher können sie sehr hohe Drehzahlen aufnehmen, bieten allerdings nicht dieselbe hohe Tragfähigkeit wie Lager der Ausführung D. Im Vergleich zu Lagern der Ausführung B haben Lager der Ausführung E eine etwas höhere Drehzahleignung und können höhere Belastungen aufnehmen.

#### Anwendungen

Typische Anwendungsbereiche für Lager der Reihe 719 .. E und 70 .. E sind u. a.:

- Elektroschindeln (→ **Bild 16, Seite 62**)
- Hochgeschwindigkeits-Bearbeitungszentren (horizontal und vertikal) (→ **Bild 17, Seite 63**)
- Hochgeschwindigkeits-Fräsmaschinen
- Hochgeschwindigkeits-Innenschleifmaschinen (→ **Bild 19, Seite 64**)
- Hochgeschwindigkeitschindeln für das Leiterplattenbohren
- Holzbearbeitungsmaschinen

### Hochgeschwindigkeitslager der Ausführung B

Lager der Ausführung B (→ **Bild 6**) sind für den Betrieb mit hohen Drehzahlen konstruiert und eignen sich am besten für leichtere Belastungen sowie niedrigere Betriebstemperaturen. Im Vergleich zu Lagern der Ausführungen D und E sind Lager der Ausführung B mit einer maximalen Anzahl sehr kleiner Kugeln ausgestattet. Die kleineren, leichteren Kugeln reduzieren die Fliehkräfte, die auf die Außenringlaufbahn wirken, wodurch sich auch die Spannung an den Wälzkontakten verringert. Da kleinere Kugeln weniger Platz benötigen, weisen die Lagerringe eine größere Querschnittshöhe auf und sind damit weniger empfindlich für Verformungen infolge von Unregelmäßigkeiten des Lagersitzes auf der Welle oder im Gehäuse.

#### Anwendungen

Typische Anwendungsbereiche für Lager der Reihe 719 .. B und 70 .. B sind u. a.:

- Elektroschindeln (→ **Bild 18, Seite 63**)
- Zerspanungsmaschinen (→ **Bild 18**)
- Holzbearbeitungsmaschinen
- Fräsmaschinen
- Bearbeitungszentren

Bild 5

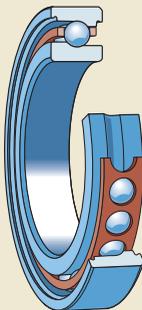
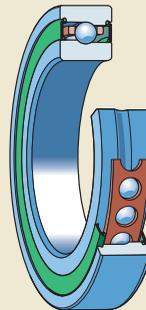


Bild 6



## Hybridlager

Die Ringe von Hybrid-Schrägkugellagern (Nachsetzzeichen HC) bestehen aus Lagerstahl und ihre Wälzkörper aus Siliziumnitrid in Lagerqualität (Keramik). Da Keramikugeln leichter sind und ein höheres Elastizitätsmodul sowie einen niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten haben als Stahlkugeln, können Hybridkugeln folgende Vorteile bieten:

- höhere Steifigkeit
- höhere Drehzahleignung
- reduzierte Trägheits- und Fliehkräfte im Lager
- minimierte Spannung an den Wälzkontakten des Außenrings bei hohen Drehzahlen
- verringerte Reibungswärme
- niedrigerer Energieverbrauch
- längere Lager- und Fettgebrauchsdauer
- weniger anfällig für Gleitreibungsanschmier- und Käfigschäden bei häufigem schnellem Anfahren und Anhalten
- weniger anfällig für Temperaturschwankungen im Lager
- genauere Einstellung von Vorspannung/Spiel

Nähere Angaben zu Siliziumnitrid entnehmen Sie dem Abschnitt *Werkstoffe für Lagerringe und Wälzkörper* (→ **Seite 51**).

### Käfige

Je nach Reihe und Größe sind einreihige Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ serienmäßig mit den nachstehend aufgeführten Käfigen erhältlich (→ **Matrix 1**):

- Fensterkäfige aus Phenolharz mit Gewebeeinlage, außenringgeführt, ohne Nachsetzzeichen (→ **Bild 7**)
- Fensterkäfige aus glasfaserverstärktem PEEK, außenringgeführt, Nachsetzzeichen TNHA (→ **Bild 8**)
- Fensterkäfige aus kohlenstofffaserverstärktem PEEK, außenringgeführt, ohne Nachsetzzeichen (→ **Bild 9**)
- Massiv-Fensterkäfig aus Messing, außenringgeführt, Nachsetzzeichen MA

Die leichten Polymerkäfige reduzieren Trägheits- und Fliehkräfte bei gleichzeitiger Maximierung der Schmierstoffwirkung.

Andere Käfigwerkstoffe und Ausführung sind auf Anfrage erhältlich. Es empfiehlt sich den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Weitere Informationen zu Werkstoffen entnehmen Sie dem Abschnitt *Käfigwerkstoffe* (→ **Seite 55**).

Bild 7



Bild 8



Bild 9



Matrix 1

Bohrungsdurchmesser [mm]	Käfigwerkstoffe für Lager der Reihe								Größe
	718 .. D	719 .. D	70 .. D	719 .. E	70 .. E	719 .. B	70 .. B	72 .. D	
6									6
7									7
8									8
9									9
10									00
12									01
15									02
17									03
20									04
25									05
30									06
35									07
40									08
45									09
50									10
55									11
60									12
65									13
70									14
75									15
80									16
85									17
90									18
95									19
100									20
105									21
110									22
120									24
130									26
140									28
150									30
160									32
170									34
180									36
190									38
200									40
220									44
240									48
260									52
280									56
300									60
320									64
340									68
360									72

-  Baumwollverstärktes Phenolharz (Hartgewebe)
-  Glasfaserverstärktes PEEK
-  Kohlenstofffaserverstärktes PEEK
-  Messing, spanabhebend gefertigt

### Abgedichtete Lager

Die meisten gängigen Lager können beidseitig mit integrierten Dichtungen versehen werden (Vorsetzzeichen S). Die Dichtung bildet einen extrem engen Dichtspalt mit der Innenring-schulter (→ **Bild 10**), weshalb die Drehzahl-eignung nicht beeinträchtigt wird.

Die stahlblechverstärkten Dichtungen beste-hen aus öl- und verschleißfestem Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR). Auf Anfrage sind auch Lager mit Dichtungen aus Fluor-Kautschuk erhältlich. Weitere Informationen entnehmen Sie dem Abschnitt *Dichtungswerkstoffe* (→ **Seite 56**).

Abgedichtete Lager werden serienmäßig mit einem niedrigviskosen Premiumfett auf Esteröl-basis und mit einem Dickungsmittel aus Lithium-seife befüllt. Die Fettmenge füllt ca. 15% des Raumes im Lager aus. Der Temperaturbereich des Fetts beträgt  $-55$  bis  $+110$  °C. Auf Anfrage sind die Lager auch mit anderen Fetten erhält-lich. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Techni-schen SKF Beratungsservice.

Im Vergleich zu Lageranordnungen mit offe-nen Lagern und externen Dichtungen bieten abgedichtete Lager eine ganze Reihe von Vortei-len, u. a.:

- potenziell längere Lagergebrauchsdauer
- längere Instandhaltungsintervalle
- kleineren Lagerbestand
- reduzierte Verunreinigungsgefahr des Schmierstoffs bei Einbau und Betrieb

Abgedichtete Lager sind auf Lebensdauer geschmiert. Sie dürfen deshalb vor dem Einbau nicht über  $80$  °C erwärmt oder ausgewaschen werden. Zum Anwärmen eines abgedichteten Lagers vor dem Einbau ist ein Induktions-Anwärmgerät zu verwenden. Das Lager sollte dann unmittelbar eingebaut werden, um die Zeit zu minimieren, in der das Lager hohen Tempe-raturen ausgesetzt ist. Informationen zur Aufbe-wahrungszeit abgedichteter Lager entnehmen Sie dem Abschnitt *Aufbewahrungszeiten von abgedichteten Lagern* (→ **Seite 125**).

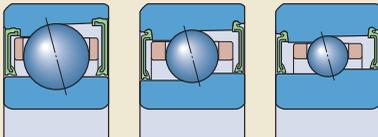
### Direkte Öl-Luft-Schmierung

Einige Anwendungen mit sehr hohen Drehzahlen erfordern offene Lager der Reihen 719 .. D und 70 .. D, 719 .. E und 70 .. E und 719 .. B und 70 .. B, um mit einer minimalen Ölmenge direkt durch die Außenringe geschmiert zu werden.

Auf Anfrage sind Lager mit zwei Schmierboh-rungen in den Außenringen erhältlich. Außer-dem sind Lager mit einer Umfangsnut bzw. mit einer Umfangsnut und zwei Umfangsnuten für O-Ringe erhältlich, einschließlich O-Ringen zum Abdichten der Lagergehäusebohrung. Die Abmessungen dieser Ausführungen sind in den folgenden Tabellen aufgelistet:

- **Tabelle 2** für Lager der Reihen 719 .. D und 70 .. D
- **Tabelle 3** (→ **Seite 138**) für Lager der Reihen 719 .. E und 70 .. E
- **Tabelle 4** (→ **Seite 140**) für Lager der Reihen 719 .. B und 70 .. B

Bild 10



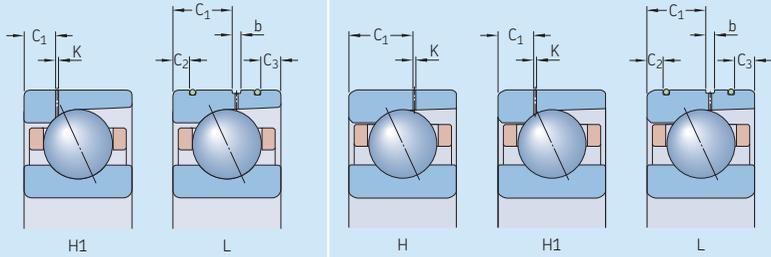
Ausführung D

Ausführung E

Ausführung B

Tabelle 2

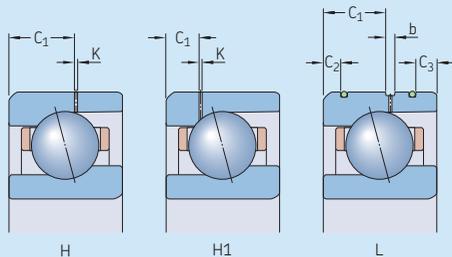
## Abmessungen der direkten Öl-Luft-Schmierung – Reihen 719 .. D und 70 .. D


**Lager- Größe**  
**bohrung**  
**d**
**Abmessungen**  
 Ausführungen für Lager der Reihen 719 .. D  
 H1 L  
 C<sub>1</sub> K C<sub>1</sub> C<sub>2</sub> C<sub>3</sub> b

 Ausführungen für Lager der Reihen 70 .. D  
 H H1 L  
 C<sub>1</sub> K C<sub>1</sub> K C<sub>1</sub> C<sub>2</sub> C<sub>3</sub> b

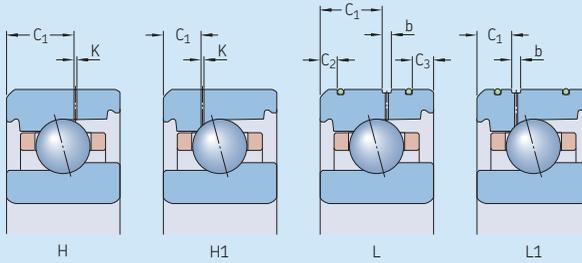
mm	–	mm													
6	6	–	–	–	–	–	–	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–
7	7	–	–	–	–	–	–	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–
8	8	–	–	–	–	–	–	4,25	0,5	–	–	–	–	–	–
9	9	–	–	–	–	–	–	4,25	0,5	–	–	–	–	–	–
10	00	–	–	–	–	–	–	4,75	0,5	–	–	–	–	–	–
12	01	–	–	–	–	–	–	4,9	0,5	–	–	–	–	–	–
15	02	–	–	–	–	–	–	5,35	0,5	–	–	–	–	–	–
17	03	–	–	–	–	–	–	6,05	0,5	–	–	–	–	–	–
20	04	–	–	–	–	–	–	7,15	0,5	–	–	–	–	–	–
25	05	–	–	–	–	–	–	7,25	0,5	–	–	–	–	–	–
30	06	–	–	–	–	–	–	7,8	0,5	–	–	–	–	–	–
35	07	–	–	–	–	–	–	8,4	0,5	–	–	–	–	–	–
40	08	–	–	–	–	–	–	8,95	0,5	–	–	–	–	–	–
45	09	–	–	–	–	–	–	9,45	0,5	–	–	–	–	–	–
50	10	–	–	–	–	–	–	9,6	0,5	–	–	–	–	–	–
55	11	–	–	6,5	3,2	2	2,2	–	–	4,88	0,5	9	4,3	3,8	2,4
60	12	–	–	6,5	3,2	2	2,2	–	–	4,88	0,5	9	4,3	3,8	2,6
65	13	–	–	6,5	3,2	2	2,2	–	–	4,9	0,5	9,7	4,3	3,8	1,9
70	14	4,46	0,5	8,6	3,5	2,8	2	–	–	5,39	0,5	10,9	4,4	3,9	1,7
75	15	4,46	0,5	8,6	3,5	2,8	2	–	–	5,4	0,5	10,9	3,9	3,4	1,8
80	16	4,46	0,5	8,6	3,5	2,8	2	–	–	5,89	0,5	11,1	4,4	3,8	2,8
85	17	5,2	0,5	9,3	4	2,8	2,6	–	–	5,9	0,5	11,1	4,4	3,8	2,8
90	18	5,2	0,5	9,3	4,2	3	2,6	–	–	6,85	0,5	13,4	5,2	4,3	2,2
95	19	5,2	0,5	9,3	4,2	3	2,6	–	–	6,41	0,5	13,4	5,2	4,3	2,2
100	20	5,46	0,5	10,9	4	3,3	2,3	–	–	6,46	0,5	13,4	5,2	4	2,2
105	21	5,46	0,5	10,9	3,9	3,2	2,3	–	–	6,92	0,5	14,1	6,2	5	2,4
110	22	5,46	0,5	10,9	4	3	2,3	–	–	7,41	0,5	15,1	6,2	5,4	2,6
120	24	6,1	0,5	11,9	4,2	2,9	2,6	–	–	7,41	0,5	15	6,2	5,4	2,8
130	26	6,92	0,5	13,3	5,6	2,9	2,6	–	–	8,9	0,5	17,9	6,6	5,6	3,1
140	28	6,92	0,5	13,3	5,4	2,9	2,6	–	–	8,9	0,5	17,9	6,6	5,6	3,1
150	30	7,32	0,6	15,6	6,6	5,6	2,6	–	–	9,3	0,6	19,2	7,1	5,6	2,8
160	32	7,32	0,6	15,6	6,6	5,6	2,6	–	–	10,3	0,6	21,2	7,1	6,6	2,8
170	34	7,32	0,6	–	–	–	–	–	–	11,8	0,6	23,8	7,1	7,1	2,8
180	36	8,6	0,6	–	–	–	–	–	–	13,4	0,6	26,1	7,5	7,5	2,8
190	38	8,6	0,6	–	–	–	–	–	–	13,4	0,6	–	–	–	–
200	40	10	0,6	–	–	–	–	–	–	14	0,6	–	–	–	–
220	44	–	–	20,9	7,1	5,45	3,5	–	–	15,5	0,6	–	–	–	–
240	48	–	–	20,9	7,1	5,45	3,5	–	–	15,5	0,6	–	–	–	–
260	52	–	–	24,9	7,1	6,7	4	–	–	–	–	–	–	–	–

## Abmessungen der direkten Öl-Luft-Schmierung – Reihen 719 .. E



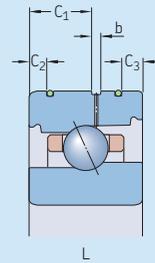
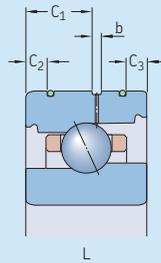
Lager- bohrung	Größe	Abmessungen							
		Ausführungen für Lager der Reihen 719 .. E							
d		H C <sub>1</sub>	K	H1 C <sub>1</sub>	K	L C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	b
mm	–	mm							
8	8	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–
9	9	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–
10	00	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–
12	01	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–
15	02	4,3	0,5	–	–	–	–	–	–
17	03	4,35	0,5	–	–	–	–	–	–
20	04	5,45	0,5	–	–	4,6	1,4	0,9	1,5
25	05	5,45	0,5	–	–	4,6	1,4	0,9	1,5
30	06	5,45	0,5	–	–	4,6	1,4	0,9	1,5
35	07	6,15	0,5	–	–	5,1	1,8	1,2	1,6
40	08	–	–	3,75	0,5	5,9	1,8	1,8	2
45	09	–	–	3,75	0,5	5,9	2,3	1,8	2
50	10	–	–	3,53	0,5	5,9	2,3	1,8	2,2
55	11	–	–	3,83	0,5	6,5	2,5	2	2,2
60	12	–	–	3,83	0,5	6,5	2,5	2	2,2
65	13	–	–	3,83	0,5	6,5	2,5	2	2,2
70	14	–	–	4,9	0,5	8,6	2,8	2,8	2
75	15	–	–	4,9	0,5	8,6	2,8	2,8	2
80	16	–	–	4,9	0,5	8,6	2,8	2,8	2
85	17	–	–	5,48	0,5	9,3	3	3	2,6
90	18	–	–	5,48	0,5	9,3	3	3	2,6
95	19	–	–	5,48	0,5	9,3	3	3	2,6
100	20	–	–	6,05	0,5	10,9	3	3,3	2,3
110	22	–	–	5,78	0,5	10,9	3,5	3	2,3
120	24	–	–	6,31	0,5	11,9	4,2	3,6	2,6

## Abmessungen der direkten Öl-Luft-Schmierung – Reihen 70 .. E



Lager- bohrung d	Größe	Abmessungen											
		Ausführungen für Lager der Reihen 70 .. E											
		H C <sub>1</sub>	K	H1 C <sub>1</sub>	K	L C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	b	L1 C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	b
mm	–	mm											
6	6	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	7	3,65	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	8	4,25	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	9	4,25	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	00	4,75	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	01	4,9	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15	02	5,35	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17	03	6,05	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	04	–	–	3,67	0,5	5,9	1,8	1,9	1,9	3,2	1,45	1,9	1,4
25	05	–	–	3,72	0,5	5,9	1,8	1,9	2,1	3,2	1,45	1,9	1,4
30	06	–	–	4,23	0,5	6,5	2,3	2,6	1,8	3,7	1,95	2,6	1,4
35	07	–	–	4,52	0,5	7,3	2,2	2,8	1,7	4	2,2	2,8	1,4
40	08	–	–	5,03	0,5	7,8	2,5	3	1,7	4,5	2,5	3	1,4
45	09	–	–	5,53	0,5	8,6	3	3	1,7	5	3	3	1,4
50	10	–	–	5,32	0,5	8,6	2,7	3	1,7	4,7	2,7	3	1,6
55	11	–	–	6,30	0,5	9	3,4	3,4	2,4	5,65	3,4	3,4	1,6
60	12	–	–	6,30	0,5	9	3,4	3,4	2,4	5,65	3,4	3,4	1,6
65	13	–	–	5,92	0,5	9,7	3,3	3,3	1,9	5,3	3,3	3,3	1,6
70	14	–	–	6,7	0,5	10,9	3,4	3,4	1,9	6,05	3,4	3,4	1,6
75	15	–	–	6,73	0,5	10,9	3,4	3,4	1,8	6,1	3,4	3,4	1,6
80	16	–	–	7,27	0,5	11,1	3,8	3,8	2,8	6,5	3,8	3,8	1,8
85	17	–	–	7,27	0,5	11,1	3,8	3,8	2,8	6,5	3,8	3,8	1,8
90	18	–	–	8,33	0,5	13,2	4,3	4,3	2,6	7,6	4,3	4,3	1,8
95	19	–	–	7,81	0,5	13,4	4,3	4,3	2,2	7,1	4,3	4,3	1,8
100	20	–	–	7,82	0,5	13,4	4	4	2,2	7,1	4	4	1,8
110	22	–	–	9,84	0,5	15,1	5,4	5,4	2,6	9,05	5,4	5,4	1,8
120	24	–	–	9,38	0,5	15	5,4	5,4	2,8	8,6	5,4	5,4	1,8

Abmessungen der direkten Öl-Luft-Schmierung – Reihen 719 .. B und 70 .. B



Lager- bohrung d	Größe	Abmessungen Ausführung L für Lager der Reihen 719 .. B				Ausführung L für Lager der Reihen 70 .. B			
		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	b	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	b
mm	–	mm							
30	06	–	–	–	–	6,5	3,4	2,4	1,7
35	07	–	–	–	–	7,3	3,4	2,4	1,4
40	08	5,9	2,8	1,7	2	7,8	3,6	2,6	1,5
45	09	5,9	2,8	1,7	2	8,6	3,6	2,6	1,5
50	10	5,9	2,8	1,7	2	8,6	3,6	2,6	1,5
55	11	6,5	3,8	1,7	2	9	4,3	2,8	2,2
60	12	6,5	3,8	1,7	2	9	4,3	2,8	2,2
65	13	6,5	3,8	1,7	2	9,7	4,3	2,8	1,5
70	14	8,6	3,8	1,7	1,5	10,9	4,4	2,9	1,5
75	15	8,6	3,8	2,7	1,5	10,9	4,4	2,9	1,5
80	16	8,6	3,8	2,7	2	11,1	4,7	3,2	2,5
85	17	9,3	4,5	2,9	2,2	11,1	4,7	3,2	2,5
90	18	9,3	4,5	2,9	2,2	13,4	5,2	4,2	2,2
95	19	9,3	4,5	2,9	2,2	13,4	5,2	4,2	2,2
100	20	10,9	4,5	2,9	2,2	13,4	5,2	4,2	2,2
110	22	10,9	4,5	2,9	2,2	15,1	6,2	4,2	2,2
120	24	11,9	4,5	2,9	2,2	15,1	6,2	4,2	2,2

## Lager aus NitroMax-Stahl

Die Ringe herkömmlicher Hybrid-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ bestehen aus Wälzlagerstahl. Hybridlager sind jedoch auch mit Ringen aus NitroMax-Stahl (Vorsetzzeichen V) erhältlich – einer neuen Generation stickstoffreichen Edelfstahls. Lageringeringe aus diesem Material sind besonders korrosionsbeständig, verschleißfest, ermüdungsbeständig und elastisch mit einem hohen Härtegrad und hoher Schlagfestigkeit.

Die kombinierten Vorteile von NitroMax-Stahlringen und Kugeln aus Siliziumnitrid erhöhen die Lagerleistung erheblich. Hierdurch können die Lager, je nach Schmierung, bis zu dreimal länger laufen als herkömmliche Hybridlager.

Diese Lager eignen sich insbesondere für sehr anspruchsvolle Anwendungen wie Hochgeschwindigkeits-Bearbeitungszentren und -Fräsmaschinen, bei denen hohe Drehzahlen, Steifigkeit und lange Lagerlebensdauer von ausschlaggebender Bedeutung für den Betrieb sind.

Nähere Angaben zu Siliziumnitrid, Wälzlagerstahl und Keramik entnehmen Sie dem Abschnitt *Werkstoffe für Lagerringe und Wälzkörper* (→ Seite 51).

## Gestaltung der Lagerung

Lageranordnungen mit Hochgenauigkeits-Schrägkugellagern der Reihe „Super-precision bearings“ lassen sich als Einzellager und als Lagersätze einsetzen.

**Tabelle 5** enthält ein Beispiel mit Bestelloptionen für eine Anordnung aus drei Lagern.

### Einzellager und Lagersätze

#### Einzellager

Einzelne Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ sind als Einzellager sowie als Universallager für den satzweisen Einbau erhältlich. Bei der Bestellung von Einzellagern ist die Anzahl der einzelnen Lager mit anzugeben.

#### Einzellager

Einzellager sind für Anordnungen geeignet, in denen nur ein Lager pro Lagerung zum Einsatz kommt. Auch wenn die Ringbreite nach sehr engen Toleranzen bearbeitet wurde, kommen diese Lager nicht für den Einbau direkt nebeneinander infrage.

Tabelle 5

#### Einige Bestellmöglichkeiten für eine Anordnung aus drei Lagern

Entwurfskriterien	Bestellung	Lagerreihenbezeichnung	Bestellbeispiel
Die Lager können unmittelbar nebeneinander in beliebiger Reihenfolge und beliebiger Ausrichtung angeordnet werden.	drei einzelne Universallager für den satzweisen Einbau	70 .. DG../P4A	3 x 7014 CDGA/P4A
Die Lager können unmittelbar nebeneinander in beliebiger Reihenfolge und beliebiger Ausrichtung angeordnet werden. Verbesserte Lastverteilung gewünscht.	Satz aus drei Universallagern für den satzweisen Einbau	70 .. D/P4ATG..	1 x 7014 CD/P4ATGA
Lager in 0- und Tandem-Anordnung Verbesserte Lastverteilung gewünscht.	drei Lager aus einem zusammengepassten Satz	70 .. D/P4AT..	1 x 7014 CD/P4ATBTA
Lager in 0- und Tandem-Anordnung Funktionssicherheit bei hohen Drehzahlen mit maximaler Steifigkeit und verbesserter Lastverteilung gewünscht.	drei Lager aus einem zusammengepassten Satz	70 .. E/P4AT..	1 x 7014 CE/P4ATBTA
Lager in 0- und Tandem-Anordnung Funktionssicherheit bei hohen Drehzahlen mit verbesserter Lastverteilung gewünscht.	drei Lager aus einem zusammengepassten Satz	70 .. E/P4AT..	1 x 7014 CE/P4ATBTL

### Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau

Universallager für den satzweisen Einbau werden bereits bei der Fertigung so aufeinander abgestimmt, dass bei beliebiger Lageranordnung unmittelbar nebeneinander eine Vorspannung in einem festgelegten Bereich und eine effektive Lastverteilung sichergestellt sind, ohne dass Passscheiben benötigt werden.

Universallager für den satzweisen Einbau sind einzeln in mehreren Vorspannungsklassen verfügbar und haben das Nachsetzzeichen G.

### Lagersätze

Sätze von Hochgenauigkeits-Schrägkugellagern der Reihe „Super-precision bearings“ sind als zusammengepasste Lagersätze und als Universallagersätze erhältlich. Bei der Bestellung von Lagersätzen ist die Anzahl der benötigten Lagersätze anzugeben (die Anzahl der Einzellager pro Satz ist im Kurzzeichen enthalten).

### Zusammengepasste Lagersätze

Lager sind auch als Komplettlagersätze aus zwei, drei oder mehr Lagern erhältlich. Die Lager von Lagersätzen werden bereits bei der Fertigung so aufeinander abgestimmt, dass bei beliebiger Anordnung unmittelbar nebeneinander in einer bestimmten Reihenfolge eine Vorspannung in einem vordefinierten Bereich und eine effektive Lastverteilung ohne Passscheiben sichergestellt sind.

Bohrungen und Außendurchmesser dieser Lager weichen maximal ein Drittel der zulässigen Durchmessertoleranz voneinander ab. Dadurch wird eine bessere Lastverteilung erreicht als bei einzelnen Universallagern für den satzweisen Einbau.

Zusammengepasste Lagersätze sind in mehreren Vorspannungsklassen erhältlich.

### Sätze aus zusammengepassten Universallagern

Die Lager in diesen Sätzen sind für jede beliebige Lageranordnung geeignet. Beim Einbau muss keine spezielle Lagerreihenfolge beachtet werden. In einem Satz aus Universallagern für den satzweisen Einbau weichen die Bohrungs- und Außendurchmesser maximal ein Drittel der zulässigen Durchmessertoleranz voneinander ab. Dadurch wird im eingebauten Zustand eine bessere Lastverteilung erreicht als bei einzelnen Universallagern.

Sätze aus Universallagern für den satzweisen Einbau sind in mehreren Vorspannungsklassen verfügbar.

Genau wie einzelne Universallager tragen Universallagersätze das Nachsetzzeichen G, die Position des G's innerhalb des Nachsetzzeichens ist jedoch anders.

## Lageranordnungen

### Lagersatz in O-Anordnung

Bei Lagern in O-Anordnung (→ **Bild 11**) laufen die Berührungslinien entlang der Lagerachse auseinander. Axialbelastungen werden in beiden Richtungen, aber jeweils nur von einem Lager bzw. Lagersatz aufgenommen.

Lager in O-Anordnung ergeben eine relativ starre Lagerung. Dank des großen Abstands zwischen den wirksamen Lagermitten eignet sich diese Anordnung besonders gut für das Aufnehmen von Momentbelastungen.

### Lagersatz in X-Anordnung

Bei Lagern in X-Anordnung (→ **Bild 12**) laufen die Berührungslinien entlang der Lagerachse aufeinander zu. Axialbelastungen werden in beiden Richtungen, aber jeweils nur von einem Lager bzw. Lagersatz aufgenommen.

Aufgrund des geringen Abstands zwischen den wirksamen Lagermitten sind Lager in X-Anordnungen weniger für die Aufnahme von Momentbelastungen geeignet.

### Lagersätze in Tandem-Anordnung

Tandem-Anordnungen bieten eine erhöhte axiale und radiale Tragfähigkeit als Einzellager. Bei der Tandem-Anordnung (→ **Bild 13**) verlaufen die Berührungslinien parallel zueinander. Die Axial- und Radialbelastung verteilt sich auf beide Lager.

Der Lagersatz kann nur einseitig wirkende Axialbelastungen aufnehmen. Bei beidseitig wirkenden Axialbelastungen bzw. bei kombinierten Belastungen müssen weitere Lager hinzugefügt und gegen die Tandem-Anordnung angestellt werden.

Bild 11

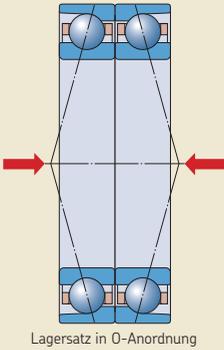


Bild 12

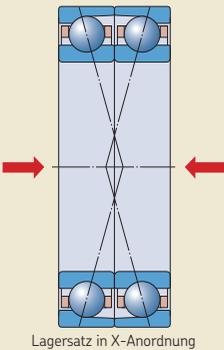
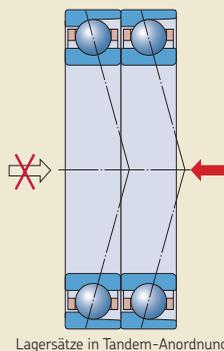


Bild 13



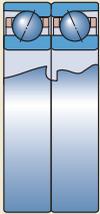
### Beispiele

Universallager für den satzweisen Einbau und zusammengepasste Lagersätze können, je nach geforderter Steifigkeit und Belastung, in einer Vielzahl unterschiedlicher Anordnungen eingebaut werden. **Bild 14** (→ **Seite 144**) zeigt die möglichen Anordnungen mitsamt Nachsetzzeichen für zusammengepasste Lagersätze.

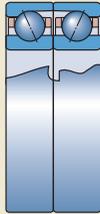
### Reduzierung von Lagerbeständen

SKF empfiehlt die vornehmliche Verwendung von Universallagern für den satzweisen Einbau, da der Anwender mit diesen Lagern seinen Lagervorrat begrenzen und die Lagerverfügbarkeit verbessern kann. Mit Universallagern für den satzweisen Einbau lassen sich die unterschiedlichsten Lagersätze realisieren.

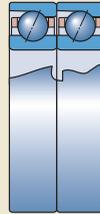
Lagersätze mit 2 Lagern



Lagerpaare in O-Anordnung  
Nachsetzzeichen DB

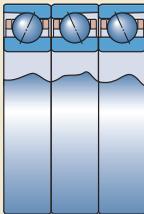


Lagerpaare in X-Anordnung  
Nachsetzzeichen DF

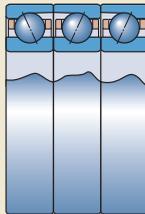


Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen DT

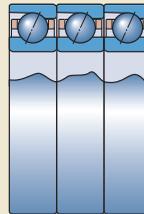
Lagersätze mit 3 Lagern



Tandem-O-Anordnung  
Nachsetzzeichen TBT

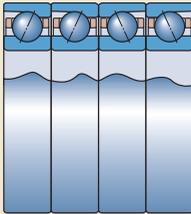


Tandem-X-Anordnung  
Nachsetzzeichen TFT

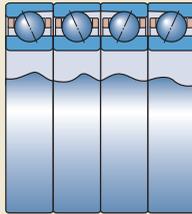


Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen TT

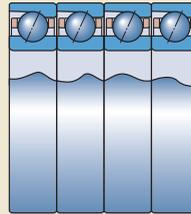
Lagersätze mit 4 Lagern



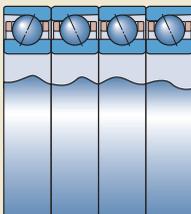
Tandem-O-Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen QBC



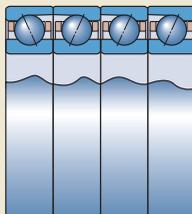
Tandem-X-Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen QFC



Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen QT



Tandem-O-Anordnung  
Nachsetzzeichen QBT



Tandem-X-Anordnung  
Nachsetzzeichen QFT

## Kennzeichnung von Lagern und Lagersätzen

Alle Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ haben mehrere Kennzeichen an den Außenseiten der Ringe (→ Bild 15):

- 1 SKF Marke
- 2 Komplette Lagerbezeichnung (Kurzzeichen)
- 3 Herstellungsland
- 4 Herstellungsdatum (kodiert)
- 5 Abweichung des mittleren Außendurchmessers  $\Delta_{Dm}$  [ $\mu\text{m}$ ] und Position der maximalen Unrundheit des Außenrings
- 6 Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers  $\Delta_{dm}$  [ $\mu\text{m}$ ] und Position der maximalen Unrundheit des Innenrings
- 7 Markierung auf Druckrichtung, geprägt
- 8 Seriennummer (nur Lagersätze)
- 9 V-Zeichen (nur bei zusammengepassten Lagersätzen)

Abgedichtete Lager sind ähnlich gekennzeichnet.

### "V-Zeichen"

Ein V-Zeichen an der Außenseite der Außenringe von zusammengepassten Lagersätzen gibt an, in welcher Richtung die Lager eingebaut werden müssen, um die korrekte Satzvorspannung einzustellen.

Das Zeichen gibt ebenfalls an, in welcher Richtung der Lagersatz bezogen auf die Axialbelastung einzubauen ist. Das V-Zeichen sollte in die Richtung zeigen, in der die Axialbelastung auf den Innenring wirkt (→ Bild 16). Wirken die Axialbelastungen in beide Richtungen, muss das V-Zeichen in die Richtung der stärkeren der beiden Belastungen zeigen.

Bild 16

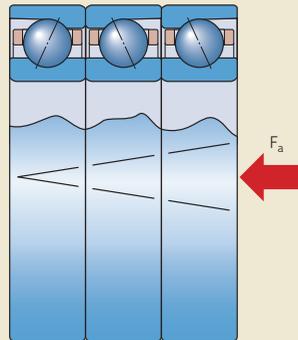
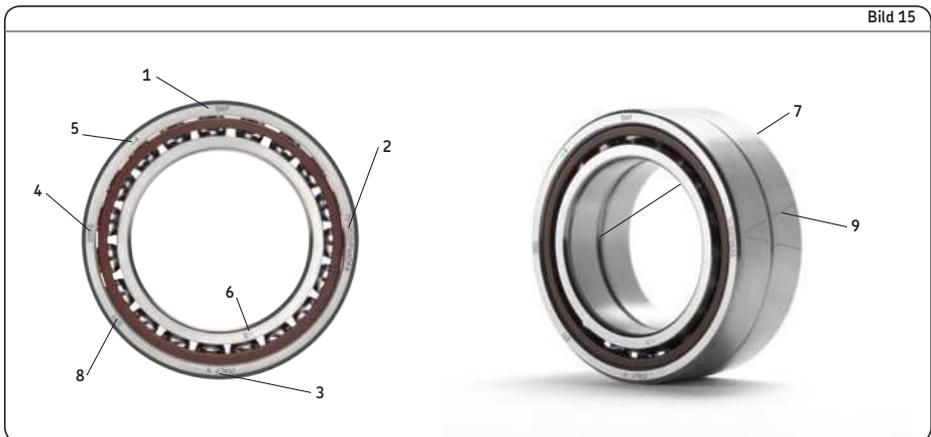


Bild 15



## Lagerdaten

### Haupt- abmessungen

ISO 15

### Kantenabstände

Die minimalen Kantenabstände in radialer Richtung ( $r_1, r_3$ ) und axialer Richtung ( $r_2, r_4$ ) sind in den Produkttabellen angegeben (→ **Seite 198**). Die Eigenschaften variieren je nach Reihe.

#### 718 .. D

- Werte für den Innenring und die Druckseite des Außenrings: ISO 15
- Die Werte für die druckabgewandte Seite des Außenrings sind nicht genormt.

#### 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D

- Werte für den Innenring und die Druckseite des Außenrings: ISO 15
- Werte für die druckabgewandte Seite des Außenrings: ISO 12044, wo zutreffend

#### 719 .. E

- Werte für die druckabgewandte Seite des Außenrings ( $d \leq 30$  mm), die Druckseite des Innenrings und die Druckseite des Außenrings: ISO 15
- Werte für die druckabgewandte Seite des Innenrings ( $d > 30$  mm): kleiner als die nach ISO 15
- Werte für die druckabgewandte Seite des Außenrings: ISO 12044

#### 70 .. E

- Werte für den Innenring und die Druckseite des Außenrings: ISO 15
- Werte für die druckabgewandte Seite des Außenrings: ISO 12044

#### 719 .. B und 70 .. B

- Werte für den Innenring und die Druckseite des Außenrings: ISO 15
- Werte für die druckabgewandte Seite des Außenrings: kleiner als die nach ISO 15

Die angemessenen maximalen Kantenabstände, die für die Bemessung der Rundungsradien wichtig sind, entsprechen ISO 582 und sind in den Produkttabellen aufgelistet.

### Toleranzen

Serienmäßig mit Toleranzklasse P4A oder P4. Die Toleranzklassen PA9A und P2 sind auf Anfrage erhältlich.  
Die aufgelisteten Toleranzklassen gelten für:

Weiterführende  
Informationen  
(→ **Seite 47**)

- Toleranzklasse P4A (→ **Tabelle 6**)
- Toleranzklasse P4 (→ **Tabelle 7, Seite 148**)
- Toleranzklasse PPA9A (→ **Tabelle 8, Seite 149**)
- Toleranzklasse P2 (→ **Tabelle 9, Seite 150**)

Tabelle 6

## Toleranzklasse P4A

Innenring d		$\Delta_{dmp}^{(1)}$		$\Delta_{ds}^{(2)}$		$V_{dp}$	$V_{dmp}$	$\Delta_{Bs}$		$\Delta_{B1s}$		$V_{Bs}$	$K_{ia}$	$S_d$	$S_{ia}$
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	max.	max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
2,5	10	0	-4	0	-4	1,5	1	0	-40	0	-250	1,5	1,5	1,5	1,5
10	18	0	-4	0	-4	1,5	1	0	-80	0	-250	1,5	1,5	1,5	1,5
18	30	0	-5	0	-5	1,5	1	0	-120	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
30	50	0	-6	0	-6	1,5	1	0	-120	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
50	80	0	-7	0	-7	2	1,5	0	-150	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
80	120	0	-8	0	-8	2,5	1,5	0	-200	0	-380	2,5	2,5	2,5	2,5
120	150	0	-10	0	-10	6	3	0	-250	0	-380	4	4	4	4
150	180	0	-10	0	-10	6	3	0	-250	0	-380	4	6	5	6
180	250	0	-12	0	-12	7	4	0	-300	0	-500	5	7	6	7
250	315	0	-13	0	-13	8	5	0	-350	0	-550	6	8	7	7
315	400	0	-16	0	-16	10	6	0	-400	0	-600	6	9	8	8
Außenring D		$\Delta_{Dmp}^{(1)}$		$\Delta_{Ds}^{(2)}$		$V_{Dp}^{(3)}$	$V_{Dmp}^{(3)}$	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}$		$V_{Cs}$	$K_{ea}$	$S_D$	$S_{ea}$		
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.			max.	max.	max.	max.		
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		
10	18	0	-4	0	-4	1,5	1	Die Werte sind die gleichen wie für den zugehörigen Innenring ( $\Delta_{Bs}, \Delta_{B1s}$ ).		1,5	1,5	1,5	1,5		
18	30	0	-5	0	-5	2	1,5			1,5	1,5	1,5	1,5		
30	50	0	-6	0	-6	2	1,5			1,5	2,5	1,5	2,5		
50	80	0	-7	0	-7	2	1,5			1,5	4	1,5	4		
80	120	0	-8	0	-8	2,5	1,5			2,5	5	2,5	5		
120	150	0	-9	0	-9	4	1,5			2,5	5	2,5	5		
150	180	0	-10	0	-10	6	3			4	6	4	6		
180	250	0	-11	0	-11	6	4			5	8	5	8		
250	315	0	-13	0	-13	8	5			5	9	6	8		
315	400	0	-15	0	-15	9	6			7	10	8	10		
400	500	0	-20	0	-20	12	8			8	13	10	13		

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

1) Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 8 und 9.

2) Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 0 und 2.

3) Bei abgedichteten Lagern beziehen sich die Werte auf den Ring vor dem Einbau der Dichtungen.

## Toleranzklasse P4 (ABEC 7)

Innenring d		$\Delta_{dmp}^{(1)}$		$\Delta_{ds}^{(2)}$		$V_{dp}$	$V_{dmp}$	$\Delta_{Bs}$		$\Delta_{B1s}$		$V_{Bs}$	$K_{ia}$	$S_d$	$S_{ia}$
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	max.	max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
2,5	10	0	-4	0	-4	4	2	0	-60	0	-250	2,5	2,5	3	3
10	18	0	-4	0	-4	4	2	0	-80	0	-250	2,5	2,5	3	3
18	30	0	-5	0	-5	5	2,5	0	-120	0	-250	2,5	3	4	4
30	50	0	-6	0	-6	6	3	0	-120	0	-250	3	4	4	4
50	80	0	-7	0	-7	7	3,5	0	-150	0	-250	4	4	5	5
80	120	0	-8	0	-8	8	4	0	-200	0	-380	4	5	5	5
120	150	0	-10	0	-10	10	5	0	-250	0	-380	5	6	6	7
150	180	0	-10	0	-10	10	5	0	-250	0	-380	5	6	6	7
Außenring D		$\Delta_{Dmp}^{(1)}$		$\Delta_{Ds}^{(2)}$		$V_{Dp}^{(3)}$	$V_{Dmp}^{(3)}$	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}$		$V_{Cs}$	$K_{ea}$	$S_D$	$S_{ea}$		
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.			max.	max.	max.	max.		
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		
18	30	0	-5	0	-5	5	2,5	Die Werte sind die gleichen wie für den zugehörigen Innenring ( $\Delta_{Bs}, \Delta_{B1s}$ ).		2,5	4	4	5		
30	50	0	-6	0	-6	6	3			2,5	5	4	5		
50	80	0	-7	0	-7	7	3,5			3	5	4	5		
80	120	0	-8	0	-8	8	4			4	6	5	6		
120	150	0	-9	0	-9	9	5			5	7	5	7		
150	180	0	-10	0	-10	10	5			5	8	5	8		
180	250	0	-11	0	-11	11	6			7	10	7	10		

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

1) Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 8 und 9.

2) Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 0 und 2.

3) Bei abgedichteten Lagern beziehen sich die Werte auf den Ring vor dem Einbau der Dichtungen.

Tabelle 8

## Toleranzklasse PA9A

Innenring d		$\Delta_{dmp}^{(1)}$		$\Delta_{ds}^{(2)}$		$V_{dp}$	$V_{dmp}$	$\Delta_{Bs}$		$\Delta_{B1s}$		$V_{Bs}$	$K_{ia}$	$S_d$	$S_{ia}$
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	max.	max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
2,5	10	0	-2,5	0	-2,5	1,5	1	0	-40	0	-250	1,5	1,5	1,5	1,5
10	18	0	-2,5	0	-2,5	1,5	1	0	-80	0	-250	1,5	1,5	1,5	1,5
18	30	0	-2,5	0	-2,5	1,5	1	0	-120	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
30	50	0	-2,5	0	-2,5	1,5	1	0	-120	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
50	80	0	-4	0	-4	2	1,5	0	-150	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
80	120	0	-5	0	-5	2,5	1,5	0	-200	0	-380	2,5	2,5	2,5	2,5
120	150	0	-7	0	-7	4	3	0	-250	0	-380	2,5	2,5	2,5	2,5
150	180	0	-7	0	-7	4	3	0	-250	0	-380	4	5	4	5
180	250	0	-8	0	-8	5	4	0	-300	0	-500	5	5	5	5
Außenring D		$\Delta_{Dmp}^{(1)}$		$\Delta_{Ds}^{(2)}$		$V_{Dp}^{(3)}$	$V_{Dmp}^{(3)}$	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}$		$V_{Cs}$	$K_{ea}$	$S_D$	$S_{ea}$		
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.			max.	max.	max.	max.		
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		
10	18	0	-2,5	0	-2,5	1,5	1	Die Werte sind die gleichen wie für den zugehörigen Innenring ( $\Delta_{Bs}, \Delta_{B1s}$ ).		1,5	1,5	1,5	1,5		
18	30	0	-4	0	-4	2	1,5			1,5	1,5	1,5	1,5		
30	50	0	-4	0	-4	2	1,5			1,5	2,5	1,5	2,5		
50	80	0	-4	0	-4	2	1,5			1,5	4	1,5	4		
80	120	0	-5	0	-5	2,5	1,5			2,5	5	2,5	5		
120	150	0	-5	0	-5	2,5	1,5			2,5	5	2,5	5		
150	180	0	-7	0	-7	4	3			2,5	5	2,5	5		
180	250	0	-8	0	-8	5	4			4	7	4	7		
250	315	0	-8	0	-8	5	4			5	7	5	7		
315	400	0	-10	0	-10	6	5			7	8	7	8		

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

1) Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 8 und 9.

2) Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 0 und 2.

3) Bei abgedichteten Lagern beziehen sich die Werte auf den Ring vor dem Einbau der Dichtungen.

Toleranzklasse P2 (ABEC 9)

Innenring		$\Delta_{dmp}^{(1)}$		$\Delta_{ds}^{(2)}$		$V_{dp}$	$V_{dmp}$	$\Delta_{Bs}$		$\Delta_{B1s}$		$V_{Bs}$	$K_{ia}$	$S_d$	$S_{ia}$
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.	max.	max.
mm		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$
2,5	10	0	-2,5	0	-2,5	2,5	1,5	0	-40	0	-250	1,5	1,5	1,5	1,5
10	18	0	-2,5	0	-2,5	2,5	1,5	0	-80	0	-250	1,5	1,5	1,5	1,5
18	30	0	-2,5	0	-2,5	2,5	1,5	0	-120	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
30	50	0	-2,5	0	-2,5	2,5	1,5	0	-120	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
50	80	0	-4	0	-4	4	2	0	-150	0	-250	1,5	2,5	1,5	2,5
80	120	0	-5	0	-5	5	2,5	0	-200	0	-380	2,5	2,5	2,5	2,5
120	150	0	-7	0	-7	7	3,5	0	-250	0	-380	2,5	2,5	2,5	2,5
150	180	0	-7	0	-7	7	3,5	0	-250	0	-380	4	5	4	5
Außenring		$\Delta_{Dmp}^{(1)}$		$\Delta_{Ds}^{(2)}$		$V_{Dp}$	$V_{Dmp}$	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}$		$V_{Cs}$	$K_{ea}$	$S_D$	$S_{ea}$		
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	max.	max.			max.	max.	max.	max.		
mm		$\mu m$		$\mu m$		$\mu m$	$\mu m$			$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$	$\mu m$		
18	30	0	-4	0	-4	4	2	Die Werte sind die gleichen wie für den zugehörigen Innenring ( $\Delta_{Bs}, \Delta_{B1s}$ ).		1,5	2,5	1,5	2,5		
30	50	0	-4	0	-4	4	2			1,5	2,5	1,5	2,5		
50	80	0	-4	0	-4	4	2			1,5	4	1,5	4		
80	120	0	-5	0	-5	5	2,5			2,5	5	2,5	5		
120	150	0	-5	0	-5	5	2,5			2,5	5	2,5	5		
150	180	0	-7	0	-7	7	3,5			2,5	5	2,5	5		
180	250	0	-8	0	-8	8	4			4	7	4	7		

Toleranzsymbole und Definitionen → **Tabelle 4, Seite 48**

<sup>1)</sup> Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 8 und 9.

<sup>2)</sup> Diese Abweichungen beziehen sich ausschließlich auf Lager der Durchmesserreihen 0 und 2.

## Vorspannung

Ein einzelnes Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ lässt sich erst vorspannen, wenn ein zweites Lager die Gegenführung übernimmt. Ausführliche Informationen zur Vorspannung entnehmen Sie den folgenden Abschnitten.

### Lager mit voreingestellter Vorspannung

Universallager für den satzweisen Einbau bzw. zusammengepasste Universallagersätze sind in voreingestellten Vorspannungsklassen erhältlich, damit unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich Drehzahl, Steifigkeit und Betriebstemperaturen berücksichtigt werden können.

Die Stärke der Vorspannung hängt von der Lagerreihe, dem Berührungswinkel, der inneren Geometrie sowie der Größe des Lagers ab und gilt für Sätze aus zwei Lagern in O- bzw. X-Anordnung. Die Werte für die Vorspannung sind nicht genormt und werden in den folgenden Tabellen angegeben.

- **Tabelle 10 (→ Seite 153)** für Lager der Reihen 718 .. D
- **Tabelle 11 (→ Seite 154)** für Lager der Reihen 719 .. D und 70 .. D
- **Tabelle 12 (→ Seite 156)** für Lager der Reihen 719 .. E und 70 .. E
- **Tabelle 13 (→ Seite 158)** für Lager der Reihen 719 .. B und 70 .. B
- **Tabelle 14 (→ Seite 160)** für Lager der Reihen 72 .. D

Auf Wunsch liefern wir auch zusammengepasste Lager mit Sondervorspannungen. Diese Lager erkennt man am Nachsetzzeichen G mit einer anschließenden Zahl. Die Zahl steht für den Vorspannungswert des Satzes in daN. Sondervorspannungen gibt es nicht für Sätze aus drei oder mehr Universallagern für den satzweisen Einbau. Zusammengepasste Sätze aus drei oder mehr Lagern haben eine höhere Vorspannung als Sätze aus zwei Lagern. Die Vorspannung eines Lagersatzes wird durch Multiplikation des in **Tabelle 15 (→ Seite 161)** angegebenen Werts für Einzellager mit folgendem Faktor berechnet:

### Reihen 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D

Lager der Reihe 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D werden mit vier verschiedenen Vorspannungsklassen hergestellt:

- Klasse A, extraleichte Vorspannung
- Klasse B, leichte Vorspannung
- Klasse C, mittlere Vorspannung
- Klasse D, starke Vorspannung

### Reihen 718 .. D, 719 .. E und 70 .. E

Lager der Reihe 718 .. D, 719 .. E und 70 .. E werden mit drei verschiedenen Vorspannungsklassen hergestellt:

- Klasse A, leichte Vorspannung
- Klasse B, mittlere Vorspannung
- Klasse C, starke Vorspannung

Diese Vorspannungsklassen gelten für:

- einzelne Universallager für den satzweisen Einbau
- Sätze aus zusammengepassten Universallagern
- zusammengepasste Lagersätze

Für Anwendungsfälle, in denen hohe Betriebsdrehzahlen Vorrang vor hoher Steifigkeit haben, kommen zusätzlich folgende Vorspannungsklassen infrage:

- Klasse L, reduzierte leichte Vorspannung für asymmetrische Lagersätze
- Klasse M, reduzierte mittlere Vorspannung für asymmetrische Lagersätze
- Klasse F, reduzierte starke Vorspannung für asymmetrische Lagersätze

Wie erwähnt sind diese Vorspannungsklassen nur für asymmetrische, zusammengepasste Lagersätze verfügbar, z. B. für die Anordnungen TBT, TFT, QBT und QFT. Lagersätze der Vorspannungsklassen L, M und F mit drei oder vier Lagern besitzen dieselbe Vorspannung wie Sätze mit zwei Lagern der Vorspannungsklassen A, B oder C. Daher lassen sich die Vorspannungswerte für asymmetrische, zusammengesetzte Lagersätze, wie die der Anordnungen TBT, TFT, QBT und QFT direkt aus den Produkttabellen ablesen.

**Tabelle 16 (→ Seite 161)** enthält ein Beispiel für die Vorspannungsoptionen einer Anordnung

## Schrägkugellager

mit einem zusammengepassten Lagersatz aus 7014 CE-Lagern.

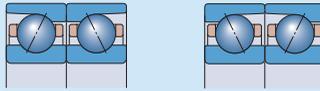
### **719 .. B und 70 .. B**

Lager der Reihe 719 .. B und 70 .. B werden mit drei verschiedenen Vorspannungsklassen hergestellt:

- Klasse A, leichte Vorspannung
- Klasse B, mittlere Vorspannung
- Klasse C, starke Vorspannung

Tabelle 10

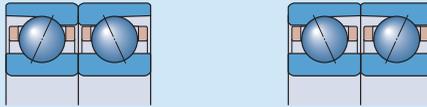
Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in O- oder X-Anordnung – Reihen 718 .. D



Bohrung d	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup>					
		718 CD, 718 CD/HC für Vorspannungsklasse			718 ACD, 718 ACD/HC für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N					
10	00	10	30	60	16	48	100
12	01	11	33	66	17	53	105
15	02	12	36	72	19	58	115
17	03	12	37	75	20	60	120
20	04	20	60	120	32	100	200
25	05	22	66	132	35	105	210
30	06	23	70	140	37	110	220
35	07	25	75	150	39	115	230
40	08	26	78	155	40	120	240
45	09	27	80	160	41	125	250
50	10	40	120	240	60	180	360
55	11	55	165	330	87	260	520
60	12	70	210	420	114	340	680
65	13	71	215	430	115	345	690
70	14	73	220	440	117	350	700
75	15	76	225	450	120	360	720
80	16	78	235	470	123	370	740
85	17	115	345	690	183	550	1 100
90	18	116	350	700	184	555	1 110
95	19	117	355	710	186	560	1 120
100	20	120	360	720	190	570	1 140
105	21	130	390	780	200	600	1 200
110	22	160	500	1 000	260	800	1 600
120	24	180	550	1 100	280	850	1 700
130	26	210	620	1 230	325	980	1 960
140	28	240	720	1 440	380	1 140	2 280
150	30	270	820	1 630	430	1 300	2 590
160	32	280	850	1 700	450	1 350	2 690

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in 0- oder X-Anordnung – Reihen 719 .. D



Lager- bohrung	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup>							
		719 CD, 719 CD/HC für Vorspannungsklasse				719 ACD, 719 ACD/HC für Vorspannungsklasse			
d		A	B	C	D	A	B	C	D
mm	–	N							
10	00	10	20	40	80	15	30	60	120
12	01	10	20	40	80	15	30	60	120
15	02	15	30	60	120	25	50	100	200
17	03	15	30	60	120	25	50	100	200
20	04	25	50	100	200	35	70	140	280
25	05	25	50	100	200	40	80	160	320
30	06	25	50	100	200	40	80	160	320
35	07	35	70	140	280	60	120	240	480
40	08	45	90	180	360	70	140	280	560
45	09	50	100	200	400	80	160	320	640
50	10	50	100	200	400	80	160	320	640
55	11	70	140	280	560	120	240	480	960
60	12	70	140	280	560	120	240	480	960
65	13	80	160	320	640	120	240	480	960
70	14	130	260	520	1 040	200	400	800	1 600
75	15	130	260	520	1 040	210	420	840	1 680
80	16	140	280	560	1 120	220	440	880	1 760
85	17	170	340	680	1 360	270	540	1 080	2 160
90	18	180	360	720	1 440	280	560	1 120	2 240
95	19	190	380	760	1 520	290	580	1 160	2 320
100	20	230	460	920	1 840	360	720	1 440	2 880
105	21	230	460	920	1 840	360	720	1 440	2 880
110	22	230	460	920	1 840	370	740	1 480	2 960
120	24	290	580	1 160	2 320	450	900	1 800	3 600
130	26	350	700	1 400	2 800	540	1 080	2 160	4 320
140	28	360	720	1 440	2 880	560	1 120	2 240	4 480
150	30	470	940	1 880	3 760	740	1 480	2 960	5 920
160	32	490	980	1 960	3 920	800	1 600	3 200	6 400
170	34	500	1 000	2 000	4 000	800	1 600	3 200	6 400
180	36	630	1 260	2 520	5 040	1 000	2 000	4 000	8 000
190	38	640	1 280	2 560	5 120	1 000	2 000	4 000	8 000
200	40	800	1 600	3 200	6 400	1 250	2 500	5 000	10 000
220	44	850	1 700	3 400	6 800	1 300	2 600	5 200	10 400
240	48	860	1 720	3 440	6 880	1 350	2 700	5 400	10 800
260	52	1 050	2 100	4 200	8 400	1 650	3 300	6 600	13 200
280	56	1 090	2 180	4 360	8 720	1 700	3 400	6 800	13 600
300	60	1 400	2 800	5 600	11 200	2 200	4 400	8 800	17 600
320	64	1 400	2 800	5 600	11 200	2 200	4 400	8 800	17 600
340	68	1 460	2 920	5 840	11 680	2 300	4 600	9 200	18 400
360	72	1 460	2 920	5 840	11 680	2 300	4 600	9 200	18 400

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Tabelle 11b

Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in 0- oder X-Anordnung – Reihen 70 .. D



Bohrung d	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup>							
		70 CD, 70 CD/HC für Vorspannungsklasse				70 ACD, 70 ACD/HC für Vorspannungsklasse			
		A	B	C	D	A	B	C	D
mm	–	N							
6	6	7	13	25	50	12	25	50	100
7	7	9	18	35	70	15	30	60	120
8	8	11	22	45	90	20	40	80	160
9	9	12	25	50	100	22	45	90	180
10	00	15	30	60	120	25	50	100	200
12	01	15	30	60	120	25	50	100	200
15	02	20	40	80	160	30	60	120	240
17	03	25	50	100	200	40	80	160	320
20	04	35	70	140	280	50	100	200	400
25	05	35	70	140	280	60	120	240	480
30	06	50	100	200	400	90	180	360	720
35	07	60	120	240	480	90	180	360	720
40	08	60	120	240	480	100	200	400	800
45	09	110	220	440	880	170	340	680	1 360
50	10	110	220	440	880	180	360	720	1 440
55	11	150	300	600	1 200	230	460	920	1 840
60	12	150	300	600	1 200	240	480	960	1 920
65	13	160	320	640	1 280	240	480	960	1 920
70	14	200	400	800	1 600	300	600	1 200	2 400
75	15	200	400	800	1 600	310	620	1 240	2 480
80	16	240	480	960	1 920	390	780	1 560	3 120
85	17	250	500	1 000	2 000	400	800	1 600	3 200
90	18	300	600	1 200	2 400	460	920	1 840	3 680
95	19	310	620	1 240	2 480	480	960	1 920	3 840
100	20	310	620	1 240	2 480	500	1 000	2 000	4 000
105	21	360	720	1 440	2 880	560	1 120	2 240	4 480
110	22	420	840	1 680	3 360	650	1 300	2 600	5 200
120	24	430	860	1 720	3 440	690	1 380	2 760	5 520
130	26	560	1 120	2 240	4 480	900	1 800	3 600	7 200
140	28	570	1 140	2 280	4 560	900	1 800	3 600	7 200
150	30	650	1 300	2 600	5 200	1 000	2 000	4 000	8 000
160	32	730	1 460	2 920	5 840	1 150	2 300	4 600	9 200
170	34	800	1 600	3 200	6 400	1 250	2 500	5 000	10 000
180	36	900	1 800	3 600	7 200	1 450	2 900	5 800	11 600
190	38	950	1 900	3 800	7 600	1 450	2 900	5 800	11 600
200	40	1 100	2 200	4 400	8 800	1 750	3 500	7 000	14 000
220	44	1 250	2 500	5 000	10 000	2 000	4 000	8 000	16 000
240	48	1 300	2 600	5 200	10 400	2 050	4 100	8 200	16 400
260	52	1 550	3 100	6 200	12 400	2 480	4 960	9 920	19 840

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in O- oder X-Anordnung – Reihen 719 .. E

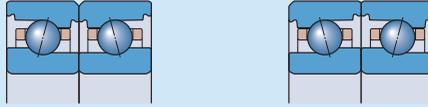


Bohrung d	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup>					
		719 CE, 719 CE/HC für Vorspannungsklasse			719 ACE, 719 ACE/HC für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N					
8	8	9	27	55	15	46	91
9	09	11	32	64	17	50	100
10	00	11	32	65	17	50	100
12	01	11	34	68	18	55	110
15	02	17	51	102	28	84	170
17	03	18	54	108	29	87	175
20	04	26	79	157	42	130	250
25	05	28	85	170	45	140	270
30	06	30	90	180	48	145	290
35	07	41	125	250	66	200	400
40	08	52	157	315	84	250	505
45	09	55	166	331	88	265	529
50	10	69	210	410	110	330	660
55	11	83	250	500	133	400	800
60	12	87	262	523	139	418	836
65	13	89	266	532	142	425	850
70	14	120	360	710	190	570	1 130
75	15	120	361	722	192	577	1 150
80	16	123	370	740	195	590	1 170
85	17	160	479	957	255	765	1 529
90	18	163	488	977	260	780	1 560
95	19	166	500	995	265	795	1 590
100	20	208	624	1 250	332	996	1 990
110	22	220	650	1 300	340	1 030	2 070
120	24	250	760	1 530	410	1 220	2 440

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Tabelle 12b

Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in 0- oder X-Anordnung – Reihen 70 .. E



Bohrung d	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup>					
		70 CE, 70 CE/HC für Vorspannungsklasse			70 ACE, 70 ACE/HC für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N					
6	6	10	25	50	14	41	82
7	7	10	30	60	17	50	100
8	8	15	35	75	20	60	120
9	09	15	40	80	23	65	130
10	00	15	48	95	26	80	160
12	01	17	53	110	28	85	170
15	02	25	70	140	38	115	230
17	03	30	90	185	50	150	300
20	04	40	120	235	64	193	390
25	05	45	130	260	70	210	430
30	06	50	150	300	80	240	480
35	07	60	180	370	100	300	590
40	08	65	200	390	105	310	630
45	09	70	210	410	110	330	660
50	10	85	250	500	130	400	800
55	11	90	270	540	140	430	860
60	12	92	275	550	150	440	870
65	13	110	330	650	170	520	1 040
70	14	130	380	760	200	610	1 220
75	15	140	420	840	220	670	1 340
80	16	180	550	1 090	280	850	1 700
85	17	185	560	1 110	290	890	1 780
90	18	190	580	1 150	300	920	1 840
95	19	230	700	1 400	380	1 130	2 270
100	20	240	720	1 440	390	1 150	2 310
110	22	250	760	1 520	400	1 210	2 420
120	24	310	930	1 850	490	1 480	2 950

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in 0- oder X-Anordnung – Reihen 719 .. B



Bohrung d	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup> 719 CB, 719 CB/HC für Vorspannungsklasse			719 ACB, 719 ACB/HC für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N					
30	06	16	32	96	27	54	160
35	07	17	34	100	29	58	175
40	08	18	36	110	31	62	185
45	09	24	48	145	41	82	245
50	10	26	52	155	43	86	260
55	11	33	66	200	55	110	330
60	12	34	68	205	57	115	340
65	13	35	70	210	60	120	360
70	14	45	90	270	75	150	450
75	15	46	92	275	80	160	480
80	16	52	105	310	87	175	520
85	17	54	110	325	93	185	560
90	18	59	120	355	100	200	600
95	19	60	120	360	105	210	630
100	20	72	145	430	125	250	750
110	22	86	170	515	145	290	870
120	24	90	180	540	155	310	930

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Tabelle 13b

Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in 0- oder X-Anordnung – Reihen 70 .. B



Bohrung d	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup> 70 CB, 70 CB /HC für Vorspannungsklasse			70 ACB, 70 ACB/HC für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N					
30	06	21	42	125	36	72	215
35	07	23	46	140	38	76	230
40	08	24	48	145	41	82	245
45	09	31	62	185	54	110	330
50	10	33	66	200	56	110	330
55	11	46	92	275	78	155	470
60	12	48	96	290	80	160	480
65	13	49	98	295	85	170	510
70	14	64	130	390	110	220	660
75	15	65	130	390	115	230	690
80	16	78	155	470	150	300	900
85	17	80	160	480	150	300	900
90	18	92	185	550	160	320	960
95	19	94	190	570	165	330	990
100	20	96	190	570	165	330	990
110	22	125	250	750	210	420	1 260
120	24	130	260	780	220	440	1 320

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Axiale Vorspannung von Einzel-Universallagern für den paarweisen Einbau und für zusammengepasste Lagersätze, vor dem Einbau, in 0- oder X-Anordnung – Reihen 72 .. D



Bohrung d	Größe	Axiale Vorspannung von Lagern der Reihen <sup>1)</sup> 72 CD, 72 CD/HC für Vorspannungsklasse				72 ACD, 72 ACD/HC für Vorspannungsklasse			
		A	B	C	D	A	B	C	D
mm	–	N							
7	7	12	24	48	96	18	36	72	144
8	8	14	28	56	112	22	44	88	176
9	9	15	30	60	120	25	50	100	200
10	00	17	34	68	136	27	54	108	216
12	01	22	44	88	176	35	70	140	280
15	02	30	60	120	240	45	90	180	360
17	03	35	70	140	280	60	120	240	480
20	04	45	90	180	360	70	140	280	560
25	05	50	100	200	400	80	160	320	640
30	06	90	180	360	720	150	300	600	1 200
35	07	120	240	480	960	190	380	760	1 520
40	08	125	250	500	1 000	200	400	800	1 600
45	09	160	320	640	1 280	260	520	1 040	2 080
50	10	170	340	680	1 360	265	530	1 060	2 120
55	11	210	420	840	1 680	330	660	1 320	2 640
60	12	215	430	860	1 720	350	700	1 400	2 800
65	13	250	500	1 000	2 000	400	800	1 600	3 200
70	14	260	520	1 040	2 080	420	840	1 680	3 360
75	15	270	540	1 080	2 160	430	860	1 720	3 440
80	16	320	640	1 280	2 560	520	1 040	2 080	4 160
85	17	370	740	1 480	2 960	600	1 200	2 400	4 800
90	18	480	960	1 920	3 840	750	1 500	3 000	6 000
95	19	520	1 040	2 080	4 160	850	1 700	3 400	6 800
100	20	590	1 180	2 360	4 720	950	1 900	3 800	7 600
105	21	650	1 300	2 600	5 200	1 000	2 000	4 000	8 000
110	22	670	1 340	2 680	5 360	1 050	2 100	4 200	8 400
120	24	750	1 500	3 000	6 000	1 200	2 400	4 800	9 600
130	26	810	1 620	3 240	6 480	1 300	2 600	5 200	10 400
140	28	850	1 700	3 400	6 800	1 350	2 700	5 400	10 800

<sup>1)</sup> Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

Tabelle 15

## Beiwerte zur Berechnung der Vorspannung in einem Lagersatz

Anzahl der Lager	Anordnung	Nachsetzzeichen	Faktor für Vorspannungsklasse	
			A, B, C und D	L, M und F
3	Tandem-O-Tandem-Anordnung	TBT	1,35	1
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	TFT	1,35	1
4	Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBT	1,6	1
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFT	1,6	1
	Tandem-O-Anordnung	QBC	2	2
	Tandem-X-Anordnung	QFC	2	2
5	Tandem-O-Tandem-Anordnung	PBT	1,75	1
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	PFT	1,75	1
	Tandem-O-Anordnung	PBC	2,45	2
	Tandem-X-Anordnung	PFC	2,45	2

2

Tabelle 16

## Ausgewählte Möglichkeiten für eine (leichte) Vorspannung in einem zusammengepassten Satz von Lagern des Typs 7014 CE

Anzahl der Lager	Anordnung	Vorspannung im zusammengepassten Satz, vor dem Einbau			
		maximale Steifigkeit		maximale Drehzahl	
		Nachsetzzeichen	Vorspannung	Nachsetzzeichen	Vorspannung
–	–	–	N	–	N
2	O-Anordnung	DBA	130	–	–
	X-Anordnung	DFA	130	–	–
3	Tandem-O-Tandem-Anordnung	TBTA	175,5	TBTL	130
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	TFTA	175,5	TFTL	130
4	Tandem-O-Anordnung	QBCA	260	–	–
	Tandem-X-Anordnung	QFCA	260	–	–
	Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBTA	208	QBTL	130
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFTA	208	QFTL	130

Für symmetrische Anordnungen gilt: Vorspannungsklasse A = Vorspannungsklasse L, d.h. es gibt kein Nachsetzzeichen DBL. Nähere Angaben über Lagersätze mit fünf Lagern erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

## Vorspannung in eingebauten Lagersätzen

Die Vorspannung von Universallagern für den satzweisen Einbau und von zusammengepass-ten Lagersätzen kann nach dem Einbau höher sein als die voreingestellte Vorspannung, die bei der Herstellung festgelegt wird. Das Maß der Vorspannungserhöhung hängt in erster Linie von den tatsächlichen Toleranzen für Wellen- und Gehäuse-sitze ab, und davon, ob diese in einer festen Passung mit den Lagerringen resultieren.

Eine Erhöhung der Vorspannung kann u. a. durch geometrische Abweichungen zwischen den Anschulsteilen bedingt werden, z. B. Zylind-rität, Rechtwinkligkeit oder Rundlauf der Lagersitze.

Im Betrieb kann eine zusätzlich erhöhte Vor-spannung auch auf folgende Ursachen zurückgehen:

- bei Anordnungen mit konstanter Position die durch die Wellendrehzahl bedingte Fliehkraft
- Temperaturunterschiede zwischen Innenring, Außenring und Kugeln
- unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizi-enten von Welle und Gehäuse im Vergleich zu Lagerstahl

Bei Lagereinbau auf einer Stahlwelle ohne Pas-sungskräfte und in einem dickwandigen Stahl-oder Graugussgehäuse lässt sich die Vorspan-nung mit ausreichender Genauigkeit wie folgt bestimmen

$$G_m = f f_1 f_2 f_{HC} G_{A,B,C,D}$$

Hierin sind

$G_m$  = Vorspannung im eingebauten Lagersatz [N]

$G_{A,B,C,D}$  = vordefinierte Vorspannung im Lagersatz vor dem Einbau [N] (→ **Tabelle 10 bis 14, Seite 153 bis 160**)

$f$  = Lagerbeiwert, abhängig von Lagerreihe und Größe (→ **Tabelle 17**)

$f_1$  = Korrekturfaktor, abhängig vom Berührungswinkel (→ **Tabelle 18, Seite 164**)

$f_2$  = Korrekturfaktor, abhängig von der Vorspannungsklasse (→ **Tabelle 18**)

$f_{HC}$  = Korrekturfaktor für Hybridlager (→ **Tabelle 18**)

Bei sehr schnell umlaufenden Spindeln, bei denen Fliehkräfte den Innenring von seinem Wellensitz lösen können, ist eventuell eine erheblich festere Passung erforderlich. Die Vor-spannung für diese Lageranordnungen muss sorgfältig bestimmt werden. In solchen Fällen empfiehlt es sich jedoch, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

### Berechnungsbeispiel

Welche Vorspannung bildet sich in einem zusammengepassten Lagersatz 71924 CD/P4ADBC nach dem Einbau?

Die vordefinierte Vorspannung für einen Satz aus zwei Lagern der Reihe 719 CD beträgt vor dem Einbau bei der Vorspannungsklasse C und Größe 24  $G_C = 1\ 160\ \text{N}$  (→ **Tabelle 11, Seite 154**).

Bei dem Lagerbeiwert  $f = 1,26$  (→ **Tabelle 17**) und den Korrekturfaktoren  $f_1 = 1$  und  $f_2 = 1,09$  (→ **Tabelle 18, Seite 164**) liegt die Vorspannung des eingebauten Lagersatzes bei

$$\begin{aligned} G_m &= f f_1 f_2 G_C \\ &= 1,26 \times 1 \times 1,09 \times 1\ 160 \\ &\approx 1\ 590\ \text{N} \end{aligned}$$

Tabelle 17

## Lagerfaktor f zur Berechnung der Vorspannung in eingebauten Lagersätzen



Bohrung d	Größe	Lagerfaktor von Lagern der Reihen				70 .. D	70 .. E	70 .. B	72 .. D
		718 .. D	719 .. D	719 .. E	719 .. B				
mm	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	6	–	–	–	–	1,01	1,02	–	–
7	7	–	–	–	–	1,02	1,02	–	1,02
8	8	–	–	1,02	–	1,02	1,02	–	1,02
9	9	–	–	1,03	–	1,03	1,02	–	1,02
10	00	1,05	1,03	1,03	–	1,03	1,03	–	1,02
12	01	1,06	1,04	1,04	–	1,03	1,02	–	1,02
15	02	1,08	1,05	1,04	–	1,03	1,03	–	1,03
17	03	1,1	1,05	1,05	–	1,04	1,04	–	1,03
20	04	1,08	1,05	1,04	–	1,03	1,04	–	1,03
25	05	1,11	1,07	1,06	–	1,05	1,05	–	1,03
30	06	1,14	1,08	1,08	1,07	1,06	1,05	1,03	1,05
35	07	1,18	1,1	1,05	1,06	1,06	1,06	1,04	1,05
40	08	1,23	1,09	1,05	1,06	1,06	1,06	1,04	1,05
45	09	1,24	1,11	1,09	1,08	1,09	1,06	1,05	1,07
50	10	1,3	1,13	1,15	1,09	1,11	1,08	1,06	1,08
55	11	1,27	1,15	1,16	1,09	1,1	1,07	1,06	1,08
60	12	1,3	1,17	1,13	1,11	1,12	1,08	1,06	1,07
65	13	1,28	1,2	1,19	1,13	1,13	1,09	1,07	1,07
70	14	1,32	1,19	1,14	1,1	1,12	1,09	1,07	1,08
75	15	1,36	1,21	1,16	1,11	1,14	1,1	1,08	1,08
80	16	1,41	1,24	1,19	1,13	1,13	1,1	1,07	1,09
85	17	1,31	1,2	1,16	1,11	1,15	1,11	1,08	1,08
90	18	1,33	1,23	1,19	1,12	1,14	1,1	1,07	1,09
95	19	1,36	1,26	1,18	1,13	1,15	1,11	1,07	1,09
100	20	1,4	1,23	1,18	1,11	1,16	1,12	1,08	1,09
105	21	1,44	1,25	–	–	1,15	–	–	1,08
110	22	1,34	1,26	1,2	1,14	1,14	1,1	1,07	1,08
120	24	1,41	1,26	1,18	1,13	1,17	1,12	1,08	1,08
130	26	1,34	1,25	–	–	1,15	–	–	1,09
140	28	1,43	1,29	–	–	1,16	–	–	1,09
150	30	1,37	1,24	–	–	1,16	–	–	–
160	32	1,42	1,27	–	–	1,16	–	–	–
170	34	–	1,3	–	–	1,14	–	–	–
180	36	–	1,25	–	–	1,13	–	–	–
190	38	–	1,27	–	–	1,14	–	–	–
200	40	–	1,23	–	–	1,14	–	–	–
220	44	–	1,28	–	–	1,13	–	–	–
240	48	–	1,32	–	–	1,15	–	–	–
260	52	–	1,24	–	–	1,13	–	–	–
280	56	–	1,27	–	–	–	–	–	–
300	60	–	1,22	–	–	–	–	–	–
320	64	–	1,24	–	–	–	–	–	–
340	68	–	1,27	–	–	–	–	–	–
360	72	–	1,29	–	–	–	–	–	–

## Korrekturfaktoren zur Berechnung der Vorspannung in eingebauten Lagersätzen

Lagerreihe	Korrekturbeiwerte					$f_{HC}$
	$f_1$	$f_2$ für Vorspannungsklasse	A	B	C	
718 CD	1	1	1,09	1,16	–	1
718 ACD	0,97	1	1,08	1,15	–	1
718 CD/HC	1	1	1,1	1,18	–	1,02
718 ACD/HC	0,97	1	1,09	1,17	–	1,02
719 CD	1	1	1,04	1,09	1,15	1
719 ACD	0,98	1	1,04	1,08	1,14	1
719 CD/HC	1	1	1,07	1,12	1,18	1,04
719 ACD/HC	0,98	1	1,07	1,12	1,17	1,04
719 CE	1	1	1,04	1,08	–	1
719 ACE	0,99	1	1,04	1,07	–	1
719 CE/HC	1	1	1,05	1,09	–	1,01
719 ACE/HC	0,98	1	1,04	1,08	–	1,01
719 CB	1	1	1,02	1,07	–	1
719 ACB	0,99	1	1,02	1,07	–	1
719 CB/HC	1	1	1,03	1,08	–	1,01
719 ACB/HC	0,99	1	1,02	1,08	–	1,01
70 CD	1	1	1,02	1,05	1,09	1
70 ACD	0,99	1	1,02	1,05	1,08	1
70 CD/HC	1	1	1,02	1,05	1,09	1,02
70 ACD/HC	0,99	1	1,02	1,05	1,08	1,02
70 CE	1	1	1,03	1,05	–	1
70 ACE	0,99	1	1,03	1,06	–	1
70 CE/HC	1	1	1,03	1,05	–	1,01
70 ACE/HC	0,99	1	1,03	1,06	–	1,01
70 CB	1	1	1,02	1,05	–	1
70 ACB	0,99	1	1,01	1,04	–	1
70 CB/HC	1	1	1,02	1,05	–	1,01
70 ACB/HC	0,99	1	1,02	1,05	–	1,01
72 CD	1	1	1,01	1,03	1,05	1
72 ACD	0,99	1	1,01	1,02	1,05	1
72 CD/HC	1	1	1,01	1,03	1,06	1,01
72 ACD/HC	0,99	1	1,01	1,03	1,06	1,01

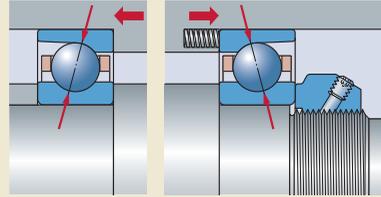
Das Nachsetzzeichen HC steht für ein Hybridlager. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Hybridlager*, Seite 133.

## Vorspannung mit konstanter Kraft

In Präzisionsanwendungen mit hohen Drehzahlen ist eine konstante und gleichmäßige Vorspannung zu gewährleisten. Dafür eignen sich kalibrierte, lineare Federn zwischen Lageraußenring und Gehäuseschulter (→ Bild 17). Unter normalen Betriebsbedingungen hat das kinematische Verhalten des federbelasteten Lagers keinen Einfluss auf die Vorspannung. Eine federbelastete Lageranordnung hat jedoch eine geringere Steifigkeit als eine Anordnung, bei der die Vorspannung über die axiale Verspannung eingestellt wird. Eine Vorspannung durch Federn ist die Norm für Spindeln in Innenschleifmaschinen.

Richtwerte für gängige federbelastete Lagerungen sind in → **Tabelle 19** angegeben. Die Werte beziehen sich auf Einzellager der Ausführungen CE und ACE. Für Lager in Tandem-Anordnungen sind die Werte mit der Anzahl der Lager zu multiplizieren, die mit Federkraft vorgespannt werden. Die angegebenen Federvorspannungskräfte sind ein Kompromiss aus einer möglichst geringen Berührungswinkeldifferenz zwischen Innen- und Außenringlaufbahnen und der axialen Steifigkeit bei hohen Drehzahlen. Höhere Vorspannungen führen zu höheren Betriebstemperaturen.

Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.


**Tabelle 19**
**Richtwerte für die Federvorspannung für die Lager der Reihen 70 .. E**

Lagerbohrung d	Größe	Vorspannung <sup>1)</sup>	
		Bauform CE	Bauform ACE
mm	–	N	
6	6	50	80
7	7	60	100
8	8	70	120
9	9	80	130
10	00	90	140
12	01	90	150
15	02	120	200
17	03	160	250
20	04	200	320
25	05	220	350
30	06	240	400
35	07	300	480
40	08	320	500
45	09	340	540
50	10	400	650
55	11	420	700
60	12	450	700
65	13	520	840
70	14	600	1 000
75	15	700	1 100
80	16	900	1 400
85	17	900	1 400
90	18	900	1 500
95	19	1 200	1 900
100	20	1 200	1 900
110	22	1 200	2 000
120	24	1 500	2 400

<sup>1)</sup> Für Einzellager der Bauformen CE und ACE.  
Für Lager in Tandem-Anordnung sind die Werte mit der Anzahl der Lager zu multiplizieren.

### Vorspannung durch axiale Vorspannung

Bei Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen, Spindel-einheiten und Bohrern sind die Steifigkeit und eine genaue Axialführung zentrale Parameter, insbesondere wenn entgegengesetzte Axialbelastungen wirken. In diesen Fällen wird die Vorspannung meist durch Anstellen der Lagerringe gegeneinander in axialer Richtung erreicht.

Diese Art der Einstellung verbessert die Systemsteifigkeit erheblich. Je nach Innenkonstruktion und Kugelmaterial eines Lagers erhöht sich die Vorspannung allerdings deutlich mit der Betriebsdrehzahl, was auf Fliehkräfte zurückzuführen ist.

Universallager für den satzweisen Einbau und zusammengepasste Lagersätze werden so gefertigt, dass bei fachgerechtem Einbau die erforderliche axiale Vorspannung und die korrekte Vorspannung erreicht werden (→ Bild 18). Bei Einzellagern sind Präzisionsabstandsringe zu verwenden.

### Individuelle Anpassung der Vorspannung

Bei Universallagern für den satzweisen Einbau und bei zusammengepassten Lagersätzen wird die Vorspannung serienmäßig von SKF voreingestellt. Bei bestimmten Betriebsbedingungen kann es jedoch erforderlich sein, die Vorspannung eines Lagersatzes zu optimieren. In diesen Fällen sollten die Lager nicht modifiziert werden, da dazu Spezialwerkzeuge und Fachwissen erforderlich ist und bei unsachgemäßem Vorgehen eine irreparable Beschädigung der Lager droht. Die Lageranpassung sollte ausschließlich in den SKF Spindel-Servicezentren erfolgen (→ [skf.com](http://skf.com)).

Es ist allerdings möglich, die Vorspannung durch Abstandsringe zwischen den Lagern in O- bzw. X-Anordnungen zu erhöhen oder zu verringern, wenn diese in Sätzen zu zwei oder mehr Lagern verwendet werden. Zwischen Lagern in Tandem-Anordnungen ist kein Abstandsring erforderlich.

Durch Beschleifen der Seitenfläche des inneren oder äußeren Abstandsrings lässt sich die Vorspannung anpassen.

**Tabelle 20** gibt an, welche Seitenflächen von gleich breiten Abstandsringen zu schleifen sind und welche Wirkung das Schleifen hat. Die erforderlichen Maßabweichungen für die Gesamtbreite der Abstandsringe finden Sie in den folgenden Tabellen:

- **Tabelle 21** (→ Seite 168) für Lager der Reihen 718 .. D
- **Tabelle 22** (→ Seite 169) für Lager der Reihen 719 .. D und 70 .. D
- **Tabelle 23** (→ Seite 170) für Lager der Reihen 719 .. E und 70 .. E
- **Tabelle 24** (→ Seite 171) für Lager der Reihen 719 .. B und 70 .. B
- **Tabelle 25** (→ Seite 172) für Lager der Reihen 72 .. D

Bild 18

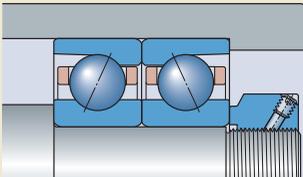


Tabelle 20

## Richtlinien zur Anpassung von Abstandsringen

Vorspannungsänderung des Lagersatzes	Breitenreduzierung Mehrwert-/ Lösungsverkauf	Erforderlicher Abstandsring zwischen den Lagern	
		O-Anordnung	X-Anordnung
<b>Erhöhung der Vorspannung</b>			
	Hierin ist		
von A nach B	a	innen	außen
von B nach C	b	innen	außen
von C nach D	c	innen	außen
von A nach C	a + b	innen	außen
von A nach D	a + b + c	innen	außen
<b>Verringerung der Vorspannung</b>			
	Hierin ist		
von B nach A	a	außen	innen
von C nach B	b	außen	innen
von D nach C	c	außen	innen
von C nach A	a + b	außen	innen
von D nach A	a + b + c	außen	innen

2

## Abstandsringe

Bei folgenden Bedingungen wird die Verwendung von Abstandsringen für Schrägkugellager empfohlen:

- Die Vorspannung im Lagersatz muss angepasst werden.
- Momentensteifigkeit und -tragfähigkeit sollten erhöht werden.
- Die Düsen für die Ölschmierung müssen so eng wie möglich an den Lagerlaufbahnen liegen.
- Zur Reduzierung der Reibungswärme im Lager wird für überschüssiges Fett ein ausreichend großes Reservoir benötigt.
- Bei hohen Betriebsdrehzahlen ist eine verbesserte Wärmeableitung über das Gehäuse erforderlich.

Die optimale Lagerfunktion lässt sich nur erreichen, wenn sich die Abstandsringe nicht bei Belastung deformieren, da sich sonst Formabweichungen auf die Vorspannung im Lagersatz auswirken. Daher sind immer die Richtlinien für die Wellen- und Gehäusetoleranzen zu berücksichtigen.

Die Abstandsringe müssen aus Qualitätsstahl gefertigt sein und (je nach Anwendungsfall) einen Härtegrad zwischen 45 und 60 HRC aufweisen. Die Fluchtung der Seitenflächen ist von besonders großer Bedeutung. Die zulässige Abweichung darf 1 bis 2  $\mu\text{m}$  nicht überschreiten.

Insofern die Vorspannung nicht angepasst zu werden braucht, sollte die Gesamtbreite der inneren und äußeren Abstandsringe gleich sein.

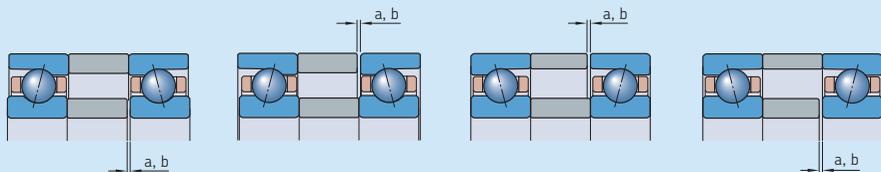
Das lässt sich am besten erreichen, wenn die Breite der konzentrischen inneren und äußeren Abstandsringe in einem einzigen Prozessschritt bearbeitet wird.

## Auswirkung der Drehzahl auf die Vorspannung

Durch Prüfungen mit Dehnungsmessern konnte SKF feststellen, dass sich die Vorspannung bei sehr hohen Drehzahlen spürbar erhöht. Dieser Effekt ist hauptsächlich auf die hohen Fliehkräfte im Lager zurückzuführen. Die Kräfte wirken auf die Kugeln und verändern deren Position in den Laufbahnen.

Verglichen mit Stahllagern nehmen Hybridlager (Lager mit Keramikugeln), aufgrund der niedrigeren Masse der Kugeln, deutlich höhere Drehzahlen ohne erhebliche Vorspannungszunahme auf.

Richtwerte für die Breitenreduzierung des Abstandsringes – 718 .. D



Erhöhung der Vorspannung  
(0-Anordnung)

Verringerung der Vorspannung  
(0-Anordnung)

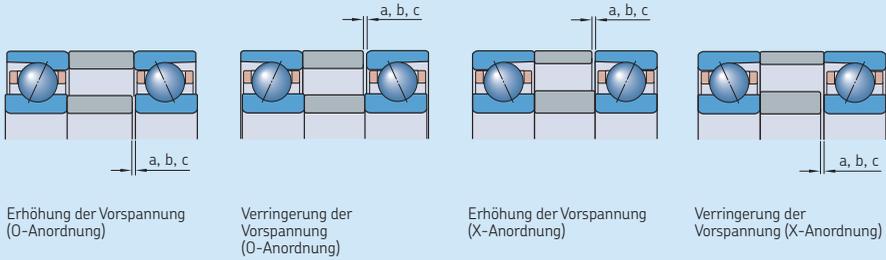
Erhöhung der Vorspannung  
(X-Anordnung)

Verringerung der Vorspannung  
(X-Anordnung)

Lager- bohrung	Größe	Erforderliche Verringerung des Zwischenrings für Lager der Reihe			
		718 CD Hierin ist		718 ACD Hierin ist	
d		a	b	a	b
mm	–	µm			
10	00	5	5	4	4
12	01	5	5	4	4
15	02	5	5	4	4
17	03	5	5	4	4
20	04	6	6	4	5
25	05	6	6	4	5
30	06	6	6	4	5
35	07	6	6	4	5
40	08	6	6	4	5
45	09	6	6	4	5
50	10	8	8	5	6
55	11	9	9	6	7
60	12	10	11	7	8
65	13	10	11	7	8
70	14	10	11	7	8
75	15	10	11	7	8
80	16	10	11	7	8
85	17	13	13	9	10
90	18	13	14	9	10
95	19	13	14	9	10
100	20	13	14	9	10
105	21	14	14	9	10
110	22	16	16	10	12
120	24	16	17	11	12
130	26	16	17	11	12
140	28	18	20	12	14
150	30	19	20	13	14
160	32	19	20	13	15

Tabelle 22

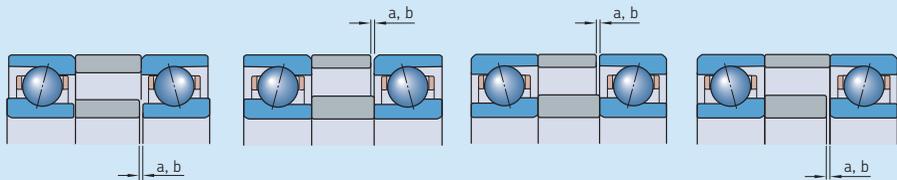
Richtwerte für die Breitenreduzierung des Abstandsringes – 719 .. D und 70 .. D



Lagerbohrung d	Größe	Erforderliche Verringerung des Zwischenringes für Lager der Reihe											
		719 CD Hierin ist			719 ACD Hierin ist			70 CD Hierin ist			70 ACD Hierin ist		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
mm	–	µm											
6	6	–	–	–	–	–	–	3	4	7	2	4	5
7	7	–	–	–	–	–	–	4	5	8	2	4	6
8	8	–	–	–	–	–	–	4	6	8	3	4	6
9	9	–	–	–	–	–	–	4	6	8	3	4	6
10	00	3	4	6	2	3	5	4	6	9	3	4	7
12	01	3	4	6	2	3	5	4	6	9	3	4	7
15	02	4	5	8	2	4	6	4	6	9	3	4	7
17	03	4	5	8	2	4	6	5	7	10	3	5	7
20	04	4	6	9	3	4	6	6	8	12	3	5	8
25	05	4	6	9	3	4	6	6	8	12	3	5	8
30	06	4	6	9	3	4	6	6	9	14	4	7	10
35	07	4	7	10	3	5	7	6	10	14	4	7	10
40	08	5	7	11	3	5	8	6	10	14	4	7	10
45	09	5	8	11	3	5	8	8	11	16	5	8	12
50	10	5	8	11	3	5	8	8	11	16	5	8	12
55	11	6	9	14	4	7	10	9	13	19	6	9	14
60	12	6	9	14	4	7	10	9	13	19	6	9	14
65	13	6	10	15	4	7	10	9	13	19	6	9	14
70	14	7	11	16	5	8	12	10	15	22	6	10	16
75	15	7	11	16	5	8	12	10	15	22	6	10	16
80	16	7	11	17	5	8	12	11	16	23	7	11	17
85	17	8	13	19	6	9	14	11	16	24	7	11	17
90	18	9	13	19	6	9	14	12	18	26	8	12	19
95	19	9	13	20	6	9	14	12	18	26	8	12	19
100	20	10	15	22	6	10	16	12	18	26	8	12	19
105	21	10	15	22	6	10	16	13	19	29	8	13	21
110	22	10	15	22	6	10	16	14	21	31	9	15	23
120	24	11	16	24	7	11	18	14	21	31	9	15	23
130	26	12	18	27	8	12	19	16	24	35	11	17	26
140	28	12	18	27	8	12	20	16	24	36	11	17	26
150	30	14	21	32	9	15	23	17	26	38	11	17	27
160	32	14	22	32	9	15	24	18	27	40	12	19	29
170	34	14	22	33	9	15	24	18	28	41	12	19	29
180	36	16	24	36	10	17	27	20	30	44	13	20	32
190	38	16	25	37	10	17	27	20	30	45	13	20	32
200	40	18	28	41	12	19	30	22	33	49	14	22	35
220	44	18	28	42	12	19	30	23	35	52	15	24	37
240	48	18	28	42	12	20	31	23	35	53	15	24	38
260	52	19	30	45	13	21	33	25	39	58	16	26	41
280	56	19	30	45	13	21	34	–	–	–	–	–	–
300	60	23	36	54	15	24	38	–	–	–	–	–	–
320	64	23	36	54	15	24	38	–	–	–	–	–	–
340	68	23	36	54	15	24	39	–	–	–	–	–	–
360	72	23	36	54	15	24	39	–	–	–	–	–	–



Richtwerte für die Breitenreduzierung des Abstandsringes – 719 .. E und 70 .. E



Erhöhung der Vorspannung (O-Anordnung)

Verringerung der Vorspannung (O-Anordnung)

Erhöhung der Vorspannung (X-Anordnung)

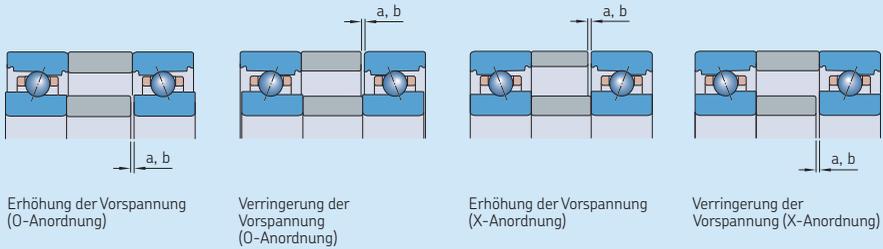
Verringerung der Vorspannung (X-Anordnung)

Lagerbohrung	Größe	Erforderliche Verringerung des Zwischenrings für Lager der Reihe <sup>1)</sup>							
		719 CE Hierin ist		719 ACE Hierin ist		70 CE Hierin ist		70 ACE Hierin ist	
d		a	b	a	b	a	b	a	b
mm	–	µm							
6	6	–	–	–	–	6	7	5	5
7	7	–	–	–	–	8	8	5	6
8	8	7	8	5	5	8	10	6	6
9	9	7	8	5	5	8	10	6	6
10	00	7	8	5	5	9	10	6	6
12	01	7	8	5	5	9	10	6	6
15	02	8	9	6	6	9	10	6	11
17	03	9	9	6	6	11	12	7	11
20	04	10	10	7	7	13	13	8	11
25	05	10	10	7	7	13	13	8	11
30	06	10	10	7	7	13	13	8	11
35	07	11	11	7	8	13	15	9	11
40	08	12	13	8	9	13	15	9	11
45	09	12	13	8	9	13	15	9	11
50	10	14	14	9	10	14	15	9	11
55	11	15	16	9	11	14	15	9	11
60	12	15	16	9	11	14	15	9	11
65	13	15	16	9	11	15	16	10	11
70	14	17	19	11	12	16	17	10	11
75	15	17	19	11	13	16	17	10	11
80	16	17	19	11	13	18	19	12	13
85	17	20	22	13	14	18	19	12	13
90	18	20	22	13	14	18	19	12	13
95	19	20	22	13	15	20	22	13	15
100	20	22	25	14	16	20	22	13	15
110	22	22	25	14	16	20	22	13	15
120	24	25	28	16	18	22	24	14	16

<sup>1)</sup> Angaben für Lager mit Berührungswinkel 18° auf Anfrage verfügbar.

Tabelle 24

Richtwerte für die Breitenreduzierung des Abstandsrings – 719 .. B und 70 .. B



Erhöhung der Vorspannung (O-Anordnung)

Verringerung der Vorspannung (O-Anordnung)

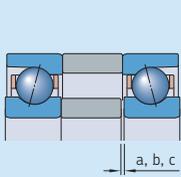
Erhöhung der Vorspannung (X-Anordnung)

Verringerung der Vorspannung (X-Anordnung)

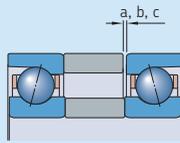
Lagerbohrung	Größe	Erforderliche Verringerung des Zwischenrings für Lager der Reihe <sup>1)</sup>							
		719 CB Hierin ist		719 ACB Hierin ist		70 CB Hierin ist		70 ACB Hierin ist	
d	–	a	b	a	b	a	b	a	b
mm	–	µm							
30	06	3	8	2	6	3	10	2	7
35	07	3	8	2	6	3	10	2	7
40	08	3	8	2	6	3	10	2	7
45	09	3	9	2	6	4	10	3	7
50	10	3	9	2	6	4	11	3	7
55	11	4	11	2	7	4	12	3	9
60	12	4	11	2	7	4	13	3	9
65	13	4	11	2	7	5	13	3	9
70	14	4	12	3	8	5	15	3	10
75	15	4	12	3	8	5	15	3	10
80	16	4	12	3	8	6	16	4	12
85	17	4	12	3	8	6	16	4	12
90	18	5	13	3	9	7	18	4	13
95	19	5	13	3	9	7	18	4	13
100	20	5	14	3	9	7	18	4	13
110	22	5	16	4	10	7	19	4	13
120	24	5	16	4	10	7	19	4	13

<sup>1)</sup> Angaben für Lager mit Berührungswinkel 18° auf Anfrage verfügbar.

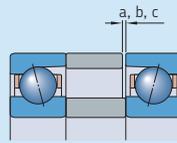
Richtwerte für die Breitenreduzierung des Abstandsrings – 72 .. D



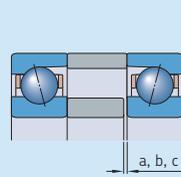
Erhöhung der Vorspannung (O-Anordnung)



Verringerung der Vorspannung (O-Anordnung)



Erhöhung der Vorspannung (X-Anordnung)



Verringerung der Vorspannung (X-Anordnung)

Lagerbohrung	Größe	Erforderliche Verringerung des Zwischenrings für Lager der Reihe					
		72 CD Hierin ist			72 ACD Hierin ist		
d		a	b	c	a	b	c
mm	–	µm					
7	7	4	5	8	2	4	6
8	8	4	6	9	3	4	7
9	9	4	6	9	3	4	7
10	00	4	6	9	3	4	7
12	01	5	7	10	3	5	7
15	02	6	8	12	4	5	8
17	03	6	9	13	4	6	10
20	04	6	10	14	4	6	10
25	05	6	10	14	4	6	10
30	06	8	11	16	5	8	12
35	07	9	13	19	6	9	14
40	08	9	13	19	6	9	14
45	09	10	15	21	7	10	16
50	10	10	15	21	7	10	16
55	11	11	16	24	7	11	18
60	12	11	16	24	7	11	18
65	13	12	18	26	8	13	19
70	14	12	18	26	8	13	19
75	15	12	18	26	8	13	19
80	16	13	19	28	9	14	21
85	17	14	21	30	9	14	22
90	18	16	24	37	11	17	26
95	19	17	26	38	12	18	28
100	20	19	28	40	12	19	30
105	21	19	29	42	13	20	30
110	22	19	29	42	13	20	30
120	24	21	31	45	14	21	33
130	26	21	31	45	14	21	33
140	28	21	31	45	14	21	33

## Axiale Steifigkeit

Die axiale Steifigkeit hängt davon ab, wie sich das Lager bei Belastung elastisch verformt. Sie wird als Verhältnis zwischen Belastung und Verformung angegeben. Da dieses Verhältnis nicht linear ist, lassen sich nur Richtwerte angeben. Die Werte sind in den folgenden Tabellen angegeben:

- **Tabelle 27 (→ Seite 174)** für Lager der Reihen 718 .. D
- **Tabelle 28 (→ Seite 176)** für Lager der Reihen 719 .. D und 70 .. D
- **Tabelle 29 (→ Seite 178)** für Lager der Reihen 719 .. E und 70 .. E
- **Tabelle 30 (→ Seite 180)** für Lager der Reihen 719 .. B und 70 .. B
- **Tabelle 31 (→ Seite 182)** für Lager der Reihen 72 .. D

Diese Werte beziehen sich auf Lagerpaare, die ohne Passungskräfte unter statischen Betriebsbedingungen und bei mittleren Belastungen auf einer Stahlwelle montiert sind.

Genauere Werte für die axiale Steifigkeit lassen sich mit komplexen Formeln berechnen. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Lagersätze aus drei oder vier Lagern sind bei gleich großen Lagern axial steifer als Sätze aus zwei Lagern. Die Richtwerte für die axiale Steifigkeit dieser Sätze lassen sich durch Multiplizieren der Werte aus den **Tabellen 27 bis 31** mit dem Faktor aus **Tabelle 26** berechnen.

Bei Hybridlagern lassen sich die Werte für axiale Steifigkeit genauso bestimmen wie bei Lagern mit Stahlkugeln. Das Ergebnis sollte dann jedoch mit dem Faktor 1,11 multipliziert werden (gilt für alle Anordnungen und Vorspannungsklassen).

Tabelle 26

**Beiwerte zur Berechnung der axialen Steifigkeit in einem Lagersatz**

Anzahl der Lager	Anordnung	Nachsetzzeichen	Faktor für Vorspannungsklasse	
			A, B, C und D	L, M und F
3	Tandem-O-Tandem-Anordnung	TBT	1,45	1,25
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	TFT	1,45	1,25
4	Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBT	1,8	1,45
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFT	1,8	1,45
	Tandem-O-Anordnung	QBC	2	2
	Tandem-X-Anordnung	QFC	2	2

Nähere Angaben über Lagersätze mit fünf Lagern erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

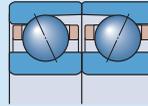
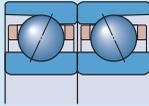
## Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 718 .. D



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen 718 CD für Vorspannungsklasse			718 ACD für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N/μm					
10	00	13	22	32	30	47	65
12	01	15	25	37	34	54	72
15	02	17	30	43	40	63	85
17	03	18	31	45	43	67	90
20	04	22	38	55	52	83	112
25	05	26	44	64	60	95	128
30	06	29	49	72	69	106	144
35	07	32	56	82	76	119	161
40	08	36	61	90	83	130	178
45	09	38	65	95	87	139	189
50	10	47	81	119	107	168	231
55	11	53	91	135	124	195	268
60	12	59	103	152	141	222	306
65	13	61	105	155	144	227	312
70	14	65	112	166	152	241	332
75	15	69	119	177	162	257	355
80	16	74	128	191	171	274	379
85	17	79	137	202	189	296	406
90	18	82	142	210	194	307	420
95	19	85	147	218	200	316	436
100	20	90	156	231	211	335	462
105	21	96	167	250	220	353	488
110	22	99	173	256	236	377	518
120	24	112	196	291	262	417	576
130	26	119	202	296	278	439	603
140	28	130	226	336	306	489	675
150	30	136	236	346	323	512	702
160	32	147	256	379	352	556	764



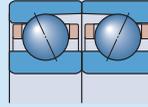
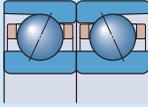
Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 719 .. D



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen 719 CD für Vorspannungsklasse				719 ACD für Vorspannungsklasse			
		A	B	C	D	A	B	C	D
mm	–	N/μm							
10	00	12	16	22	32	29	38	49	65
12	01	13	17	23	33	31	39	52	69
15	02	16	21	29	41	40	51	67	88
17	03	16	22	30	43	42	54	70	93
20	04	22	29	40	56	51	65	85	113
25	05	24	32	44	62	60	78	101	134
30	06	26	35	47	67	65	83	109	145
35	07	32	42	58	82	81	105	137	183
40	08	36	48	66	93	89	115	151	199
45	09	40	53	73	103	100	129	168	225
50	10	43	57	78	110	105	137	180	240
55	11	49	65	89	126	124	161	211	282
60	12	50	67	92	130	128	166	218	292
65	13	56	75	104	148	136	176	232	311
70	14	76	104	147	215	180	235	314	428
75	15	80	110	156	228	194	255	340	464
80	16	85	117	167	246	204	267	358	490
85	17	89	122	172	251	214	281	374	509
90	18	94	129	183	268	224	293	392	536
95	19	101	139	198	291	240	315	420	576
100	20	107	147	209	306	255	336	449	613
105	21	110	151	215	316	263	346	463	633
110	22	113	156	221	325	274	359	482	661
120	24	127	174	246	361	302	396	529	724
130	26	137	188	266	391	325	427	570	780
140	28	146	201	286	420	348	457	614	841
150	30	154	211	297	435	370	485	648	882
160	32	166	227	321	471	402	530	710	970
170	34	171	236	334	493	415	546	731	1002
180	36	183	250	353	516	442	581	774	1055
190	38	189	260	367	538	455	599	798	1090
200	40	202	275	387	565	484	635	845	1148
220	44	224	306	434	635	533	699	934	1275
240	48	237	325	461	678	584	767	1029	1412
260	52	249	339	475	688	616	807	1071	1455
280	56	266	363	509	741	659	867	1154	1572
300	60	272	369	514	741	663	866	1146	1548
320	64	281	380	530	765	683	892	1183	1599
340	68	300	408	571	827	739	967	1284	1742
360	72	309	420	588	853	754	987	1311	1779

Tabelle 28b

Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 70 .. D



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen				70 ACD für Vorspannungsklasse			
		70 CD für Vorspannungsklasse				A	B	C	D
mm	–	N/μm							
6	6	8	10	13	18	19	26	33	44
7	7	9	12	16	22	22	28	37	49
8	8	10	14	19	26	27	35	45	60
9	9	11	15	21	29	30	39	51	67
10	00	13	17	23	33	32	41	54	71
12	01	14	18	25	35	34	44	57	76
15	02	17	23	31	44	41	53	69	92
17	03	19	26	35	50	48	62	81	107
20	04	23	30	42	59	54	69	90	120
25	05	25	33	46	64	64	83	108	143
30	06	30	40	55	77	79	102	133	176
35	07	36	47	64	90	86	110	144	190
40	08	38	51	69	96	96	124	162	214
45	09	56	76	107	155	132	173	229	309
50	10	58	79	111	161	141	184	244	331
55	11	67	91	128	186	159	207	275	372
60	12	70	95	133	193	168	219	291	393
65	13	74	101	143	207	174	227	302	409
70	14	81	111	156	227	191	249	330	447
75	15	84	115	162	235	200	262	347	471
80	16	92	125	175	254	223	291	386	523
85	17	97	132	185	268	233	304	405	549
90	18	103	141	198	287	245	321	425	575
95	19	108	148	208	302	258	337	448	607
100	20	112	153	215	312	270	355	472	640
105	21	117	159	223	324	279	365	484	655
110	22	122	166	232	337	290	379	503	681
120	24	131	179	251	364	318	416	552	749
130	26	145	198	277	400	353	460	610	826
140	28	151	206	289	418	364	477	633	856
150	30	163	221	310	449	388	506	671	909
160	32	171	233	327	472	414	540	717	968
170	34	179	243	339	488	433	563	744	1 003
180	36	186	251	349	501	456	593	782	1 052
190	38	196	266	370	532	471	613	809	1 088
200	40	208	280	389	556	509	660	871	1 170
220	44	222	300	415	592	546	710	935	1 254
240	48	234	316	438	627	571	743	979	1 315
260	52	250	336	464	660	617	801	1 053	1 409

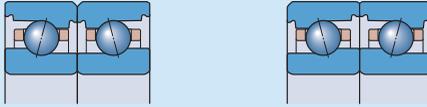
## Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 719 .. E



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen 719 CE für Vorspannungsklasse			719 ACE für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N/μm					
8	8	8	13	18	21	32	41
9	9	10	16	21	25	37	48
10	00	10	16	22	25	37	48
12	01	11	17	23	27	41	53
15	02	13	21	29	34	51	66
17	03	14	23	31	35	55	71
20	04	18	28	39	47	69	88
25	05	20	32	44	51	77	100
30	06	23	35	49	55	85	111
35	07	28	43	59	69	104	136
40	08	32	49	67	78	117	153
45	09	34	53	73	85	127	166
50	10	38	61	83	96	145	190
55	11	42	67	92	105	160	210
60	12	47	73	100	115	173	228
65	13	47	76	105	120	181	238
70	14	52	83	113	131	197	258
75	15	54	86	118	137	205	269
80	16	56	89	123	141	214	281
85	17	63	99	136	157	237	311
90	18	65	102	141	164	247	324
95	19	68	107	147	170	256	338
100	20	73	116	160	187	280	367
110	22	80	126	174	199	301	397
120	24	82	129	179	207	312	411

Tabelle 29b

Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 70 .. E



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen 70 CE für Vorspannungsklasse			70 ACE für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N/μm					
6	6	8	12	16	19	28	37
7	7	8	13	18	21	31	41
8	8	10	14	20	23	34	45
9	9	11	16	22	26	38	50
10	00	12	19	26	31	47	61
12	01	13	21	30	34	50	66
15	02	16	25	34	40	59	66
17	03	18	28	39	46	68	89
20	04	21	32	44	52	78	102
25	05	24	37	50	59	89	117
30	06	28	44	60	71	105	138
35	07	31	49	67	79	119	154
40	08	34	54	73	87	129	169
45	09	38	59	79	94	140	183
50	10	42	65	88	104	156	204
55	11	46	72	98	116	174	226
60	12	48	75	101	122	180	235
65	13	53	83	112	132	198	259
70	14	57	88	120	143	215	280
75	15	65	102	140	161	243	318
80	16	72	114	157	178	268	352
85	17	75	118	163	186	281	369
90	18	79	125	171	196	297	389
95	19	84	133	184	212	319	420
100	20	88	138	191	220	330	435
110	22	94	149	204	237	356	466
120	24	104	164	225	259	391	512

2

## Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 719 .. B



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen 719 CB für Vorspannungsklasse			719 ACB für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N/μm					
30	06	20	27	43	53	68	102
35	07	23	29	47	59	75	114
40	08	25	32	52	65	83	124
45	09	28	37	60	74	95	143
50	10	31	40	65	79	102	155
55	11	34	45	73	88	114	172
60	12	36	48	77	94	122	182
65	13	38	51	81	100	129	195
70	14	44	57	91	112	144	218
75	15	46	60	96	120	155	234
80	16	49	64	103	126	163	246
85	17	52	68	109	136	174	264
90	18	53	70	112	139	178	270
95	19	56	73	117	147	188	286
100	20	60	79	125	157	202	306
110	22	66	87	140	174	221	338
120	24	71	94	150	188	243	366

Tabelle 30b

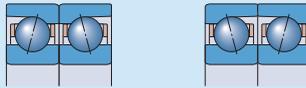
Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 70 .. B



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen 70 CB für Vorspannungsklasse			70 ACB für Vorspannungsklasse		
		A	B	C	A	B	C
mm	–	N/μm					
30	06	22	29	46	58	74	111
35	07	25	33	52	64	82	124
40	08	28	36	57	71	92	138
45	09	31	40	64	79	103	157
50	10	33	43	69	87	110	165
55	11	38	50	80	100	128	194
60	12	41	54	86	107	135	204
65	13	41	54	85	107	138	208
70	14	47	63	99	123	159	239
75	15	50	65	104	133	169	255
80	16	52	68	109	144	182	276
85	17	54	71	112	148	188	284
90	18	54	71	112	142	183	275
95	19	56	74	117	147	190	286
100	20	58	76	120	152	194	294
110	22	71	93	147	184	236	355
120	24	75	98	156	197	252	379

2

Statische axiale Steifigkeit für zwei Lager in O- oder X-Anordnung – 72 .. D



Lager- bohrung d	Größe	Statische axiale Steifigkeit von Lagern der Reihen 72 CD für Vorspannungsklasse				72 ACD für Vorspannungsklasse			
		A	B	C	D	A	B	C	D
mm	–	N/μm							
7	7	11	15	21	30	27	35	46	61
8	8	12	15	21	30	28	36	48	63
9	9	13	17	23	33	32	41	54	71
10	00	14	19	26	37	35	45	59	78
12	01	16	22	30	42	41	52	68	90
15	02	19	26	35	49	46	60	78	102
17	03	21	28	38	53	53	68	89	118
20	04	25	33	45	63	61	79	102	135
25	05	29	38	52	72	71	92	119	158
30	06	43	59	82	118	105	137	181	244
35	07	50	67	94	136	119	154	204	275
40	08	53	71	100	143	127	165	218	294
45	09	61	82	115	166	146	190	252	341
50	10	65	88	124	178	154	201	266	359
55	11	72	98	137	197	172	224	296	399
60	12	75	102	142	205	182	238	315	424
65	13	78	106	148	212	189	245	324	437
70	14	83	112	156	225	201	261	345	464
75	15	87	118	165	237	211	274	361	487
80	16	96	130	181	260	257	303	401	540
85	17	102	139	193	278	250	325	429	578
90	18	114	154	215	314	273	355	469	632
95	19	115	156	217	313	280	365	482	649
100	20	122	165	230	331	296	388	509	685
105	21	129	174	243	349	308	399	527	708
110	22	135	183	254	364	325	423	557	748
120	24	139	188	261	373	338	440	579	777
130	26	155	209	291	416	378	491	650	869
140	28	163	220	305	437	397	516	679	911

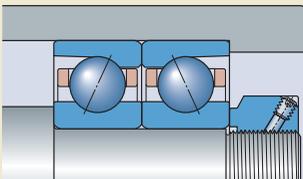
## Befestigung von Lagerringen

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ werden in der Regel axial auf der Welle oder im Gehäuse mit Hilfe von Präzisionswellenmuttern (→ **Bild 19**) bzw. mit Lagerdeckeln festgesetzt. Eine zufriedenstellende Unterstützung und Festsetzung erfordert Komponenten mit hoher geometrischer Genauigkeit und guter mechanischer Festigkeit.

Das Anzugsmoment  $M_t$  für Präzisionswellenmuttern bzw. die Schrauben am Lagerdeckel, muss groß genug sein, um alle Komponenten, einschließlich Lagern, an ihrem Platz zu halten, ohne Verformungen oder andere Schäden zu verursachen.

Informationen über Präzisionswellenmuttern enthält der Abschnitt *Präzisionswellenmuttern* (→ **Seite 375**).

Bild 19



### Berechnung des erforderlichen Anzugsmoments

Aufgrund der Anzahl der Variablen (Reibung zwischen benachbarten Komponenten, Grad der Passung, erhöhte Vorspannung aufgrund von fester Passung usw.) ist eine genaue Berechnung des erforderlichen Anzugsmoments  $M_t$  für Präzisionswellenmuttern bzw. für die Schrauben an Lagerdeckeln nicht möglich. Die folgende Formel ermöglicht eine näherungsweise Bestimmung von  $M_t$ , die Ergebnisse sollten jedoch in der Praxis kontrolliert werden.

Die erforderliche axiale Spannkraft für die Präzisionswellenmutter bzw. die Schrauben am Lagerdeckel lässt sich wie folgt ermitteln

$$P_a = F_s + (N_{cp} F_c) + G_{A,B,C,D}$$

Das erforderliche Anzugsmoment für eine Präzisionswellenmutter lässt sich wie folgt ermitteln

$$M_t = K P_a$$

Das erforderliche Anzugsmoment für die Schrauben am Lagerdeckel lässt sich wie folgt ermitteln

$$M_t = K \frac{P_a}{N_b}$$

Hierin sind

- $M_t$  = erforderliches Anzugsmoment [Nmm]
- $P_a$  = erforderliche axiale Spannkraft [N]
- $F_c$  = axiale Montagekraft [N]
  - für Lager der Reihen 718 .. D, 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D (**→ Tabelle 32, Seite 186**)
  - für Lager der Reihen 719 .. E und 70 .. E (**→ Tabelle 33, Seite 187**)
  - für Lager der Reihen 719 .. B und 70 .. B (**→ Tabelle 34, Seite 188**)
- $F_s$  = minimale axiale Spannkraft [N]
  - für Lager der Reihen 718 .. D, 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D (**→ Tabelle 32**)
  - für Lager der Reihen 719 .. E und 70 .. E (**→ Tabelle 33**)
  - für Lager der Reihen 719 .. B und 70 .. B (**→ Tabelle 34**)
- $G_{A,B,C,D}$  = vordefinierte Vorspannung im Lagersatz vor dem Einbau [N] (**→ Tabelle 10 bis 14, Seite 153 bis 160**)
- $K$  = Berechnungsfaktor, abhängig vom Gewinde (**→ Tabelle 35, Seite 189**)
- $N_{cp}$  = Anzahl der Lager mit derselben Ausrichtung wie das Lager, mit dem die Präzisionswellenmutter bzw. die Schrauben am Lagerdeckel direkt verbunden sind<sup>1)</sup>
- $N_b$  = Anzahl der Schrauben am Lagerdeckel

<sup>1)</sup> Damit ist nicht die Gesamtanzahl der Lager in der Anordnung gemeint, sondern nur diejenigen Lager, die zum Schließen von Lücken zwischen Ringen bewegt werden müssen, um die voreingestellte Vorspannung zu erzielen. Siehe auch: *Befestigungsvorgang.*

### Befestigungsvorgang

Beim axialen Befestigen von Hochgenauigkeits-Schrägkugellagern der Reihe „Super-precision bearings“ mit Hilfe einer Präzisionswellenmutter oder eines Lagerdeckels sollte das folgende Verfahren gewählt werden. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die Lager vollständig anliegen und die Spannkraft auf den geschätzten erforderlichen Grad zurückgesetzt wird.

- 1 Die Wellenmutter bzw. Schrauben am Lagerdeckel mit dem 2- bis 3-fachen des Wertes für  $M_t$  anziehen.
- 2 Die Wellenmutter bzw. Schrauben am Lagerdeckel lösen.
- 3 Anschließend die Wellenmutter bzw. Schrauben am Lagerdeckel auf den Wert  $M_t$  anziehen.

## Minimale axiale Spannkraft und axiale Montagekraft für Präzisionswellenmuttern und Endscheiben für Lager der Ausführung D

Lager- bohrung d	Größe	Minimale axiale Spannkraft für Lager der Reihe				Axiale Montagekraft für Lager der Reihe			
		718 .. D F <sub>s</sub>	719 .. D	70 .. D	72 .. D	718 .. D F <sub>c</sub>	719 .. D	70 .. D	72 .. D
mm	–	N				N			
6	6	–	–	260	–	–	–	430	–
7	7	–	–	310	490	–	–	410	550
8	8	–	–	450	490	–	–	490	600
9	9	–	–	600	650	–	–	490	600
10	00	370	500	600	850	240	280	500	700
12	01	430	600	700	1 000	210	280	470	700
15	02	550	650	1 000	950	180	280	490	600
17	03	600	750	1 000	1 300	160	280	490	700
20	04	950	1 300	1 600	2 300	250	400	650	850
25	05	1 200	1 600	2 000	2 400	210	340	550	750
30	06	1 400	1 900	2 500	3 400	180	300	550	700
35	07	1 600	2 600	3 300	5 500	210	440	750	1 200
40	08	1 800	3 100	4 100	6 000	180	500	750	1 200
45	09	2 400	3 800	4 500	7 000	190	480	750	1 200
50	10	2 900	3 100	5 000	6 000	180	380	650	1 000
55	11	3 300	4 100	6 000	7 500	230	430	800	1 100
60	12	3 300	4 500	6 500	11 000	240	400	750	1 300
65	13	4 700	4 800	7 000	13 000	260	370	700	1 300
70	14	5 000	6 500	8 500	14 000	240	500	800	1 300
75	15	5 500	6 500	9 000	15 000	230	480	750	1 300
80	16	5 500	7 000	11 000	17 000	300	650	1 200	1 900
85	17	7 500	9 000	11 000	19 000	550	900	1 400	2 500
90	18	8 000	9 500	14 000	19 000	500	850	1 700	2 500
95	19	8 000	10 000	14 000	27 000	480	850	1 500	3 000
100	20	8 500	12 000	15 000	27 000	460	1 000	1 400	3 100
105	21	9 000	12 500	17 000	31 000	450	900	1 600	3 300
110	22	11 000	13 000	20 000	37 000	600	900	1 800	3 600
120	24	12 000	16 000	22 000	45 000	600	1 200	1 900	4 300
130	26	17 000	23 000	27 000	48 000	900	1 300	2 700	4 500
140	28	16 000	24 000	29 000	59 000	800	1 300	2 500	5 000
150	30	21 000	27 000	34 000	–	1 000	1 800	2 700	–
160	32	23 000	28 000	38 000	–	1 000	1 700	2 900	–
170	34	–	30 000	51 000	–	–	1 600	3 500	–
180	36	–	37 000	59 000	–	–	2 200	4 000	–
190	38	–	39 000	62 000	–	–	2 600	4 500	–
200	40	–	48 000	66 000	–	–	3 200	5 500	–
220	44	–	52 000	79 000	–	–	2 900	6 000	–
240	48	–	57 000	86 000	–	–	2 700	5 500	–
260	52	–	77 000	109 000	–	–	4 000	7 500	–
280	56	–	83 000	–	–	–	4 000	–	–
300	60	–	107 000	–	–	–	5 300	–	–
320	64	–	114 000	–	–	–	5 700	–	–
340	68	–	120 000	–	–	–	6 000	–	–
360	72	–	127 000	–	–	–	6 200	–	–

Tabelle 33

## Minimale axiale Spannkraft und axiale Montagekraft für Präzisionswellenmutter und Endscheiben für Lager der Ausführung E

Bohrung d	Größe	Minimale axiale Spannkraft für Lager der Reihe		Axiale Montagekraft für Lager der Reihe	
		719 .. E $F_s$	70 .. E	719 .. E $F_c$	70 .. E
mm	–	N		N	
6	6	–	260	–	430
7	7	–	310	–	410
8	8	330	450	280	490
9	9	400	600	280	490
10	00	500	650	280	550
12	01	600	700	280	470
15	02	650	1 000	280	490
17	03	750	1 000	280	490
20	04	1 300	1 600	400	650
25	05	1 600	1 800	340	500
30	06	1 900	2 500	300	550
35	07	2 600	3 300	440	750
40	08	3 100	4 100	500	750
45	09	3 800	4 500	480	750
50	10	3 100	5 000	380	650
55	11	4 100	6 000	430	800
60	12	4 500	6 500	400	750
65	13	4 800	7 000	370	700
70	14	6 500	8 500	500	800
75	15	6 500	9 000	480	750
80	16	7 000	11 000	650	1 200
85	17	9 000	11 000	900	1 400
90	18	9 500	16 000	850	1 700
95	19	10 000	14 000	850	1 500
100	20	12 000	15 000	1 000	1 400
110	22	13 000	20 000	900	1 800
120	24	16 000	22 000	1 200	1 900

## Minimale axiale Spannkraft und axiale Montagekraft für Präzisionswellenmutter und Endscheiben für Lager der Ausführung B

Lager- bohrung	Größe	Minimale axiale Spannkraft für Lager der Reihe		Axiale Montagekraft für Lager der Reihe	
		719 .. B $F_s$	70 .. B	719 .. B $F_c$	70 .. B
d					
mm	–	N		N	
30	06	1 900	2 500	300	550
35	07	2 600	3 300	440	750
40	08	3 100	4 100	500	750
45	09	3 800	4 500	480	750
50	10	3 100	5 000	380	650
55	11	4 100	6 000	430	800
60	12	4 500	6 500	400	750
65	13	4 800	7 000	370	700
70	14	6 500	8 500	500	800
75	15	6 500	9 000	480	750
80	16	7 000	11 000	650	1 200
85	17	9 000	11 000	900	1 400
90	18	9 500	16 000	850	1 700
95	19	10 000	14 000	850	1 500
100	20	12 000	15 000	1 000	1 400
110	22	13 000	20 000	900	1 800
120	24	16 000	22 000	1 200	1 900

Tabelle 35

## Faktor K zur Bestimmung des Anzugsmoments

Gewinde-Nenn- durchmesser <sup>1)</sup>	Faktor K bei Präzisionswellen- muttern	Endscheiben- schrauben
M 4	–	0,8
M 5	–	1
M 6	–	1,2
M 8	–	1,6
M 10	1,4	2
M 12	1,6	2,4
M 14	1,9	2,7
M 15	2	2,9
M 16	2,1	3,1
M 17	2,2	–
M 20	2,6	–
M 25	3,2	–
M 30	3,9	–
M 35	4,5	–
M 40	5,1	–
M 45	5,8	–
M 50	6,4	–
M 55	7	–
M 60	7,6	–
M 65	8,1	–
M 70	9	–
M 75	9,6	–
M 80	10	–
M 85	11	–
M 90	11	–
M 95	12	–
M 100	12	–
M 105	13	–
M 110	14	–
M 120	15	–
M 130	16	–
M 140	17	–
M 150	18	–
M 160	19	–
M 170	21	–
M 180	22	–
M 190	23	–
M 200	24	–
M 220	26	–
M 240	27	–
M 260	29	–
M 280	32	–
M 300	34	–
M 320	36	–
M 340	38	–
M 360	40	–

<sup>1)</sup> Nur für Feingewinde

## Tragfähigkeit von Lagersätzen

Die Werte für Tragzahlen ( $C$ ,  $C_0$ ) und Ermüdungsgrenzbelastung ( $P_u$ ) in den Produkttabellen (→ **Seite 198**) beziehen sich auf Einzelager. Bei Lagersätzen müssen die entsprechenden Werte für Einzellager mit dem Beiwert aus **Tabelle 36** multipliziert werden.

2

Tabelle 36

## Berechnungsbeiwerte für Lagersätze

Anzahl Scheiben in einem Satz	Berechnungsfaktor		
	bei dynamischer Tragzahl $C$	statischer Tragzahl $C_0$	Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$
2	1,62	2	2
3	2,16	3	3
4	2,64	4	4
5	3,09	5	5

## Äquivalente Lagerbelastungen

Bei der Bestimmung der äquivalenten Lagerbelastung für vorgespannte Schrägkugellager ist die Vorspannung zu berücksichtigen. Je nach Betriebsbedingungen lässt sich die axiale Komponente der Lagerbelastung  $F_a$  für ein Lagerpaar in O- oder X-Anordnung näherungsweise mit den folgenden Gleichungen bestimmen.

Radial belastete Lagerpaare, Einbau mit fester Passung:

$$F_a = G_m$$

Radial belastete Lagerpaare, mit Federn vorgespannt:

$$F_a = G_{\text{Federn}}$$

Axial belastete Lagerpaare, Einbau mit fester Passung:

$$\begin{aligned} K_a \leq 3 G_m &\rightarrow F_a = G_m + 0,67 K_a \\ K_a > 3 G_m &\rightarrow F_a = K_a \end{aligned}$$

Axial belastete Lagerpaare, mit Federn vorgespannt:

$$F_a = G_{\text{Federn}} + K_a$$

Hierin sind

- $F_a$  = axialer Lastanteil [N]
- $G_m$  = Vorspannung des eingebauten Lagerpaars [N] ( $\rightarrow$  *Vorspannung in eingebauten Lagersätzen, Seite 162*)
- $G_{\text{Federn}}$  = Vorspannung durch die Federn [N] (bei Spindelanwendungen müssen sich die federbelasteten Lagerringe axial frei bewegen können)
- $K_a$  = auf die Lageranordnung wirkende externe Axialkraft [N]

## Äquivalente dynamische Lagerbelastung

Die äquivalente dynamische Lagerbelastung lässt sich folgendermaßen bestimmen:

Für Einzellager und Lager in Tandem-Anordnung

$$\begin{aligned} F_a/F_r \leq e &\rightarrow P = F_r \\ F_a/F_r > e &\rightarrow P = X_2 F_r + Y_2 F_a \end{aligned}$$

Lagerpaare in O- oder X-Anordnung:

$$\begin{aligned} F_a/F_r \leq e &\rightarrow P = F_r + Y_1 F_a \\ F_a/F_r > e &\rightarrow P = X_2 F_r + Y_2 F_a \end{aligned}$$

Die Faktoren  $e$ ,  $X_2$ ,  $Y_1$  und  $Y_2$  hängen vom Berührungswinkel des Lagers ab und sind angegeben für:

- Einzellager und Lager in Tandem-Anordnung ( $\rightarrow$  **Tabelle 37**)
- Lagerpaare in O- oder X-Anordnung ( $\rightarrow$  **Tabelle 38**)

Für Lager mit einem Berührungswinkel von  $15^\circ$  hängen die Faktoren  $e$ ,  $Y_1$  und  $Y_2$  vom Verhältnis  $f_0 F_a/C_0$  ab.

Hierin sind

$P$  = äquivalente dynamische Belastung am Lagersatz [kN]

$F_r$  = die auf den Lagersatz wirkende Radialbelastung [kN]

$F_a$  = die auf den Lagersatz wirkende Axialbelastung [kN]

$f_0$  = ein Berechnungsfaktor  
(→ **Produkttabellen, Seite 198**)

$C_0$  = die statische Tragzahl, kN  
(→ **Produkttabellen**)

### Äquivalente statische Lagerbelastung

Die äquivalente statische Lagerbelastung lässt sich folgendermaßen bestimmen:

Für Einzellager und Lager in Tandem-Anordnung

$$P_0 = 0,5 F_r + Y_0 F_a$$

Lagerpaare in O- oder X-Anordnung:

$$P_0 = F_r + Y_0 F_a$$

Hierin sind

$P_0$  = äquivalente statische Belastung am Lagersatz [kN]

$F_r$  = die auf den Lagersatz wirkende Radialbelastung [kN]

$F_a$  = die auf den Lagersatz wirkende Axialbelastung [kN]

Wenn  $P_0 < F_r$ , sollte stattdessen  $P_0 = F_r$  verwendet werden.

Der Faktor  $e, Y_0$  hängt vom Berührungswinkel des Lagers ab und ist angegeben für:

- Einzellager und Lager in Tandem-Anordnung (→ **Tabelle 37**)
- Lagerpaare in O- oder X-Anordnung (→ **Tabelle 38**)

**Tabelle 37**

**Faktoren für Einzellager und für Lager in Tandem-Anordnung**

$f_0 F_a / C_0$	e	$X_2$	$Y_2$	$Y_0$
<b>Berührungswinkel 15°</b> (Nachsetzzeichen CD, CE oder CB)				
≤ 0,178	0,38	0,44	1,47	0,46
0,357	0,4	0,44	1,4	0,46
0,714	0,43	0,44	1,3	0,46
1,07	0,46	0,44	1,23	0,46
1,43	0,47	0,44	1,19	0,46
2,14	0,5	0,44	1,12	0,46
3,57	0,55	0,44	1,02	0,46
≥ 5,35	0,56	0,44	1	0,46
<b>Berührungswinkel 18°</b> (Nachsetzzeichen FE oder FB)				
–	0,57	0,43	1	0,42
<b>Berührungswinkel 25°</b> (Nachsetzzeichen ACD, ACE oder ACB)				
–	0,68	0,41	0,87	0,38

**Tabelle 38**

**Faktoren für Lagerpaare in O- oder X-Anordnung**

$2 f_0 F_a / C_0$	e	$X_2$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_0$
<b>Berührungswinkel 15°</b> (Nachsetzzeichen CD, CE oder CB)					
≤ 0,178	0,38	0,72	1,65	2,39	0,92
0,357	0,4	0,72	1,57	2,28	0,92
0,714	0,43	0,72	1,46	2,11	0,92
1,07	0,46	0,72	1,38	2	0,92
1,43	0,47	0,72	1,34	1,93	0,92
2,14	0,5	0,72	1,26	1,82	0,92
3,57	0,55	0,72	1,14	1,66	0,92
≥ 5,35	0,56	0,72	1,12	1,63	0,92
<b>Berührungswinkel 18°</b> (Nachsetzzeichen FE oder FB)					
–	0,57	0,7	1,09	1,63	0,84
<b>Berührungswinkel 25°</b> (Nachsetzzeichen ACD, ACE oder ACB)					
–	0,68	0,67	0,92	1,41	0,76

## Erreichbare Drehzahlen

Die erreichbaren Drehzahlen in den Produkttabellen (→ Seite 198) sind Richtwerte. Sie gelten unter bestimmten Bedingungen. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Erreichbare Drehzahlen* auf Seite 44.

### Abgedichtete Lager

Da an der Dichtlippe keine Reibung erzeugt wird, entspricht die erreichbare Drehzahl eines abgedichteten Lagers der eines offenen Lagers derselben Größe.

### Schmierwirkung

Die Werte für Öl-Luft-Schmierung sind bei anderen Ölschmierverfahren nach unten zu korrigieren.

Die Werte für Fettschmierung lassen sich bei abgedichteten bzw. offenen Lagern mit der richtigen Menge an geeignetem, niedrigviskosem Premiumfett erzielen. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### Eingepasste Lager

Wenn Einzellager zur Erzielung einer erhöhten Steifigkeit so eingepasst werden, dass eine starke Vorspannung entsteht, sind die erreichbaren Drehzahlen aus den Produkttabellen nach unten zu korrigieren. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### Lagersätze

Werden Lagersätze mit zwei oder mehr direkt nebeneinander liegenden Lagern eingebaut,

sind die erreichbaren Drehzahlen aus den Produkttabellen nach unten zu korrigieren. Die in diesen Fällen zulässigen Höchstdrehzahlen lassen sich durch Multiplikation des Richtwerts in den Produkttabellen mit dem Reduktionsfaktor aus der **Tabelle 39** ermitteln (der Reduktionsfaktor ist abhängig von der Lagerkonstruktion, der Vorspannung und der Lageranordnung).

### Abstandsringe

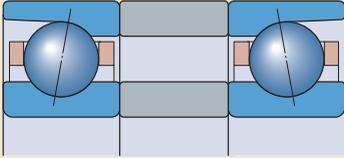
Sollte die berechnete erreichbare Drehzahl nicht für den Anwendungsfall ausreichen, können präzisionsgefertigte Abstandsringe in den Lagersatz eingebaut werden (→ Bild 20), um das Drehzahlvermögen zu erhöhen.

Drehzahlreduktionsfaktoren für Lagersätze

Anzahl der Lager	Anordnung	Nachsetzzeichen für zusammengepasste Lagersätze	Drehzahlreduktionsfaktoren für Lager der Reihe 718 .. D, 719 .. E und 70 .. E für Vorspannungsklasse					
			A	L	B	M	C	F
2	O-Anordnung	<b>DB</b>	0,8	–	0,65	–	0,4	–
	X-Anordnung	<b>DF</b>	0,77	–	0,61	–	0,36	–
3	Tandem-O-Tandem-Anordnung	<b>TBT</b>	0,69	0,72	0,49	0,58	0,25	0,36
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	<b>TFT</b>	0,63	0,66	0,42	0,49	0,17	0,24
4	Tandem-O-Anordnung	<b>QBC</b>	0,64	–	0,53	–	0,32	–
	Tandem-X-Anordnung	<b>QFC</b>	0,62	–	0,48	–	0,27	–

Bei federbelasteten Tandemsätzen mit dem Nachsetzzeichen DT sollte ein Drehzahlreduktionsfaktor von 0,9 angewandt werden.

Bild 20



2

Tabelle 39

719 .. B und 70 .. B für Vorspannungsklasse			719 .. D, 70 .. D und 72 .. D für Vorspannungsklasse			
A	B	C	A	B	C	D
0,83	0,78	0,58	0,81	0,75	0,65	0,4
0,8	0,74	0,54	0,77	0,72	0,61	0,36
0,72	0,66	0,4	0,7	0,63	0,49	0,25
0,64	0,56	0,3	0,63	0,56	0,42	0,17
0,67	0,64	0,48	0,64	0,6	0,53	0,32
0,64	0,6	0,41	0,62	0,58	0,48	0,27

## Montage

### Zusammenpressen der Lagersätze beim Einbau im angewärmten Zustand

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ werden meist satzweise eingebaut. Im angewärmten Zustand sind die Bohrungsdurchmesser und die Breiten der Lager etwas größer. Der größere Bohrungsdurchmesser erleichtert den Einbau.

Beim Abkühlen zieht sich der Bohrungsdurchmesser auf die erforderliche (feste) Passung zusammen. Sie nehmen dadurch auch in der Breite ab, weshalb zwischen den Lagern ein kleiner Spalt entstehen kann. Dieser Spalt kann sich negativ auf die Vorspannung im Lagersatz auswirken. Um dies zu vermeiden, sollten die Lagerinnenringe beim Abkühlen mit einer Axialkraft gegeneinander gedrückt werden (→ Bild 21), die geringfügig höher ist als die Ausbaukraft. Beim Zusammenpressen der Lager sollte die Kraft nie direkt oder indirekt auf die Außenringe einwirken.

### Verpackungskennzeichnung

Die SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“ werden in Schachteln mit deutlichem SKF Ausdruck (→ Bild 22) ausgeliefert. Jede Schachtel enthält ein Merkblatt mit Angaben zum Einbau.

Die Angaben auf der Lagerverpackung sind hilfreich bei der Auswahl von Universallagern für den satzweisen Einbau. Vermerkt sind z. B. Abweichungen des mittleren Außen- bzw. mittleren Bohrungsdurchmessers von den Nenn-durchmessern sowie der tatsächliche Berührungswinkel des Lagers (→ Bild 23). Es sollten immer nur Lager mit ähnlichen Abweichungen und Berührungswinkeln zu einem Satz zusammengefasst werden.

Bild 21

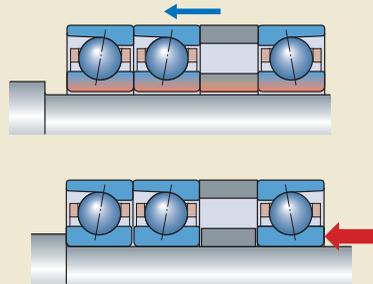


Bild 22



Bild 23





# Bezeichnungsschema

**Beispiele:** Einzellager – 71922 CDGBTNHA/PA9AL  
 Zusammengepasster Lagersatz – S7010 ACD/HCP4AQBCC

	719	22	CD	GB	TNHA	/	
S	70	10	ACD			/	

## Vorsetzzeichen

- Offenes Lager (ohne Vorsetzzeichen)
- S Abgedichtetes Lager
- V Lager mit NitroMax-Stahlringen und Kugeln aus speziellem Siliziumnitrid Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (Hybridlager)

## Lagerreihe

- 718 Schrägkugellager nach ISO-Maßreihe 18
- 719 Schrägkugellager nach ISO-Maßreihe 19
- 70 Schrägkugellager nach ISO-Maßreihe 10
- 72 Schrägkugellager nach ISO-Maßreihe 02

## Lagergröße

- 6 6 mm Bohrungsdurchmesser
- 7 7 mm Bohrungsdurchmesser
- 8 8 mm Bohrungsdurchmesser
- 9 9 mm Bohrungsdurchmesser
- 00 10 mm Bohrungsdurchmesser
- 01 12 mm Bohrungsdurchmesser
- 02 15 mm Bohrungsdurchmesser
- 03 17 mm Bohrungsdurchmesser
- 04 (x 5) 20 mm Bohrungsdurchmesser
- bis
- 72 (x 5) 360 mm Bohrungsdurchmesser

## Innere Konstruktion

- CD Berührungswinkel 15°, Hochleistungsausführung
- ACD Berührungswinkel 25°, Hochleistungsausführung
- CE Berührungswinkel 15°, Hochgeschwindigkeitsausführung E
- FE Berührungswinkel 18°, Hochgeschwindigkeitsausführung E
- ACE Berührungswinkel 25°, Hochgeschwindigkeitsausführung E
- CB Berührungswinkel 15°, Hochgeschwindigkeitsausführung B
- FB Berührungswinkel 18°, Hochgeschwindigkeitsausführung B
- ACB Berührungswinkel 25°, Hochgeschwindigkeitsausführung B

## Einzellager – Ausführung und Vorspannung

- Unabhängiges Einzellager (ohne Nachsetzzeichen) (Reihen 718 .. D, 719 .. D, 70 .. D, 72 .. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)
- GA Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau, extraleichte Vorspannung (Reihen 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D)
- GA Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau, leichte Vorspannung (Reihen 718 .. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)
- GB Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau, leichte Vorspannung (Reihen 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D)
- GB Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau, mittlere Vorspannung (Reihen 718 .. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)
- GC Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau, mittlere Vorspannung (Reihen 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D)
- GC Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau, starke Vorspannung (Reihen 718 .. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)
- GD Einzelne Universallager für den satzweisen Einbau, starke Vorspannung (Reihen 719 .. D, 70 .. D und 72 .. D)

## Käfig

- Phenolharz mit Gewebeeinlage oder kohlenstoffaserverstärktes PEEK, außenringgeführt (ohne Nachsetzzeichen)
- MA Massives Messing, außenringgeführt
- TNHA Glasfaserverstärktes PEEK, außenringgeführt

	PA9A	L		
HC	P4A		QBC	C

**Lagersatz – Vorspannung**

<b>A</b>	Extraleichte Vorspannung (Reihen 719.. D, 70 .. D und 72 .. D)
<b>A</b>	Leichte Vorspannung (Reihen 718.. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)
<b>L</b>	Leichte Vorspannung – nur für zusammengepasste Lagersätze in den Anordnungen TBT, TFT, QBT und QFT (Reihen 718 .. D, 719 .. E und 70 .. E)
<b>B</b>	Leichte Vorspannung (Reihen 719.. D, 70 .. D und 72 .. D)
<b>B</b>	Mittlere Vorspannung (Reihen 718.. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)
<b>M</b>	Geringe Vorspannung – nur für zusammengepasste Lagersätze in den Anordnungen TBT, TFT, QBT und QFT (Reihen 718 .. D, 719 .. E und 70 .. E)
<b>C</b>	Mittlere Vorspannung (Reihen 719.. D, 70 .. D und 72 .. D)
<b>C</b>	Starke Vorspannung (Reihen 718.. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)
<b>F</b>	Starke Vorspannung – nur für zusammengepasste Lagersätze in den Anordnungen TBT, TFT, QBT und QFT (Reihen 718 .. D, 719 .. E und 70 .. E)
<b>D</b>	Starke Vorspannung (Reihen 719.. D, 70 .. D und 72 .. D)
<b>G...</b>	Sondervorspannung, angegeben in daN, z.B. G240 (Reihen 718..) D, 719 .. D, 70 .. D, 72 .. D, 719 .. E, 70 .. E, 719 .. B und 70 .. B)

**Lagersatzanordnung und Vorspannung**

<b>DB</b>	Satz aus zwei Lagern in O-Anordnung <>
<b>DF</b>	Satz aus zwei Lagern in X-Anordnung ><
<b>DT</b>	Satz aus zwei Lagern in Tandem-Anordnung <<
<b>DG</b>	Satz aus zwei Universallagern für den satzweisen Einbau
<b>TBT</b>	Satz aus drei Lagern in O- und Tandem-Anordnung <>>
<b>TFT</b>	Satz aus drei Lagern in Tandem- und X-Anordnung >><
<b>TT</b>	Satz aus drei Lagern in Tandem-Anordnung <<<
<b>TG</b>	Satz aus drei Universallagern für den satzweisen Einbau
<b>QBC</b>	Satz aus vier Lagern in Tandem-O-Anordnung <<>>
<b>QFC</b>	Satz aus vier Lagern in Tandem-X-Anordnung >><<
<b>QBT</b>	Satz aus vier Lagern in O- und Tandem-Anordnung <>>>
<b>QFT</b>	Satz aus vier Lagern in X- und Tandem-Anordnung >><<<
<b>QT</b>	Satz aus vier Lagern in Tandem-Anordnung <<<<
<b>QG</b>	Satz aus vier Universallagern für den satzweisen Einbau
<b>PBC</b>	Satz aus fünf Lagern in Tandem-O-Anordnung <<>>>
<b>PFC</b>	Satz aus fünf Lagern in Tandem-X-Anordnung >><<<<
<b>PBT</b>	Satz aus fünf Lagern in O- und Tandem-Anordnung <>>>>
<b>PFT</b>	Satz aus fünf Lagern in X- und Tandem-Anordnung >><<<<<
<b>PT</b>	Satz aus fünf Lagern in Tandem-Anordnung <<<<<<
<b>PG</b>	Satz aus fünf Universallagern für den satzweisen Einbau

**Schmierseigenschaften**

<b>H</b>	Zwei Schmierbohrungen an der druckabgewandten Seite des Außenrings
<b>H1</b>	Zwei Schmierbohrungen an der Druckseite des Außenrings
<b>L</b>	Umfangsnut mit zwei Schmierbohrungen an der druckabgewandten Seite des Außenrings und zwei Umfangsnuten mit O-Ringen am Außenring
<b>L1</b>	Umfangsnut mit zwei Schmierbohrungen an der Druckseite des Außenrings und zwei Umfangsnuten mit O-Ringen am Außenring

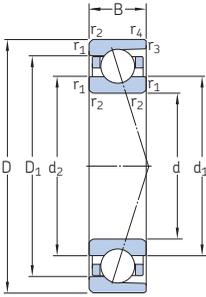
**Genauigkeit**

<b>P4</b>	Maß- und Laufgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 4
<b>P4A</b>	Maßgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 4 und Laufgenauigkeit besser als ISO-Toleranzklasse 4
<b>P2</b>	Maß- und Laufgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 2
<b>PA9A</b>	Maß- und Laufgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 2

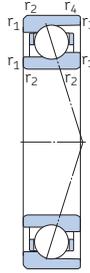
**Kugelwerkstoff**

–	Chromstahl (kein Nachsetzzeichen)
<b>HC</b>	Kugeln aus speziellem Lager-Siliziumnitrid Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> (Hybridlager)

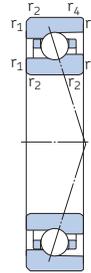
## 2.1 Schrägkugellager d 6 – 8 mm



ACD, CD



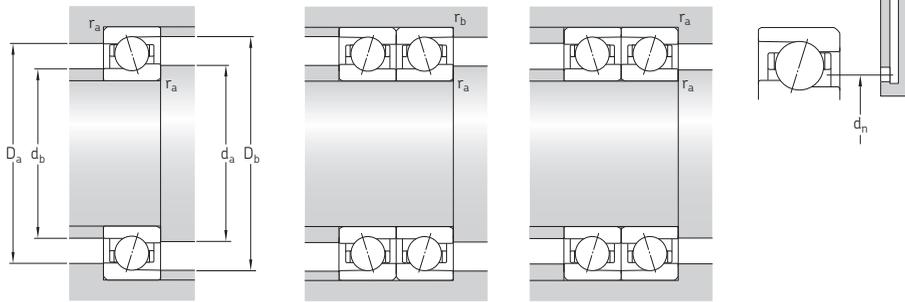
719 .. ACE,  
719 .. CE



70 .. ACE,  
70 .. CE

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen			
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmierung	Direkte Öl- Schmie- rung <sup>1)</sup>			Dichtungs- lösung	Direkte Öl- Schmie- rung <sup>1)</sup>		
d	D	B	C	$C_0$								
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-		
6	17	6	1,51	0,49	0,02	127 000	195 000	0,006	706 ACE/P4A	-	H	
	17	6	1,51	0,49	0,02	150 000	230 000	0,005	706 ACE/HCP4A	-	H	
	17	6	1,56	0,5	0,022	140 000	220 000	0,006	706 CE/P4A	-	H	
	17	6	1,56	0,5	0,022	170 000	260 000	0,005	706 CE/HCP4A	-	H	
	17	6	1,95	0,75	0,032	110 000	160 000	0,006	706 ACD/P4A	-	H	
	17	6	1,95	0,75	0,032	130 000	190 000	0,005	706 ACD/HCP4A	-	H	
	17	6	2,03	0,765	0,032	120 000	180 000	0,006	706 CD/P4A	-	H	
	17	6	2,03	0,765	0,032	140 000	220 000	0,005	706 CD/HCP4A	-	H	
	7	19	6	1,86	0,62	0,026	112 000	175 000	0,007	707 ACE/P4A	-	H
		19	6	1,86	0,62	0,026	133 000	205 000	0,006	707 ACE/HCP4A	-	H
		19	6	1,95	0,64	0,027	127 000	190 000	0,007	707 CE/P4A	-	H
		19	6	1,95	0,64	0,027	150 000	230 000	0,006	707 CE/HCP4A	-	H
19		6	2,42	0,95	0,04	95 000	140 000	0,008	707 ACD/P4A	-	H	
19		6	2,42	0,95	0,04	110 000	170 000	0,007	707 ACD/HCP4A	-	H	
19		6	2,51	0,98	0,04	100 000	160 000	0,008	707 CD/P4A	-	H	
19		6	2,51	0,98	0,04	120 000	190 000	0,007	707 CD/HCP4A	-	H	
22		7	2,91	1,12	0,048	70 000	110 000	0,013	727 ACD/P4A	-	-	
22		7	2,91	1,12	0,048	85 000	130 000	0,012	727 ACD/HCP4A	-	-	
22		7	2,96	1,16	0,049	80 000	120 000	0,013	727 CD/P4A	-	-	
22		7	2,96	1,16	0,049	95 000	150 000	0,012	727 CD/HCP4A	-	-	
8	19	6	1,68	0,6	0,026	109 000	165 000	0,007	719/8 ACE/P4A	-	H	
	19	6	1,68	0,6	0,026	130 000	200 000	0,006	719/8 ACE/HCP4A	-	H	
	19	6	1,74	0,63	0,027	120 000	185 000	0,007	719/8 CE/P4A	-	H	
	19	6	1,74	0,63	0,027	145 000	220 000	0,006	719/8 CE/HCP4A	-	H	
	22	7	2,29	0,765	0,032	98 000	150 000	0,012	708 ACE/P4A	-	H	
	22	7	2,29	0,765	0,032	115 000	180 000	0,011	708 ACE/HCP4A	-	H	
	22	7	2,34	0,8	0,034	109 000	165 000	0,012	708 CE/P4A	-	H	
	22	7	2,34	0,8	0,034	130 000	200 000	0,011	708 CE/HCP4A	-	H	
	22	7	3,19	1,34	0,056	80 000	120 000	0,012	708 ACD/P4A	-	H	
	22	7	3,19	1,34	0,056	95 000	150 000	0,011	708 ACD/HCP4A	-	H	
	22	7	3,25	1,37	0,057	90 000	130 000	0,012	708 CD/P4A	-	H	
	22	7	3,25	1,37	0,057	110 000	160 000	0,011	708 CD/HCP4A	-	H	

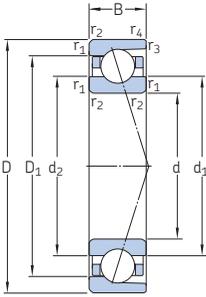
<sup>1)</sup> Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



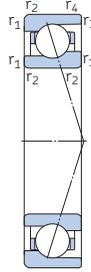
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	-
6	9,2	8,7	13,9	-	0,3	0,15	8	8	15	15,6	0,3	0,15	10,1	0,09	-	
	9,2	8,7	13,9	-	0,3	0,15	8	8	15	15,6	0,3	0,15	10,1	0,09	-	
	9,2	8,7	13,9	-	0,3	0,15	8	8	15	15,6	0,3	0,15	10,1	0,09	6,4	
	9,2	8,7	13,9	-	0,3	0,15	8	8	15	15,6	0,3	0,15	10,1	0,09	6,4	
	9,5	9,5	13,5	-	0,3	0,15	8	8	15	16,2	0,3	0,15	10,3	0,09	-	
	9,5	9,5	13,5	-	0,3	0,15	8	8	15	16,2	0,3	0,15	10,3	0,09	-	
	9,5	9,5	13,5	-	0,3	0,15	8	8	15	16,2	0,3	0,15	10,3	0,09	8,3	
	9,5	9,5	13,5	-	0,3	0,15	8	8	15	16,2	0,3	0,15	10,3	0,09	8,3	
	7	10,4	9,9	15,7	-	0,3	0,15	9	9	17	17,6	0,3	0,15	11,4	0,11	-
		10,4	9,9	15,7	-	0,3	0,15	9	9	17	17,6	0,3	0,15	11,4	0,11	-
		10,4	9,9	15,7	-	0,3	0,15	9	9	17	17,6	0,3	0,15	11,4	0,11	6,5
		10,4	9,9	15,7	-	0,3	0,15	9	9	17	17,6	0,3	0,15	11,4	0,11	6,5
10,8		10,8	15,2	-	0,3	0,15	9	9	17	18,2	0,3	0,15	11,7	0,12	-	
10,8		10,8	15,2	-	0,3	0,15	9	9	17	18,2	0,3	0,15	11,7	0,12	-	
10,8		10,8	15,2	-	0,3	0,15	9	9	17	18,2	0,3	0,15	11,7	0,12	8,1	
10,8		10,8	15,2	-	0,3	0,15	9	9	17	18,2	0,3	0,15	11,7	0,12	8,1	
12,6		12,6	17,4	-	0,3	0,2	9,4	9,4	19,6	20,2	0,3	0,2	13,6	0,16	-	
12,6		12,6	17,4	-	0,3	0,2	9,4	9,4	19,6	20,2	0,3	0,2	13,6	0,16	-	
12,6		12,6	17,4	-	0,3	0,2	9,4	9,4	19,6	20,2	0,3	0,2	13,6	0,16	8,4	
12,6		12,6	17,4	-	0,3	0,2	9,4	9,4	19,6	20,2	0,3	0,2	13,6	0,16	8,4	
8	11,3	10,8	15,7	-	0,3	0,15	10	10	17	18,2	0,3	0,15	12,2	0,09	-	
	11,3	10,8	15,7	-	0,3	0,15	10	10	17	18,2	0,3	0,15	12,2	0,09	-	
	11,3	10,8	15,7	-	0,3	0,15	10	10	17	18,2	0,3	0,15	12,2	0,09	7,2	
	11,3	10,8	15,7	-	0,3	0,15	10	10	17	18,2	0,3	0,15	12,2	0,09	7,2	
	12,1	11,5	17,9	-	0,3	0,15	10	10	20	20,6	0,3	0,15	13,3	0,17	-	
	12,1	11,5	17,9	-	0,3	0,15	10	10	20	20,6	0,3	0,15	13,3	0,17	-	
	12,1	11,5	17,9	-	0,3	0,15	10	10	20	20,6	0,3	0,15	13,3	0,17	6,6	
	12,1	11,5	17,9	-	0,3	0,15	10	10	20	20,6	0,3	0,15	13,3	0,17	6,6	
	12,6	12,6	17,4	-	0,3	0,2	10	10	20	20,6	0,3	0,2	13,6	0,15	-	
	12,6	12,6	17,4	-	0,3	0,2	10	10	20	20,6	0,3	0,2	13,6	0,15	-	
	12,6	12,6	17,4	-	0,3	0,2	10	10	20	20,6	0,3	0,2	13,6	0,15	8,4	
	12,6	12,6	17,4	-	0,3	0,2	10	10	20	20,6	0,3	0,2	13,6	0,15	8,4	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

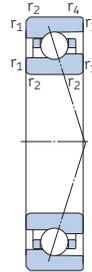
## 2.1 Schrägkugellager d 8 – 10 mm



ACD, CD



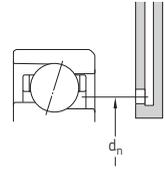
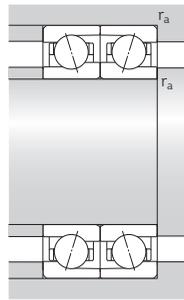
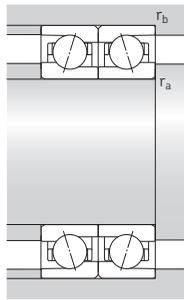
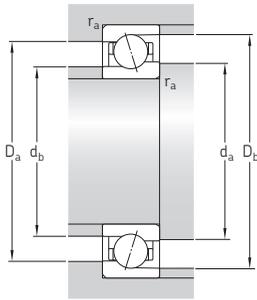
719 .. ACE,  
719 .. CE



70 .. ACE,  
70 .. CE

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmierung	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>1)</sup>			Dichtungs- lösung	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>1)</sup>	
d	D	B	C	$C_0$							
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-	
<b>8</b>	24	8	3,58	1,34	0,057	67 000	100 000	0,017	<b>728 ACD/P4A</b>	-	-
Forts.	24	8	3,58	1,34	0,057	75 000	120 000	0,015	<b>728 ACD/HCP4A</b>	-	-
	24	8	3,71	1,37	0,057	70 000	110 000	0,017	<b>728 CD/P4A</b>	-	-
	24	8	3,71	1,37	0,057	85 000	130 000	0,015	<b>728 CD/HCP4A</b>	-	-
<b>9</b>	20	6	1,95	0,765	0,032	100 000	150 000	0,008	<b>719/9 ACE/P4A</b>	-	H
	20	6	1,95	0,765	0,032	120 000	180 000	0,007	<b>719/9 ACE/HCP4A</b>	-	H
	20	6	2,03	0,8	0,034	109 000	165 000	0,008	<b>719/9 CE/P4A</b>	-	H
	20	6	2,03	0,8	0,034	133 000	200 000	0,007	<b>719/9 CE/HCP4A</b>	-	H
	24	7	2,51	0,9	0,038	90 000	137 000	0,014	<b>709 ACE/P4A</b>	-	H
	24	7	2,51	0,9	0,038	106 000	165 000	0,013	<b>709 ACE/HCP4A</b>	-	H
	24	7	2,6	0,93	0,04	98 000	150 000	0,014	<b>709 CE/P4A</b>	-	H
	24	7	2,6	0,93	0,04	120 000	180 000	0,013	<b>709 CE/HCP4A</b>	-	H
	24	7	3,45	1,53	0,064	75 000	110 000	0,015	<b>709 ACD/P4A</b>	-	H
	24	7	3,45	1,53	0,064	85 000	130 000	0,013	<b>709 ACD/HCP4A</b>	-	H
	24	7	3,58	1,6	0,068	80 000	120 000	0,015	<b>709 CD/P4A</b>	-	H
	24	7	3,58	1,6	0,068	95 000	150 000	0,013	<b>709 CD/HCP4A</b>	-	H
	26	8	3,97	1,6	0,067	60 000	90 000	0,02	<b>729 ACD/P4A</b>	-	-
	26	8	3,97	1,6	0,067	70 000	110 000	0,018	<b>729 ACD/HCP4A</b>	-	-
	26	8	4,1	1,66	0,071	67 000	100 000	0,02	<b>729 CD/P4A</b>	-	-
	26	8	4,1	1,66	0,071	80 000	120 000	0,018	<b>729 CD/HCP4A</b>	-	-
<b>10</b>	19	5	1,78	0,93	0,04	70 000	110 000	0,005	<b>71800 ACD/P4</b>	-	-
	19	5	1,78	0,93	0,04	85 000	130 000	0,005	<b>71800 ACD/HCP4</b>	-	-
	19	5	1,9	0,98	0,043	80 000	120 000	0,005	<b>71800 CD/P4</b>	-	-
	19	5	1,9	0,98	0,043	95 000	150 000	0,005	<b>71800 CD/HCP4</b>	-	-
	22	6	1,95	0,78	0,032	93 000	140 000	0,009	<b>71900 ACE/P4A</b>	-	H
	22	6	1,95	0,78	0,032	109 000	165 000	0,008	<b>71900 ACE/HCP4A</b>	-	H
	22	6	2,03	0,815	0,034	100 000	155 000	0,009	<b>71900 CE/P4A</b>	-	H
	22	6	2,03	0,815	0,034	123 000	185 000	0,008	<b>71900 CE/HCP4A</b>	-	H

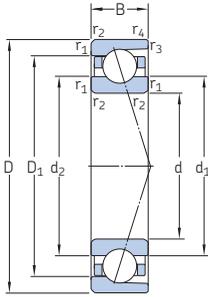
<sup>1)</sup> Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



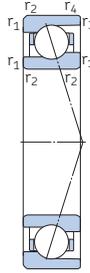
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor			
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>		
mm																cm <sup>3</sup>	–
<b>8</b> Forts.	13.1	13.1	18.9	–	0.3	0.2	10.4	10.4	21.6	22.2	0.3	0.2	14.3	0.23	–		
	13.1	13.1	18.9	–	0.3	0.2	10.4	10.4	21.6	22.2	0.3	0.2	14.3	0.23	–		
	13.1	13.1	18.9	–	0.3	0.2	10.4	10.4	21.6	22.2	0.3	0.2	14.3	0.23	7,9		
	13.1	13.1	18.9	–	0.3	0.2	10.4	10.4	21.6	22.2	0.3	0.2	14.3	0.23	7,9		
<b>9</b>	12.5	11.8	16.5	–	0.3	0.15	11	11	18	19.2	0.3	0.15	13.3	0.09	–		
	12.5	11.8	16.5	–	0.3	0.15	11	11	18	19.2	0.3	0.15	13.3	0.09	–		
	12.5	11.8	16.5	–	0.3	0.15	11	11	18	19.2	0.3	0.15	13.3	0.09	7,4		
	12.5	11.8	16.5	–	0.3	0.15	11	11	18	19.2	0.3	0.15	13.3	0.09	7,4		
	13.6	13	19.4	–	0.3	0.15	11	11	22	22.6	0.3	0.15	14.8	0.19	–		
	13.6	13	19.4	–	0.3	0.15	11	11	22	22.6	0.3	0.15	14.8	0.19	–		
	13.6	13	19.4	–	0.3	0.15	11	11	22	22.6	0.3	0.15	14.8	0.19	6,8		
	13.6	13	19.4	–	0.3	0.15	11	11	22	22.6	0.3	0.15	14.8	0.19	6,8		
	14.1	14.1	18.9	–	0.3	0.2	11	11	22	22.6	0.3	0.2	15.1	0.18	–		
	14.1	14.1	18.9	–	0.3	0.2	11	11	22	22.6	0.3	0.2	15.1	0.18	–		
	14.1	14.1	18.9	–	0.3	0.2	11	11	22	22.6	0.3	0.2	15.1	0.18	8,8		
	14.1	14.1	18.9	–	0.3	0.2	11	11	22	22.6	0.3	0.2	15.1	0.18	8,8		
<b>10</b>	15.1	15.1	20.9	–	0.3	0.2	11.4	11.4	23.6	24.2	0.3	0.2	16.3	0.26	–		
	15.1	15.1	20.9	–	0.3	0.2	11.4	11.4	23.6	24.2	0.3	0.2	16.3	0.26	–		
	15.1	15.1	20.9	–	0.3	0.2	11.4	11.4	23.6	24.2	0.3	0.2	16.3	0.26	8,3		
	15.1	15.1	20.9	–	0.3	0.2	11.4	11.4	23.6	24.2	0.3	0.2	16.3	0.26	8,3		
	13.1	13.1	16.1	–	0.3	0.15	12	12	17	18.2	0.3	0.15	13.4	0.06	–		
	13.1	13.1	16.1	–	0.3	0.15	12	12	17	18.2	0.3	0.15	13.4	0.06	–		
<b>14</b>	13.1	13.1	16.1	–	0.3	0.15	12	12	17	18.2	0.3	0.15	13.4	0.06	15		
	13.1	13.1	16.1	–	0.3	0.15	12	12	17	18.2	0.3	0.15	13.4	0.06	15		
	14	13.3	17.9	–	0.3	0.15	12	12	20	21.2	0.3	0.15	14.8	0.1	–		
	14	13.3	17.9	–	0.3	0.15	12	12	20	21.2	0.3	0.15	14.8	0.1	–		
	14	13.3	17.9	–	0.3	0.15	12	12	20	21.2	0.3	0.15	14.8	0.1	7,6		
	14	13.3	17.9	–	0.3	0.15	12	12	20	21.2	0.3	0.15	14.8	0.1	7,6		

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

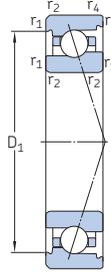
## 2.1 Schrägkugellager d 10 – 12 mm



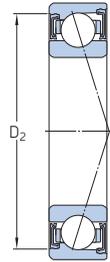
ACD, CD



719 .. ACE,  
719 .. CE



70 .. ACE,  
70 .. CE



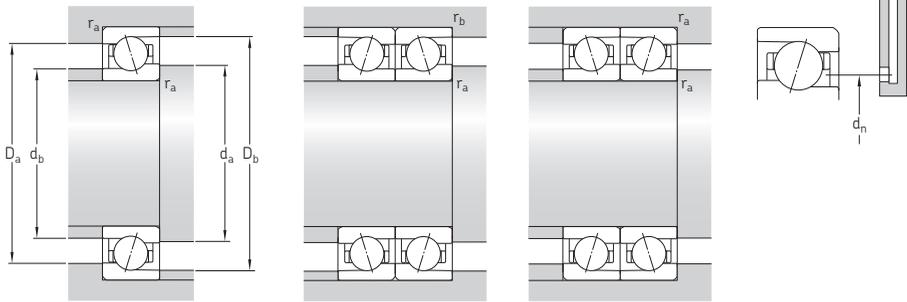
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Drehzahlen	Drehzahlen	Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen			
	dyn.	stat.						Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	C <sub>0</sub>	Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>					
mm					kN	min <sup>-1</sup>	kg	-	-		
10 Forts.	22	6	2,42	1,06	0,045	63 000	95 000	0,009	71900 ACD/P4A	S	-
	22	6	2,42	1,06	0,045	70 000	110 000	0,009	71900 ACD/HCP4A	S	-
	22	6	2,51	1,1	0,048	70 000	110 000	0,009	71900 CD/P4A	S	-
	22	6	2,51	1,1	0,048	80 000	120 000	0,009	71900 CD/HCP4A	S	-
	26	8	2,86	1,14	0,048	83 000	127 000	0,019	7000 ACE/P4A	S	H
	26	8	2,86	1,14	0,048	98 000	150 000	0,017	7000 ACE/HCP4A	S	H
	26	8	3,02	1,18	0,05	90 000	140 000	0,019	7000 CE/P4A	S	H
	26	8	3,02	1,18	0,05	109 000	165 000	0,017	7000 CE/HCP4A	S	H
	26	8	3,97	1,6	0,067	67 000	100 000	0,019	7000 ACD/P4A	S	H
	26	8	3,97	1,6	0,067	80 000	120 000	0,017	7000 ACD/HCP4A	S	H
	26	8	4,1	1,66	0,071	75 000	110 000	0,019	7000 CD/P4A	S	H
	26	8	4,1	1,66	0,071	90 000	140 000	0,017	7000 CD/HCP4A	S	H
12	30	9	4,36	1,86	0,078	53 000	80 000	0,032	7200 ACD/P4A	S	-
	30	9	4,36	1,86	0,078	63 000	95 000	0,029	7200 ACD/HCP4A	S	-
	30	9	4,49	1,93	0,08	60 000	90 000	0,032	7200 CD/P4A	S	-
	30	9	4,49	1,93	0,08	70 000	100 000	0,029	7200 CD/HCP4A	S	-
	21	5	1,95	1,12	0,048	63 000	95 000	0,006	71801 ACD/P4	-	-
	21	5	1,95	1,12	0,048	75 000	110 000	0,006	71801 ACD/HCP4	-	-
	21	5	2,08	1,18	0,05	70 000	110 000	0,006	71801 CD/P4	-	-
	21	5	2,08	1,18	0,05	85 000	130 000	0,006	71801 CD/HCP4	-	-
	24	6	2,03	0,865	0,036	83 000	123 000	0,01	71901 ACE/P4A	-	H
	24	6	2,03	0,865	0,036	98 000	150 000	0,009	71901 ACE/HCP4A	-	H
	24	6	2,12	0,915	0,039	90 000	137 000	0,01	71901 CE/P4A	-	H
	24	6	2,12	0,915	0,039	109 000	165 000	0,009	71901 CE/HCP4A	-	H
24	6	2,55	1,18	0,05	56 000	85 000	0,01	71901 ACD/P4A	S	-	
24	6	2,55	1,18	0,05	67 000	100 000	0,01	71901 ACD/HCP4A	S	-	
24	6	2,65	1,25	0,053	63 000	95 000	0,01	71901 CD/P4A	S	-	
24	6	2,65	1,25	0,053	75 000	110 000	0,01	71901 CD/HCP4A	S	-	

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

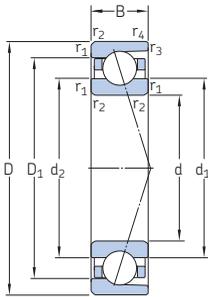
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



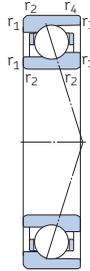
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>10</b> Forts.	14	14	18	19,8	0,3	0,2	12	12	20	20,6	0,3	0,2	14,8	0,12	–	
	14	14	18	19,8	0,3	0,2	12	12	20	20,6	0,3	0,2	14,8	0,12	–	
	14	14	18	19,8	0,3	0,2	12	12	20	20,6	0,3	0,2	14,8	0,12	9,5	
	14	14	18	19,8	0,3	0,2	12	12	20	20,6	0,3	0,2	14,8	0,12	9,5	
	15,6	14,5	22,4	22,4	0,3	0,3	12	12	24	23,6	0,3	0,3	16,5	0,28	–	
	15,6	14,5	22,4	22,4	0,3	0,3	12	12	24	23,6	0,3	0,3	16,5	0,28	–	
	15,6	14,5	22,4	22,4	0,3	0,3	12	12	24	23,6	0,3	0,3	16,5	0,28	7,1	
	15,6	14,5	22,4	22,4	0,3	0,3	12	12	24	23,6	0,3	0,3	16,5	0,28	7,1	
	15,1	15,1	20,9	23,5	0,3	0,2	12	12	24	24,6	0,3	0,2	16	0,24	–	
	15,1	15,1	20,9	23,5	0,3	0,2	12	12	24	24,6	0,3	0,2	16	0,24	–	
	15,1	15,1	20,9	23,5	0,3	0,2	12	12	24	24,6	0,3	0,2	16	0,24	8,3	
	15,1	15,1	20,9	23,5	0,3	0,2	12	12	24	24,6	0,3	0,2	16	0,24	8,3	
	17,3	17,3	23,1	24,3	0,6	0,3	14,2	14,2	25,8	27,6	0,6	0,3	18,3	0,36	–	
	17,3	17,3	23,1	24,3	0,6	0,3	14,2	14,2	25,8	27,6	0,6	0,3	18,3	0,36	–	
	17,3	17,3	23,1	24,3	0,6	0,3	14,2	14,2	25,8	27,6	0,6	0,3	18,3	0,36	8,8	
	17,3	17,3	23,1	24,3	0,6	0,3	14,2	14,2	25,8	27,6	0,6	0,3	18,3	0,36	8,8	
<b>12</b>	15,1	15,1	18,1	–	0,3	0,15	14	14	19	20,2	0,3	0,15	15,4	0,07	–	
	15,1	15,1	18,1	–	0,3	0,15	14	14	19	20,2	0,3	0,15	15,4	0,07	–	
	15,1	15,1	18,1	–	0,3	0,15	14	14	19	20,2	0,3	0,15	15,4	0,07	15,4	
	15,1	15,1	18,1	–	0,3	0,15	14	14	19	20,2	0,3	0,15	15,4	0,07	15,4	
	16	15,3	20	–	0,3	0,15	14	14	22	23,2	0,3	0,15	16,8	0,1	–	
	16	15,3	20	–	0,3	0,15	14	14	22	23,2	0,3	0,15	16,8	0,1	–	
	16	15,3	20	–	0,3	0,15	14	14	22	23,2	0,3	0,15	16,8	0,1	7,8	
	16	15,3	20	–	0,3	0,15	14	14	22	23,2	0,3	0,15	16,8	0,1	7,8	
	16	16	20	21,8	0,3	0,2	14	14	22	22,6	0,3	0,2	16,8	0,12	–	
	16	16	20	21,8	0,3	0,2	14	14	22	22,6	0,3	0,2	16,8	0,12	–	
	16	16	20	21,8	0,3	0,2	14	14	22	22,6	0,3	0,2	16,8	0,12	9,8	
	16	16	20	21,8	0,3	0,2	14	14	22	22,6	0,3	0,2	16,8	0,12	9,8	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

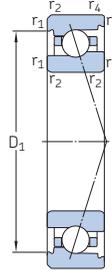
## 2.1 Schrägkugellager d 12 – 15 mm



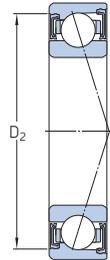
ACD, CD



719 .. ACE,  
719 .. CE



70 .. ACE,  
70 .. CE



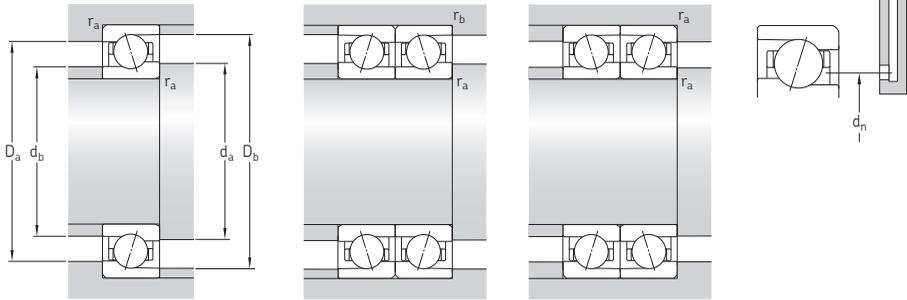
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Drehzahlen	Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen				
	dyn.	stat.					Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>	Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	C <sub>0</sub>							
mm					kN	kN	min <sup>-1</sup>	kg	-	-	
12 Forts.	28	8	3,07	1,27	0,054	73 000	112 000	0,021	7001 ACE/P4A	S	H
	28	8	3,07	1,27	0,054	88 000	133 000	0,019	7001 ACE/HCP4A	S	H
	28	8	3,19	1,34	0,057	80 000	127 000	0,021	7001 CE/P4A	S	H
	28	8	3,19	1,34	0,057	98 000	150 000	0,019	7001 CE/HCP4A	S	H
	28	8	4,36	1,83	0,078	60 000	90 000	0,021	7001 ACD/P4A	S	H
	28	8	4,36	1,83	0,078	70 000	110 000	0,018	7001 ACD/HCP4A	S	H
	28	8	4,49	1,9	0,08	67 000	100 000	0,021	7001 CD/P4A	S	H
	28	8	4,49	1,9	0,08	80 000	120 000	0,018	7001 CD/HCP4A	S	H
	32	10	5,72	2,45	0,104	48 000	70 000	0,037	7201 ACD/P4A	S	-
	32	10	5,72	2,45	0,104	56 000	85 000	0,033	7201 ACD/HCP4A	S	-
	32	10	5,85	2,55	0,108	53 000	80 000	0,037	7201 CD/P4A	S	-
	32	10	5,85	2,55	0,108	67 000	95 000	0,033	7201 CD/HCP4A	S	-
15	24	5	2,16	1,4	0,06	53 000	80 000	0,007	71802 ACD/P4	-	-
	24	5	2,16	1,4	0,06	63 000	100 000	0,006	71802 ACD/HCP4	-	-
	24	5	2,29	1,5	0,063	60 000	90 000	0,007	71802 CD/P4	-	-
	24	5	2,29	1,5	0,063	70 000	110 000	0,006	71802 CD/HCP4	-	-
	28	7	3,02	1,34	0,057	68 000	106 000	0,015	71902 ACE/P4A	-	H
	28	7	3,02	1,34	0,057	83 000	127 000	0,013	71902 ACE/HCP4A	-	H
	28	7	3,19	1,4	0,06	75 000	115 000	0,015	71902 CE/P4A	-	H
	28	7	3,19	1,4	0,06	90 000	140 000	0,013	71902 CE/HCP4A	-	H
	28	7	3,77	1,8	0,078	50 000	75 000	0,015	71902 ACD/P4A	S	-
	28	7	3,77	1,8	0,078	60 000	90 000	0,014	71902 ACD/HCP4A	S	-
	28	7	3,97	1,9	0,08	56 000	85 000	0,015	71902 CD/P4A	S	-
	28	7	3,97	1,9	0,08	70 000	100 000	0,014	71902 CD/HCP4A	S	-
	32	9	4,23	1,83	0,078	63 000	95 000	0,028	7002 ACE/P4A	S	H
	32	9	4,23	1,83	0,078	75 000	115 000	0,025	7002 ACE/HCP4A	S	H
	32	9	4,42	1,93	0,08	68 000	106 000	0,028	7002 CE/P4A	S	H
	32	9	4,42	1,93	0,08	83 000	127 000	0,025	7002 CE/HCP4A	S	H

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

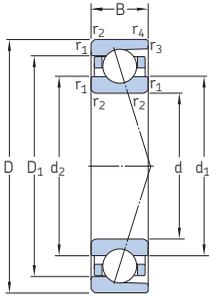
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



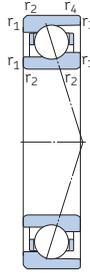
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor $f_0$		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>		
mm															cm <sup>3</sup>	–
12 Forts.	17,5	16,5	24,4	24,4	0,3	0,15	14	14	26	26,6	0,3	0,15	18,5	0,31	–	
	17,5	16,5	24,4	24,4	0,3	0,15	14	14	26	26,6	0,3	0,15	18,5	0,31	–	
	17,5	16,5	24,4	24,4	0,3	0,15	14	14	26	26,6	0,3	0,15	18,5	0,31	7,3	
	17,5	16,5	24,4	24,4	0,3	0,15	14	14	26	26,6	0,3	0,15	18,5	0,31	7,3	
	17,1	17,1	22,9	25,5	0,3	0,2	14	14	26	26,6	0,3	0,2	18	0,27	–	
	17,1	17,1	22,9	25,5	0,3	0,2	14	14	26	26,6	0,3	0,2	18	0,27	–	
	17,1	17,1	22,9	25,5	0,3	0,2	14	14	26	26,6	0,3	0,2	18	0,27	8,7	
	17,1	17,1	22,9	25,5	0,3	0,2	14	14	26	26,6	0,3	0,2	18	0,27	8,7	
	18,6	18,6	25,4	26,6	0,6	0,3	16,2	16,2	27,8	29,6	0,6	0,3	20	0,51	–	
	18,6	18,6	25,4	26,6	0,6	0,3	16,2	16,2	27,8	29,6	0,6	0,3	20	0,51	–	
	18,6	18,6	25,4	26,6	0,6	0,3	16,2	16,2	27,8	29,6	0,6	0,3	20	0,51	8,5	
	18,6	18,6	25,4	26,6	0,6	0,3	16,2	16,2	27,8	29,6	0,6	0,3	20	0,51	8,5	
15	18,1	18,1	21,1	–	0,3	0,15	17	17	22	23,2	0,3	0,15	18,4	0,08	–	
	18,1	18,1	21,1	–	0,3	0,15	17	17	22	23,2	0,3	0,15	18,4	0,08	–	
	18,1	18,1	21,1	–	0,3	0,15	17	17	22	23,2	0,3	0,15	18,4	0,08	16	
	18,1	18,1	21,1	–	0,3	0,15	17	17	22	23,2	0,3	0,15	18,4	0,08	16	
	19,1	18,1	23,9	–	0,3	0,15	17	17	26	27,2	0,3	0,15	20	0,2	–	
	19,1	18,1	23,9	–	0,3	0,15	17	17	26	27,2	0,3	0,15	20	0,2	–	
	19,1	18,1	23,9	–	0,3	0,15	17	17	26	27,2	0,3	0,15	20	0,2	7,7	
	19,1	18,1	23,9	–	0,3	0,15	17	17	26	27,2	0,3	0,15	20	0,2	7,7	
	19,1	19,1	23,7	25,8	0,3	0,2	17	17	26	26,6	0,3	0,2	20,1	0,21	–	
	19,1	19,1	23,7	25,8	0,3	0,2	17	17	26	26,6	0,3	0,2	20,1	0,21	–	
	19,1	19,1	23,7	25,8	0,3	0,2	17	17	26	26,6	0,3	0,2	20,1	0,21	9,6	
	19,1	19,1	23,7	25,8	0,3	0,2	17	17	26	26,6	0,3	0,2	20,1	0,21	9,6	
	20,7	19,5	28,8	28,8	0,3	0,15	17	17	30	30,6	0,3	0,15	21,9	0,5	–	
	20,7	19,5	28,8	28,8	0,3	0,15	17	17	30	30,6	0,3	0,15	21,9	0,5	–	
	20,7	19,5	28,8	28,8	0,3	0,15	17	17	30	30,6	0,3	0,15	21,9	0,5	7,3	
	20,7	19,5	28,8	28,8	0,3	0,15	17	17	30	30,6	0,3	0,15	21,9	0,5	7,3	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

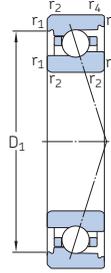
## 2.1 Schrägkugellager d 15 – 17 mm



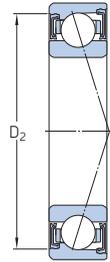
ACD, CD



719 .. ACE,  
719 .. CE



70 .. ACE,  
70 .. CE



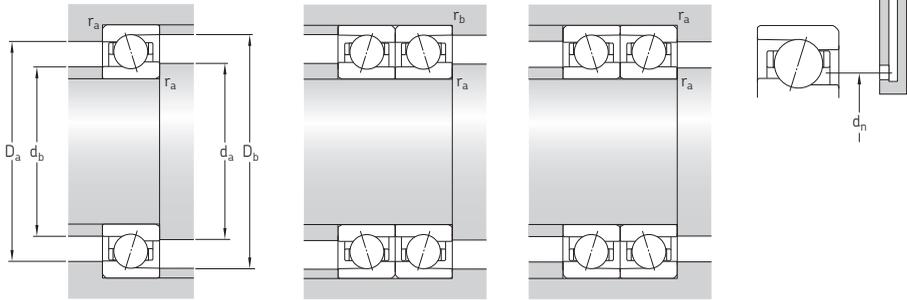
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen			
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>			
d	D	B	C	$C_0$								
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-	-	
<b>15</b>	32	9	4,94	2,32	0,098	50 000	75 000	0,03	7002 ACD/P4A	S	H	
	Forts.	32	9	4,94	2,32	0,098	60 000	95 000	0,027	7002 ACD/HCP4A	S	H
		32	9	5,2	2,45	0,104	56 000	85 000	0,03	7002 CD/P4A	S	H
		32	9	5,2	2,45	0,104	67 000	100 000	0,027	7002 CD/HCP4A	S	H
<b>17</b>	35	11	7,15	3,2	0,134	43 000	63 000	0,043	7202 ACD/P4A	S	-	
	35	11	7,15	3,2	0,134	50 000	75 000	0,037	7202 ACD/HCP4A	S	-	
	35	11	7,41	3,35	0,14	48 000	70 000	0,043	7202 CD/P4A	S	-	
	35	11	7,41	3,35	0,14	60 000	85 000	0,037	7202 CD/HCP4A	S	-	
<b>17</b>	26	5	2,21	1,53	0,064	48 000	75 000	0,01	71803 ACD/P4	-	-	
	26	5	2,21	1,53	0,064	60 000	90 000	0,009	71803 ACD/HCP4	-	-	
	26	5	2,34	1,6	0,068	53 000	85 000	0,01	71803 CD/P4	-	-	
	26	5	2,34	1,6	0,068	63 000	100 000	0,009	71803 CD/HCP4	-	-	
	30	7	3,19	1,46	0,063	63 000	95 000	0,016	71903 ACE/P4A	-	H	
	30	7	3,19	1,46	0,063	75 000	115 000	0,014	71903 ACE/HCP4A	-	H	
	30	7	3,32	1,56	0,067	70 000	106 000	0,016	71903 CE/P4A	-	H	
	30	7	3,32	1,56	0,067	83 000	127 000	0,014	71903 CE/HCP4A	-	H	
	30	7	3,97	2	0,085	45 000	67 000	0,017	71903 ACD/P4A	S	-	
	30	7	3,97	2	0,085	53 000	80 000	0,015	71903 ACD/HCP4A	S	-	
	30	7	4,16	2,08	0,088	50 000	75 000	0,017	71903 CD/P4A	S	-	
	30	7	4,16	2,08	0,088	63 000	90 000	0,015	71903 CD/HCP4A	S	-	
	35	10	5,59	2,45	0,104	56 000	88 000	0,035	7003 ACE/P4A	S	H	
	35	10	5,59	2,45	0,104	68 000	103 000	0,03	7003 ACE/HCP4A	S	H	
	35	10	5,85	2,55	0,108	63 000	95 000	0,035	7003 CE/P4A	S	H	
	35	10	5,85	2,55	0,108	75 000	115 000	0,03	7003 CE/HCP4A	S	H	
35	10	6,5	3,1	0,132	45 000	70 000	0,038	7003 ACD/P4A	S	H		
35	10	6,5	3,1	0,132	56 000	85 000	0,033	7003 ACD/HCP4A	S	H		
35	10	6,76	3,25	0,137	50 000	75 000	0,038	7003 CD/P4A	S	H		
35	10	6,76	3,25	0,137	60 000	95 000	0,033	7003 CD/HCP4A	S	H		

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

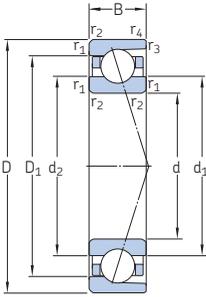
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



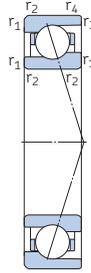
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>15</b> Forts.	20,6	20,6	26,4	29,2	0,3	0,2	17	17	30	30,6	0,3	0,2	21,5	0,39	–	
	20,6	20,6	26,4	29,2	0,3	0,2	17	17	30	30,6	0,3	0,2	21,5	0,39	–	
	20,6	20,6	26,4	29,2	0,3	0,2	17	17	30	30,6	0,3	0,2	21,5	0,39	9,3	
	20,6	20,6	26,4	29,2	0,3	0,2	17	17	30	30,6	0,3	0,2	21,5	0,39	9,3	
	20,6	20,6	26,4	29,2	0,3	0,2	17	17	30	30,6	0,3	0,2	21,5	0,39	9,3	
<b>17</b>	21,4	21,4	29,1	30,7	0,6	0,3	19,2	19,2	30,8	32,6	0,6	0,3	23	0,73	–	
	21,4	21,4	29,1	30,7	0,6	0,3	19,2	19,2	30,8	32,6	0,6	0,3	23	0,73	–	
	21,4	21,4	29,1	30,7	0,6	0,3	19,2	19,2	30,8	32,6	0,6	0,3	23	0,73	8,5	
	21,4	21,4	29,1	30,7	0,6	0,3	19,2	19,2	30,8	32,6	0,6	0,3	23	0,73	8,5	
	20,1	20,1	23	–	0,3	0,15	19	19	24	25,2	0,3	0,15	20,4	0,09	–	
	20,1	20,1	23	–	0,3	0,15	19	19	24	25,2	0,3	0,15	20,4	0,09	–	
	20,1	20,1	23	–	0,3	0,15	19	19	24	25,2	0,3	0,15	20,4	0,09	16,2	
	20,1	20,1	23	–	0,3	0,15	19	19	24	25,2	0,3	0,15	20,4	0,09	16,2	
	21,1	20,1	25,9	–	0,3	0,15	19	19	28	29,2	0,3	0,15	22	0,2	–	
	21,1	20,1	25,9	–	0,3	0,15	19	19	28	29,2	0,3	0,15	22	0,2	–	
	21,1	20,1	25,9	–	0,3	0,15	19	19	28	29,2	0,3	0,15	22	0,2	7,9	
	21,1	20,1	25,9	–	0,3	0,15	19	19	28	29,2	0,3	0,15	22	0,2	7,9	
	20,9	20,9	25,7	27,8	0,3	0,2	19	19	28	28,6	0,3	0,2	22,1	0,24	–	
	20,9	20,9	25,7	27,8	0,3	0,2	19	19	28	28,6	0,3	0,2	22,1	0,24	–	
	20,9	20,9	25,7	27,8	0,3	0,2	19	19	28	28,6	0,3	0,2	22,1	0,24	9,8	
20,9	20,9	25,7	27,8	0,3	0,2	19	19	28	28,6	0,3	0,2	22,1	0,24	9,8		
22,7	21,1	31,2	31,2	0,3	0,15	19	19	33	33,6	0,3	0,15	24,1	0,68	–		
22,7	21,1	31,2	31,2	0,3	0,15	19	19	33	33,6	0,3	0,15	24,1	0,68	–		
22,7	21,1	31,2	31,2	0,3	0,15	19	19	33	33,6	0,3	0,15	24,1	0,68	7,2		
22,7	21,1	31,2	31,2	0,3	0,15	19	19	33	33,6	0,3	0,15	24,1	0,68	7,2		
22,6	22,6	29,3	32,4	0,3	0,2	19	19	33	33,6	0,3	0,2	23,7	0,54	–		
22,6	22,6	29,3	32,4	0,3	0,2	19	19	33	33,6	0,3	0,2	23,7	0,54	–		
22,6	22,6	29,3	32,4	0,3	0,2	19	19	33	33,6	0,3	0,2	23,7	0,54	9,1		
22,6	22,6	29,3	32,4	0,3	0,2	19	19	33	33,6	0,3	0,2	23,7	0,54	9,1		

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

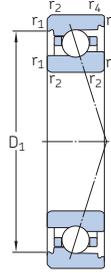
## 2.1 Schrägkugellager d 17 – 20 mm



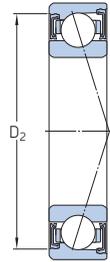
ACD, CD



719 .. ACE,  
719 .. CE



70 .. ACE,  
70 .. CE



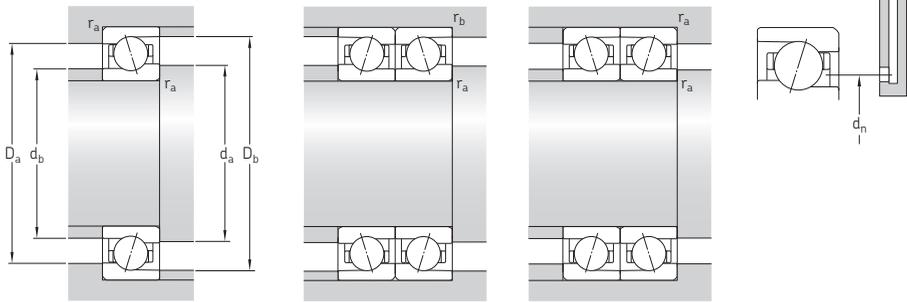
S... 1)

	Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungsgrenzbelastung $P_u$	Erreichbare Festschmierung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen	
	d	D	B	C	$C_0$			Öl-Luft-Schmierung <sup>2)</sup>	Dichtungs-lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl-Luft-Schmierung <sup>3)</sup>	
	mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$			kg	-	-	
<b>17</b>	40	12	8,84	4	0,17	0,17	38 000	56 000	0,063	0,063	7203 ACD/P4A	S	-
Forts.	40	12	8,84	4	0,17	0,17	45 000	67 000	0,054	0,054	7203 ACD/HCP4A	S	-
	40	12	9,23	4,15	0,176	0,176	43 000	63 000	0,063	0,063	7203 CD/P4A	S	-
	40	12	9,23	4,15	0,176	0,176	53 000	75 000	0,054	0,054	7203 CD/HCP4A	S	-
<b>20</b>	32	7	3,64	2,5	0,106	0,106	40 000	63 000	0,018	0,018	71804 ACD/P4	-	-
	32	7	3,64	2,5	0,106	0,106	48 000	75 000	0,017	0,017	71804 ACD/HCP4	-	-
	32	7	3,9	2,65	0,112	0,112	45 000	70 000	0,018	0,018	71804 CD/P4	-	-
	32	7	3,9	2,65	0,112	0,112	53 000	80 000	0,017	0,017	71804 CD/HCP4	-	-
	37	9	4,68	2,28	0,098	0,098	52 000	78 000	0,036	0,036	71904 ACE/P4A	S	H, L
	37	9	4,68	2,28	0,098	0,098	60 000	95 000	0,032	0,032	71904 ACE/HCP4A	S	H, L
	37	9	4,88	2,4	0,102	0,102	56 000	88 000	0,036	0,036	71904 CE/P4A	S	H, L
	37	9	4,88	2,4	0,102	0,102	68 000	106 000	0,032	0,032	71904 CE/HCP4A	S	H, L
	37	9	5,72	3,05	0,129	0,129	38 000	56 000	0,035	0,035	71904 ACD/P4A	S	-
	37	9	5,72	3,05	0,129	0,129	45 000	67 000	0,033	0,033	71904 ACD/HCP4A	S	-
	37	9	6,05	3,2	0,137	0,137	43 000	63 000	0,035	0,035	71904 CD/P4A	S	-
	37	9	6,05	3,2	0,137	0,137	53 000	75 000	0,033	0,033	71904 CD/HCP4A	S	-
	42	12	7,15	3,25	0,137	0,137	48 000	75 000	0,064	0,064	7004 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	42	12	7,15	3,25	0,137	0,137	58 000	88 000	0,056	0,056	7004 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	42	12	7,41	3,35	0,143	0,143	54 000	83 000	0,064	0,064	7004 CE/P4A	S	H1, L, L1
	42	12	7,41	3,35	0,143	0,143	65 000	100 000	0,056	0,056	7004 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	42	12	8,32	4,15	0,173	0,173	38 000	60 000	0,068	0,068	7004 ACD/P4A	S	H
	42	12	8,32	4,15	0,173	0,173	45 000	70 000	0,06	0,06	7004 ACD/HCP4A	S	H
	42	12	8,71	4,3	0,18	0,18	43 000	63 000	0,068	0,068	7004 CD/P4A	S	H
	42	12	8,71	4,3	0,18	0,18	50 000	80 000	0,06	0,06	7004 CD/HCP4A	S	H
	47	14	11,4	5,6	0,236	0,236	32 000	48 000	0,1	0,1	7204 ACD/P4A	S	-
	47	14	11,4	5,6	0,236	0,236	38 000	56 000	0,09	0,09	7204 ACD/HCP4A	S	-
	47	14	11,9	5,85	0,245	0,245	36 000	53 000	0,1	0,1	7204 CD/P4A	S	-
	47	14	11,9	5,85	0,245	0,245	43 000	60 000	0,09	0,09	7204 CD/HCP4A	S	-

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

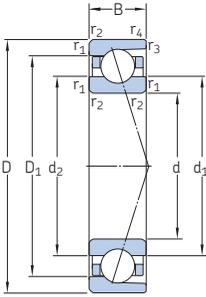
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



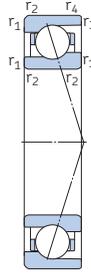
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>17</b> Forts.	24,1	24,1	32,8	34,4	0,6	0,3	21,2	21,2	35,8	37,6	0,6	0,3	25,9	1	–	
	24,1	24,1	32,8	34,4	0,6	0,3	21,2	21,2	35,8	37,6	0,6	0,3	25,9	1	–	
	24,1	24,1	32,8	34,4	0,6	0,3	21,2	21,2	35,8	37,6	0,6	0,3	25,9	1	8,5	
	24,1	24,1	32,8	34,4	0,6	0,3	21,2	21,2	35,8	37,6	0,6	0,3	25,9	1	8,5	
<b>20</b>	24,1	24,1	28,1	–	0,3	0,15	22	22	30	31,2	0,3	0,15	24,5	0,18	–	
	24,1	24,1	28,1	–	0,3	0,15	22	22	30	31,2	0,3	0,15	24,5	0,18	–	
	24,1	24,1	28,1	–	0,3	0,15	22	22	30	31,2	0,3	0,15	24,5	0,18	16	
	24,1	24,1	28,1	–	0,3	0,15	22	22	30	31,2	0,3	0,15	24,5	0,18	16	
	25,7	24,4	31,5	33,5	0,3	0,15	22	22	35	36,2	0,3	0,15	26,7	0,5	–	
	25,7	24,4	31,5	33,5	0,3	0,15	22	22	35	36,2	0,3	0,15	26,7	0,5	–	
	25,7	24,4	31,5	33,5	0,3	0,15	22	22	35	36,2	0,3	0,15	26,7	0,5	7,8	
	25,7	24,4	31,5	33,5	0,3	0,15	22	22	35	36,2	0,3	0,15	26,7	0,5	7,8	
	25,6	25,6	31,4	34	0,3	0,2	22	22	35	35,6	0,3	0,2	26,8	0,45	–	
	25,6	25,6	31,4	34	0,3	0,2	22	22	35	35,6	0,3	0,2	26,8	0,45	–	
	25,6	25,6	31,4	34	0,3	0,2	22	22	35	35,6	0,3	0,2	26,8	0,45	9,8	
	25,6	25,6	31,4	34	0,3	0,2	22	22	35	35,6	0,3	0,2	26,8	0,45	9,8	
	26,6	24,8	36,5	36,5	0,6	0,3	22	22	40	39,6	0,6	0,3	28,1	1,1	–	
	26,6	24,8	36,5	36,5	0,6	0,3	22	22	40	39,6	0,6	0,3	28,1	1,1	–	
	26,6	24,8	36,5	36,5	0,6	0,3	22	22	40	39,6	0,6	0,3	28,1	1,1	7,2	
	26,6	24,8	36,5	36,5	0,6	0,3	22	22	40	39,6	0,6	0,3	28,1	1,1	7,2	
	27,1	27,1	34,8	37,1	0,6	0,3	23,2	23,2	38,8	40	0,6	0,3	28,4	0,9	–	
	27,1	27,1	34,8	37,1	0,6	0,3	23,2	23,2	38,8	40	0,6	0,3	28,4	0,9	–	
	27,1	27,1	34,8	37,1	0,6	0,3	23,2	23,2	38,8	40	0,6	0,3	28,4	0,9	9,2	
	27,1	27,1	34,8	37,1	0,6	0,3	23,2	23,2	38,8	40	0,6	0,3	28,4	0,9	9,2	
29,1	29,1	38,7	40,9	1	0,3	25,6	25,6	41,4	44,6	1	0,3	31,1	1,5	–		
29,1	29,1	38,7	40,9	1	0,3	25,6	25,6	41,4	44,6	1	0,3	31,1	1,5	–		
29,1	29,1	38,7	40,9	1	0,3	25,6	25,6	41,4	44,6	1	0,3	31,1	1,5	8,7		
29,1	29,1	38,7	40,9	1	0,3	25,6	25,6	41,4	44,6	1	0,3	31,1	1,5	8,7		

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

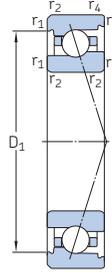
## 2.1 Schrägkugellager d 25 – 30 mm



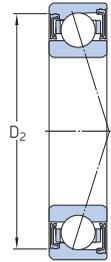
ACD, CD



719 .. ACE,  
719 .. CE



70 .. ACE,  
70 .. CE



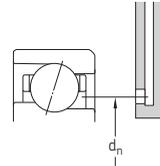
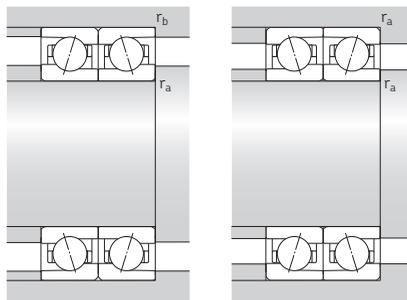
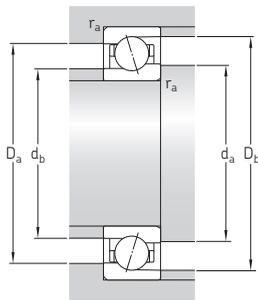
S...<sup>1)</sup>

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	C <sub>0</sub>							
mm					kN	kN	min <sup>-1</sup>	kg	-	-	
25	37	7	3,9	3,05	0,129	34 000	53 000	0,021	71805 ACD/P4	-	-
	37	7	3,9	3,05	0,129	40 000	63 000	0,019	71805 ACD/HCP4	-	-
	37	7	4,16	3,2	0,137	38 000	56 000	0,021	71805 CD/P4	-	-
	37	7	4,16	3,2	0,137	45 000	70 000	0,019	71805 CD/HCP4	-	-
	42	9	4,94	2,7	0,114	44 000	68 000	0,04	71905 ACE/P4A	S	H, L
	42	9	4,94	2,7	0,114	52 000	83 000	0,036	71905 ACE/HCP4A	S	H, L
	42	9	5,27	2,85	0,12	49 000	75 000	0,04	71905 CE/P4A	S	H, L
	42	9	5,27	2,85	0,12	58 000	90 000	0,036	71905 CE/HCP4A	S	H, L
	42	9	6,37	3,8	0,16	32 000	48 000	0,042	71905 ACD/P4A	S	-
	42	9	6,37	3,8	0,16	38 000	56 000	0,039	71905 ACD/HCP4A	S	-
	42	9	6,76	4	0,17	36 000	53 000	0,042	71905 CD/P4A	S	-
	42	9	6,76	4	0,17	45 000	63 000	0,039	71905 CD/HCP4A	S	-
30	47	12	7,93	3,9	0,166	42 000	63 000	0,074	7005 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	47	12	7,93	3,9	0,166	50 000	75 000	0,065	7005 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	47	12	8,32	4,15	0,173	46 000	70 000	0,074	7005 CE/P4A	S	H1, L, L1
	47	12	8,32	4,15	0,173	56 000	85 000	0,065	7005 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	47	12	9,23	5	0,212	34 000	50 000	0,079	7005 ACD/P4A	S	H
	47	12	9,23	5	0,212	40 000	60 000	0,07	7005 ACD/HCP4A	S	H
	47	12	9,56	5,2	0,22	36 000	56 000	0,079	7005 CD/P4A	S	H
	47	12	9,56	5,2	0,22	43 000	67 000	0,07	7005 CD/HCP4A	S	H
	52	15	13	6,95	0,29	26 000	40 000	0,13	7205 ACD/P4A	S	-
	52	15	13	6,95	0,29	32 000	48 000	0,11	7205 ACD/HCP4A	S	-
	52	15	13,5	7,2	0,305	30 000	45 000	0,13	7205 CD/P4A	S	-
	52	15	13,5	7,2	0,305	38 000	53 000	0,11	7205 CD/HCP4A	S	-
30	42	7	4,16	3,55	0,15	28 000	45 000	0,026	71806 ACD/P4	-	-
	42	7	4,16	3,55	0,15	34 000	53 000	0,024	71806 ACD/HCP4	-	-
	42	7	4,42	3,75	0,16	32 000	50 000	0,026	71806 CD/P4	-	-
	42	7	4,42	3,75	0,16	38 000	60 000	0,024	71806 CD/HCP4	-	-

<sup>1)</sup> Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

<sup>2)</sup> Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

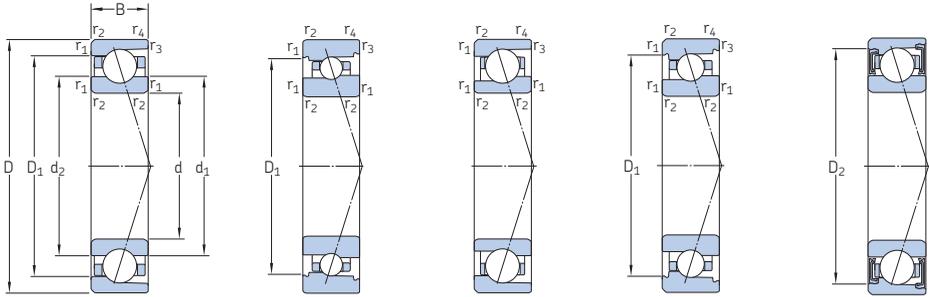
<sup>3)</sup> Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-			
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>		
mm																cm <sup>3</sup>	–
25	29,1	29,1	33,1	–	0,3	0,15	27	27	35	36,2	0,3	0,15	29,5	0,21	–		
	29,1	29,1	33,1	–	0,3	0,15	27	27	35	36,2	0,3	0,15	29,5	0,21	–		
	29,1	29,1	33,1	–	0,3	0,15	27	27	35	36,2	0,3	0,15	29,5	0,21	16,4		
	29,1	29,1	33,1	–	0,3	0,15	27	27	35	36,2	0,3	0,15	29,5	0,21	16,4		
	30,7	29,4	36,4	38,4	0,3	0,15	27	27	40	41,2	0,3	0,15	31,8	0,6	–		
	30,7	29,4	36,4	38,4	0,3	0,15	27	27	40	41,2	0,3	0,15	31,8	0,6	–		
	30,7	29,4	36,4	38,4	0,3	0,15	27	27	40	41,2	0,3	0,15	31,8	0,6	8,1		
	30,7	29,4	36,4	38,4	0,3	0,15	27	27	40	41,2	0,3	0,15	31,8	0,6	8,1		
	30,6	30,6	36,4	39	0,3	0,2	27	27	40	40,6	0,3	0,2	31,8	0,54	–		
	30,6	30,6	36,4	39	0,3	0,2	27	27	40	40,6	0,3	0,2	31,8	0,54	–		
	30,6	30,6	36,4	39	0,3	0,2	27	27	40	40,6	0,3	0,2	31,8	0,54	10,2		
	30,6	30,6	36,4	39	0,3	0,2	27	27	40	40,6	0,3	0,2	31,8	0,54	10,2		
30	31,6	29,8	41,5	41,5	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	44,6	0,6	0,3	33,1	1,3	–		
	31,6	29,8	41,5	41,5	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	44,6	0,6	0,3	33,1	1,3	–		
	31,6	29,8	41,5	41,5	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	44,6	0,6	0,3	33,1	1,3	7,5		
	31,6	29,8	41,5	41,5	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	44,6	0,6	0,3	33,1	1,3	7,5		
	32,1	32,1	39,9	42,2	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	45	0,6	0,3	33,4	1	–		
	32,1	32,1	39,9	42,2	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	45	0,6	0,3	33,4	1	–		
	32,1	32,1	39,9	42,2	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	45	0,6	0,3	33,4	1	9,6		
	32,1	32,1	39,9	42,2	0,6	0,3	28,2	28,2	43,8	45	0,6	0,3	33,4	1	9,6		
	34,1	34,1	43,7	45,9	1	0,3	30,6	30,6	46,4	49,6	1	0,3	36,1	1,9	–		
	34,1	34,1	43,7	45,9	1	0,3	30,6	30,6	46,4	49,6	1	0,3	36,1	1,9	–		
	34,1	34,1	43,7	45,9	1	0,3	30,6	30,6	46,4	49,6	1	0,3	36,1	1,9	9,1		
	34,1	34,1	43,7	45,9	1	0,3	30,6	30,6	46,4	49,6	1	0,3	36,1	1,9	9,1		
30	34,1	34,1	38,1	–	0,3	0,15	32	32	40	41,2	0,3	0,15	34,5	0,24	–		
	34,1	34,1	38,1	–	0,3	0,15	32	32	40	41,2	0,3	0,15	34,5	0,24	–		
	34,1	34,1	38,1	–	0,3	0,15	32	32	40	41,2	0,3	0,15	34,5	0,24	16,8		
	34,1	34,1	38,1	–	0,3	0,15	32	32	40	41,2	0,3	0,15	34,5	0,24	16,8		

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 30 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

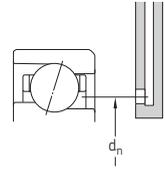
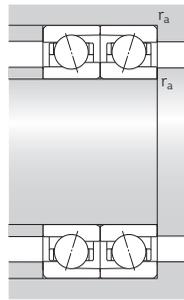
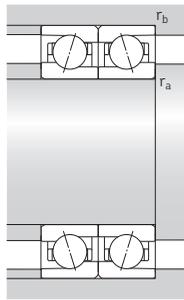
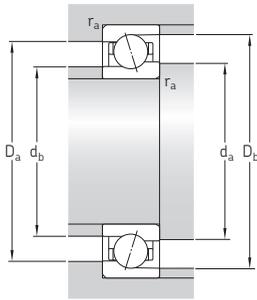
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>	
	d	D			dyn.	stat.					Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>
mm			kN	kN	$\text{min}^{-1}$			-	-		
<b>30</b>	47	9	4,62	3	0,127	36 000	56 000	0,047	<b>71906 ACB/P4A</b>	S	-
Forts.	47	9	4,62	3	0,127	43 000	67 000	0,044	<b>71906 ACB/HCP4A</b>	S	-
	47	9	4,88	3,15	0,134	40 000	60 000	0,047	<b>71906 CB/P4A</b>	S	-
	47	9	4,88	3,15	0,134	48 000	75 000	0,044	<b>71906 CB/HCP4A</b>	S	-
	47	9	5,27	3,1	0,132	37 000	58 000	0,05	<b>71906 ACE/P4A</b>	S	H, L
	47	9	5,27	3,1	0,132	44 000	70 000	0,045	<b>71906 ACE/HCP4A</b>	S	H, L
	47	9	5,59	3,25	0,14	41 000	63 000	0,05	<b>71906 CE/P4A</b>	S	H, L
	47	9	5,59	3,25	0,14	49 000	75 000	0,045	<b>71906 CE/HCP4A</b>	S	H, L
	47	9	6,76	4,3	0,183	26 000	40 000	0,048	<b>71906 ACD/P4A</b>	S	-
	47	9	6,76	4,3	0,183	32 000	48 000	0,045	<b>71906 ACD/HCP4A</b>	S	-
	47	9	7,15	4,55	0,193	30 000	45 000	0,048	<b>71906 CD/P4A</b>	S	-
	47	9	7,15	4,55	0,193	38 000	53 000	0,045	<b>71906 CD/HCP4A</b>	S	-
	55	13	6,18	3,9	0,166	34 000	50 000	0,13	<b>7006 ACB/P4A</b>	S	-
	55	13	6,18	3,9	0,166	40 000	60 000	0,13	<b>7006 ACB/HCP4A</b>	S	-
	55	13	6,5	4,15	0,176	36 000	56 000	0,13	<b>7006 CB/P4A</b>	S	-
	55	13	6,5	4,15	0,176	43 000	67 000	0,13	<b>7006 CB/HCP4A</b>	S	-
	55	13	8,84	5	0,212	35 000	54 000	0,11	<b>7006 ACE/P4A</b>	S	H1, L, L1
	55	13	8,84	5	0,212	42 000	65 000	0,1	<b>7006 ACE/HCP4A</b>	S	H1, L, L1
	55	13	9,36	5,2	0,22	39 000	60 000	0,11	<b>7006 CE/P4A</b>	S	H1, L, L1
	55	13	9,36	5,2	0,22	47 000	73 000	0,1	<b>7006 CE/HCP4A</b>	S	H1, L, L1
	55	13	13,8	7,65	0,325	28 000	43 000	0,11	<b>7006 ACD/P4A</b>	S	H
	55	13	13,8	7,65	0,325	34 000	53 000	0,095	<b>7006 ACD/HCP4A</b>	S	H
	55	13	14,3	8	0,34	32 000	48 000	0,11	<b>7006 CD/P4A</b>	S	H
	55	13	14,3	8	0,34	38 000	56 000	0,095	<b>7006 CD/HCP4A</b>	S	H
	62	16	23,4	15,3	0,64	20 000	34 000	0,2	<b>7206 ACD/P4A</b>	S	-
	62	16	23,4	15,3	0,64	26 000	40 000	0,17	<b>7206 ACD/HCP4A</b>	S	-
	62	16	24,2	16	0,67	24 000	38 000	0,2	<b>7206 CD/P4A</b>	S	-
	62	16	24,2	16	0,67	32 000	45 000	0,17	<b>7206 CD/HCP4A</b>	S	-

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

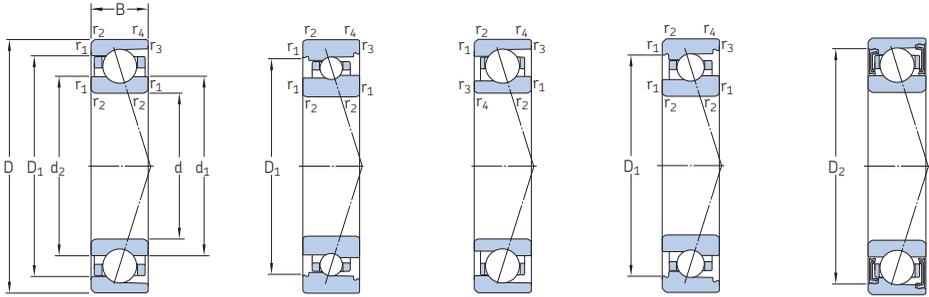
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-			
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>		
mm																cm <sup>3</sup>	–
30	36	35,1	43	43	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,6	0,72	–		
	36	35,1	43	43	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,6	0,72	–		
Forts.	36	35,1	43	43	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,6	0,72	9,5		
	36	35,1	43	43	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,6	0,72	9,5		
	35,8	34,4	41,4	43,4	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,8	0,6	–		
	35,8	34,4	41,4	43,4	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,8	0,6	–		
	35,8	34,4	41,4	43,4	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,8	0,6	8,3		
	35,8	34,4	41,4	43,4	0,3	0,15	32	32	45	46,2	0,3	0,15	36,8	0,6	8,3		
	35,6	35,6	41,4	44	0,3	0,2	32	32	45	45,6	0,3	0,2	36,8	0,63	–		
	35,6	35,6	41,4	44	0,3	0,2	32	32	45	45,6	0,3	0,2	36,8	0,63	–		
	35,6	35,6	41,4	44	0,3	0,2	32	32	45	45,6	0,3	0,2	36,8	0,63	10,4		
	35,6	35,6	41,4	44	0,3	0,2	32	32	45	45,6	0,3	0,2	36,8	0,63	10,4		
	39,5	38,3	47,3	47,3	1	0,6	34,6	34,6	50,4	51,8	1	0,6	40	1,4	–		
	39,5	38,3	47,3	47,3	1	0,6	34,6	34,6	50,4	51,8	1	0,6	40	1,4	–		
	39,5	38,3	47,3	47,3	1	0,6	34,6	34,6	50,4	51,8	1	0,6	40	1,4	9,4		
	39,5	38,3	47,3	47,3	1	0,6	34,6	34,6	50,4	51,8	1	0,6	40	1,4	9,4		
	38,2	36,4	48,1	48,1	1	0,6	34,6	34,6	50,4	50,8	1	0,6	39,9	1,7	–		
	38,2	36,4	48,1	48,1	1	0,6	34,6	34,6	50,4	50,8	1	0,6	39,9	1,7	–		
	38,2	36,4	48,1	48,1	1	0,6	34,6	34,6	50,4	50,8	1	0,6	39,9	1,7	7,9		
	38,2	36,4	48,1	48,1	1	0,6	34,6	34,6	50,4	50,8	1	0,6	39,9	1,7	7,9		
	37,7	37,7	47,3	49,6	1	0,3	34,6	34,6	50,4	53	1	0,3	39,3	1,6	–		
	37,7	37,7	47,3	49,6	1	0,3	34,6	34,6	50,4	53	1	0,3	39,3	1,6	–		
	37,7	37,7	47,3	49,6	1	0,3	34,6	34,6	50,4	53	1	0,3	39,3	1,6	9,4		
	37,7	37,7	47,3	49,6	1	0,3	34,6	34,6	50,4	53	1	0,3	39,3	1,6	9,4		
	40,2	40,2	51,8	54	1	0,3	35,6	35,6	56,4	59,6	1	0,3	42,7	2,8	–		
	40,2	40,2	51,8	54	1	0,3	35,6	35,6	56,4	59,6	1	0,3	42,7	2,8	–		
	40,2	40,2	51,8	54	1	0,3	35,6	35,6	56,4	59,6	1	0,3	42,7	2,8	14		
	40,2	40,2	51,8	54	1	0,3	35,6	35,6	56,4	59,6	1	0,3	42,7	2,8	14		

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 35 mm



ACD, CD

ACB, CB

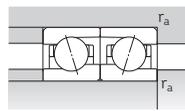
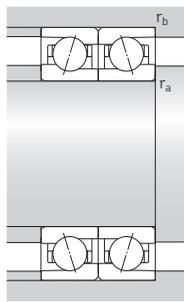
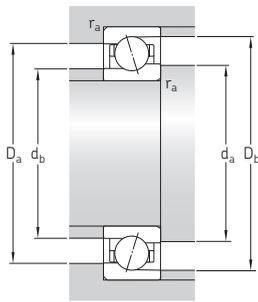
719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CES...<sup>1)</sup>

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	$C_0$							
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-	
35	47	7	4,36	4,05	0,173	26 000	40 000	0,028	71807 ACD/P4	-	-
	47	7	4,36	4,05	0,173	30 000	48 000	0,026	71807 ACD/HCP4	-	-
	47	7	4,62	4,3	0,183	28 000	43 000	0,028	71807 CD/P4	-	-
	47	7	4,62	4,3	0,183	34 000	53 000	0,026	71807 CD/HCP4	-	-
55	10	4,88	3,45	0,146	30 000	48 000	0,078	71907 ACB/P4A	S	-	
	55	10	4,88	3,45	0,146	36 000	56 000	0,074	71907 ACB/HCP4A	S	-
	55	10	5,2	3,65	0,156	34 000	53 000	0,078	71907 CB/P4A	S	-
	55	10	5,2	3,65	0,156	40 000	63 000	0,074	71907 CB/HCP4A	S	-
55	10	7,28	4,5	0,19	32 000	50 000	0,075	71907 ACE/P4A	S	H, L	
	55	10	7,28	4,5	0,19	38 000	60 000	0,067	71907 ACE/HCP4A	S	H, L
	55	10	7,61	4,75	0,2	36 000	54 000	0,075	71907 CE/P4A	S	H, L
	55	10	7,61	4,75	0,2	43 000	65 000	0,067	71907 CE/HCP4A	S	H, L
55	10	9,23	6,2	0,26	22 000	36 000	0,074	71907 ACD/P4A	S	-	
	55	10	9,23	6,2	0,26	28 000	43 000	0,068	71907 ACD/HCP4A	S	-
	55	10	9,75	6,55	0,275	26 000	40 000	0,074	71907 CD/P4A	S	-
	55	10	9,75	6,55	0,275	32 000	45 000	0,068	71907 CD/HCP4A	S	-
62	14	6,5	4,55	0,193	28 000	43 000	0,17	7007 ACB/P4A	S	-	
	62	14	6,5	4,55	0,193	34 000	53 000	0,16	7007 ACB/HCP4A	S	-
	62	14	6,89	4,8	0,204	32 000	48 000	0,17	7007 CB/P4A	S	-
	62	14	6,89	4,8	0,204	38 000	60 000	0,16	7007 CB/HCP4A	S	-
62	14	11,1	6,3	0,265	31 000	46 000	0,15	7007 ACE/P4A	S	H1, L, L1	
	62	14	11,1	6,3	0,265	36 000	56 000	0,13	7007 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	62	14	11,4	6,55	0,28	34 000	50 000	0,15	7007 CE/P4A	S	H1, L, L1
	62	14	11,4	6,55	0,28	40 000	63 000	0,13	7007 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
62	14	14,8	9	0,38	20 000	32 000	0,15	7007 ACD/P4A	S	H	
	62	14	14,8	9	0,38	24 000	38 000	0,13	7007 ACD/HCP4A	S	H
	62	14	15,6	9,5	0,4	24 000	36 000	0,15	7007 CD/P4A	S	H
	62	14	15,6	9,5	0,4	28 000	43 000	0,13	7007 CD/HCP4A	S	H

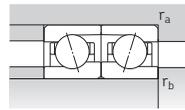
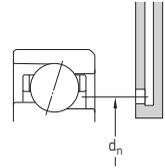
<sup>1)</sup> Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

<sup>2)</sup> Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

<sup>3)</sup> Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

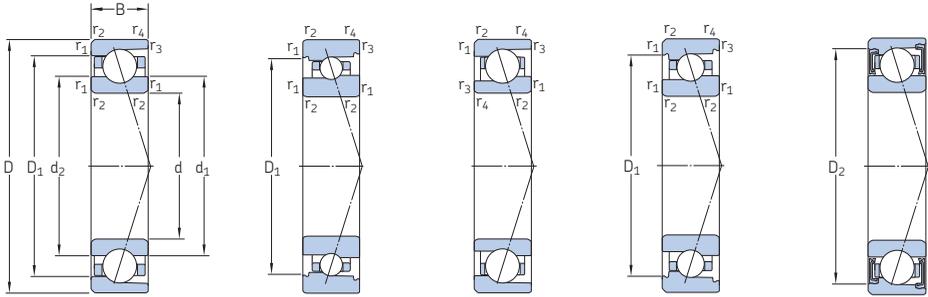


719 .. ACE, 719 .. CE

Abmessungen					Anschlussmaße										Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>	
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>			
mm																cm <sup>3</sup>	-
35	39,1	39,1	43,1	-	0,3	0,15	37	37	45	46,2	0,3	0,15	39,5	0,28	-		
	39,1	39,1	43,1	-	0,3	0,15	37	37	45	46,2	0,3	0,15	39,5	0,28	-		
	39,1	39,1	43,1	-	0,3	0,15	37	37	45	46,2	0,3	0,15	39,5	0,28	17		
	39,1	39,1	43,1	-	0,3	0,15	37	37	45	46,2	0,3	0,15	39,5	0,28	17		
	42,5	41,6	49,5	49,5	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53	0,6	0,3	43	0,96	-		
	42,5	41,6	49,5	49,5	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53	0,6	0,3	43	0,96	-		
	42,5	41,6	49,5	49,5	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53	0,6	0,3	43	0,96	9,7		
	42,5	41,6	49,5	49,5	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53	0,6	0,3	43	0,96	9,7		
	41,7	40,2	48,3	50,3	0,6	0,3	38,2	37	51,8	53	0,6	0,3	43	0,8	-		
	41,7	40,2	48,3	50,3	0,6	0,3	38,2	37	51,8	53	0,6	0,3	43	0,8	-		
	41,7	40,2	48,3	50,3	0,6	0,3	38,2	37	51,8	53	0,6	0,3	43	0,8	8,3		
	41,7	40,2	48,3	50,3	0,6	0,3	38,2	37	51,8	53	0,6	0,3	43	0,8	8,3		
41,6	41,6	48,4	50,1	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53,6	0,6	0,3	43	0,93	-			
41,6	41,6	48,4	50,1	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53,6	0,6	0,3	43	0,93	-			
41,6	41,6	48,4	50,1	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53,6	0,6	0,3	43	0,93	10,4			
41,6	41,6	48,4	50,1	0,6	0,3	38,2	38,2	51,8	53,6	0,6	0,3	43	0,93	10,4			
45,5	44,3	53,4	53,4	1	0,6	39,6	39,6	57,4	58,8	1	0,6	46,1	1,8	-			
45,5	44,3	53,4	53,4	1	0,6	39,6	39,6	57,4	58,8	1	0,6	46,1	1,8	-			
45,5	44,3	53,4	53,4	1	0,6	39,6	39,6	57,4	58,8	1	0,6	46,1	1,8	9,6			
45,5	44,3	53,4	53,4	1	0,6	39,6	39,6	57,4	58,8	1	0,6	46,1	1,8	9,6			
43,7	41,6	54,9	54,9	1	0,6	39,6	39,6	57,4	57,8	1	0,6	45,6	2,4	-			
43,7	41,6	54,9	54,9	1	0,6	39,6	39,6	57,4	57,8	1	0,6	45,6	2,4	-			
43,7	41,6	54,9	54,9	1	0,6	39,6	39,6	57,4	57,8	1	0,6	45,6	2,4	7,9			
43,7	41,6	54,9	54,9	1	0,6	39,6	39,6	57,4	57,8	1	0,6	45,6	2,4	7,9			
43,7	43,7	53,3	55,6	1	0,3	39,6	39,6	57,4	60	1	0,3	45,3	2	-			
43,7	43,7	53,3	55,6	1	0,3	39,6	39,6	57,4	60	1	0,3	45,3	2	-			
43,7	43,7	53,3	55,6	1	0,3	39,6	39,6	57,4	60	1	0,3	45,3	2	9,7			
43,7	43,7	53,3	55,6	1	0,3	39,6	39,6	57,4	60	1	0,3	45,3	2	9,7			

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 35 – 40 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

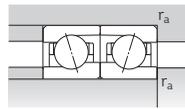
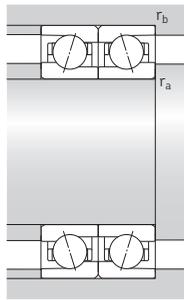
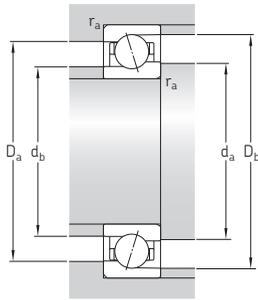
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	$C_0$							
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$				
35 Forts.	72	17	30,7	20,8	0,88	18 000	30 000	0,29	7207 ACD/P4A	S	–
	72	17	30,7	20,8	0,88	20 000	34 000	0,24	7207 ACD/HCP4A	S	–
	72	17	31,9	21,6	0,915	20 000	34 000	0,29	7207 CD/P4A	S	–
	72	17	31,9	21,6	0,915	26 000	38 000	0,24	7207 CD/HCP4A	S	–
40	52	7	4,49	4,55	0,196	22 000	34 000	0,031	71808 ACD/P4	–	–
	52	7	4,49	4,55	0,196	28 000	43 000	0,029	71808 ACD/HCP4	–	–
	52	7	4,88	4,9	0,208	26 000	38 000	0,031	71808 CD/P4	–	–
	52	7	4,88	4,9	0,208	30 000	45 000	0,029	71808 CD/HCP4	–	–
	62	12	5,07	4	0,166	28 000	43 000	0,12	71908 ACB/P4A	S	L
	62	12	5,07	4	0,166	32 000	50 000	0,11	71908 ACB/HCP4A	S	L
	62	12	5,4	4,15	0,176	30 000	45 000	0,12	71908 CB/P4A	S	L
	62	12	5,4	4,15	0,176	36 000	56 000	0,11	71908 CB/HCP4A	S	L
	62	12	9,23	5,85	0,245	28 000	44 000	0,1	71908 ACE/P4A	S	H1, L
	62	12	9,23	5,85	0,245	34 000	52 000	0,088	71908 ACE/HCP4A	S	H1, L
	62	12	9,75	6,1	0,26	32 000	49 000	0,1	71908 CE/P4A	S	H1, L
	62	12	9,75	6,1	0,26	38 000	58 000	0,088	71908 CE/HCP4A	S	H1, L
	62	12	11,7	8	0,34	18 000	30 000	0,11	71908 ACD/P4A	S	–
	62	12	11,7	8	0,34	22 000	36 000	0,1	71908 ACD/HCP4A	S	–
	62	12	12,4	8,5	0,36	20 000	34 000	0,11	71908 CD/P4A	S	–
	62	12	12,4	8,5	0,36	28 000	40 000	0,1	71908 CD/HCP4A	S	–
	68	15	6,89	5,3	0,224	26 000	40 000	0,21	7008 ACB/P4A	S	L
	68	15	6,89	5,3	0,224	32 000	48 000	0,2	7008 ACB/HCP4A	S	L
	68	15	7,41	5,6	0,236	28 000	43 000	0,21	7008 CB/P4A	S	L
	68	15	7,41	5,6	0,236	34 000	53 000	0,2	7008 CB/HCP4A	S	L
68	15	11,7	7,2	0,305	27 000	41 000	0,19	7008 ACE/P4A	S	H1, L, L1	
68	15	11,7	7,2	0,305	32 000	50 000	0,17	7008 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1	
68	15	12,4	7,65	0,32	30 000	45 000	0,19	7008 CE/P4A	S	H1, L, L1	
68	15	12,4	7,65	0,32	36 000	56 000	0,17	7008 CE/HCP4A	S	H1, L, L1	

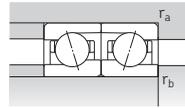
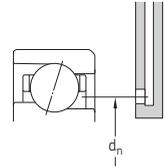
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

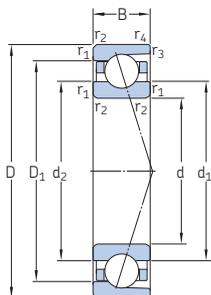


719 .. ACE, 719 .. CE

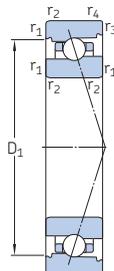
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>			
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>		
mm																cm <sup>3</sup>	-
<b>35</b>	46,8	46,8	60,2	63,2	1,1	0,3	42	42	65	69,6	1	0,3	49,7	3,9	-		
Forts.	46,8	46,8	60,2	63,2	1,1	0,3	42	42	65	69,6	1	0,3	49,7	3,9	-		
	46,8	46,8	60,2	63,2	1,1	0,3	42	42	65	69,6	1	0,3	49,7	3,9	13,9		
	46,8	46,8	60,2	63,2	1,1	0,3	42	42	65	69,6	1	0,3	49,7	3,9	13,9		
<b>40</b>	44,1	44,1	48,1	-	0,3	0,15	42	42	50	51,2	0,3	0,15	44,5	0,31	-		
	44,1	44,1	48,1	-	0,3	0,15	42	42	50	51,2	0,3	0,15	44,5	0,31	-		
	44,1	44,1	48,1	-	0,3	0,15	42	42	50	51,2	0,3	0,15	44,5	0,31	17,2		
	44,1	44,1	48,1	-	0,3	0,15	42	42	50	51,2	0,3	0,15	44,5	0,31	17,2		
	48,5	47,6	55,6	55,6	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60	0,6	0,3	49,1	1,4	-		
	48,5	47,6	55,6	55,6	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60	0,6	0,3	49,1	1,4	-		
	48,5	47,6	55,6	55,6	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60	0,6	0,3	49,1	1,4	9,8		
	48,5	47,6	55,6	55,6	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60	0,6	0,3	49,1	1,4	9,8		
	46,5	44,8	54,2	56,5	0,6	0,3	43,2	42	58,8	60	0,6	0,3	48	1,4	-		
	46,5	44,8	54,2	56,5	0,6	0,3	43,2	42	58,8	60	0,6	0,3	48	1,4	-		
	46,5	44,8	54,2	56,5	0,6	0,3	43,2	42	58,8	60	0,6	0,3	48	1,4	8,3		
	46,5	44,8	54,2	56,5	0,6	0,3	43,2	42	58,8	60	0,6	0,3	48	1,4	8,3		
	47,1	47,1	54,9	57,1	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60,6	0,6	0,3	48,7	1,4	-		
	47,1	47,1	54,9	57,1	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60,6	0,6	0,3	48,7	1,4	-		
	47,1	47,1	54,9	57,1	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60,6	0,6	0,3	48,7	1,4	10,4		
	47,1	47,1	54,9	57,1	0,6	0,3	43,2	43,2	58,8	60,6	0,6	0,3	48,7	1,4	10,4		
	51	49,9	58,9	58,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	64,8	1	0,6	51,6	2,2	-		
	51	49,9	58,9	58,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	64,8	1	0,6	51,6	2,2	-		
	51	49,9	58,9	58,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	64,8	1	0,6	51,6	2,2	9,8		
	51	49,9	58,9	58,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	64,8	1	0,6	51,6	2,2	9,8		
	49,7	47,6	60,9	60,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	63,8	1	0,6	51,6	2,8	-		
	49,7	47,6	60,9	60,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	63,8	1	0,6	51,6	2,8	-		
	49,7	47,6	60,9	60,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	63,8	1	0,6	51,6	2,8	8,1		
	49,7	47,6	60,9	60,9	1	0,6	44,6	44,6	63,4	63,8	1	0,6	51,6	2,8	8,1		

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

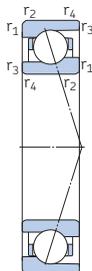
## 2.1 Schrägkugellager d 40 – 45 mm



ACD, CD



ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE

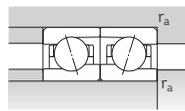
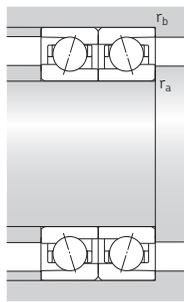
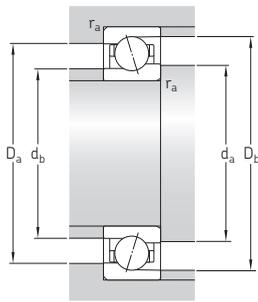
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen			
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>			
d D B C C <sub>0</sub>	kN		kN	min <sup>-1</sup>	kg							
mm												
40	68	15	15,9	10,4	0,44	19 000	30 000	0,19	7008 ACD/P4A	S	H	
	68	15	15,9	10,4	0,44	22 000	34 000	0,17	7008 ACD/HCP4A	S	H	
	68	15	16,8	11	0,465	20 000	32 000	0,19	7008 CD/P4A	S	H	
	68	15	16,8	11	0,465	24 000	38 000	0,17	7008 CD/HCP4A	S	H	
	80	18	31,9	22,8	0,98	16 000	26 000	0,37	7208 ACD/P4A	S	-	
	80	18	31,9	22,8	0,98	19 000	32 000	0,33	7208 ACD/HCP4A	S	-	
	80	18	33,8	24	1,02	18 000	30 000	0,37	7208 CD/P4A	S	-	
	80	18	33,8	24	1,02	22 000	34 000	0,33	7208 CD/HCP4A	S	-	
	45	58	7	4,62	5	0,212	20 000	30 000	0,039	71809 ACD/P4	-	-
		58	7	4,62	5	0,212	24 000	38 000	0,037	71809 ACD/HCP4	-	-
		58	7	4,88	5,3	0,224	22 000	34 000	0,039	71809 CD/P4	-	-
		58	7	4,88	5,3	0,224	26 000	40 000	0,037	71809 CD/HCP4	-	-
68		12	7,02	5,4	0,232	24 000	38 000	0,13	71909 ACB/P4A	S	L	
68		12	7,02	5,4	0,232	30 000	45 000	0,13	71909 ACB/HCP4A	S	L	
68		12	7,41	5,7	0,245	28 000	43 000	0,13	71909 CB/P4A	S	L	
68		12	7,41	5,7	0,245	32 000	50 000	0,13	71909 CB/HCP4A	S	L	
68		12	9,75	6,55	0,275	25 000	39 000	0,13	71909 ACE/P4A	S	H1, L	
68		12	9,75	6,55	0,275	30 000	47 000	0,12	71909 ACE/HCP4A	S	H1, L	
68		12	10,1	6,95	0,29	29 000	44 000	0,13	71909 CE/P4A	S	H1, L	
68		12	10,1	6,95	0,29	34 000	52 000	0,12	71909 CE/HCP4A	S	H1, L	
68		12	12,4	9	0,38	17 000	28 000	0,13	71909 ACD/P4A	S	-	
68		12	12,4	9	0,38	20 000	34 000	0,12	71909 ACD/HCP4A	S	-	
68		12	13	9,5	0,4	19 000	32 000	0,13	71909 CD/P4A	S	-	
68		12	13	9,5	0,4	24 000	36 000	0,12	71909 CD/HCP4A	S	-	
75		16	9,04	6,8	0,285	24 000	36 000	0,26	7009 ACB/P4A	S	L	
75		16	9,04	6,8	0,285	28 000	43 000	0,25	7009 ACB/HCP4A	S	L	
75		16	9,56	7,2	0,305	26 000	40 000	0,26	7009 CB/P4A	S	L	
75		16	9,56	7,2	0,305	30 000	48 000	0,25	7009 CB/HCP4A	S	L	

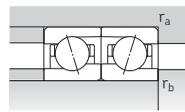
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

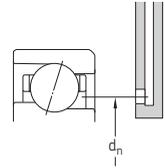
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB



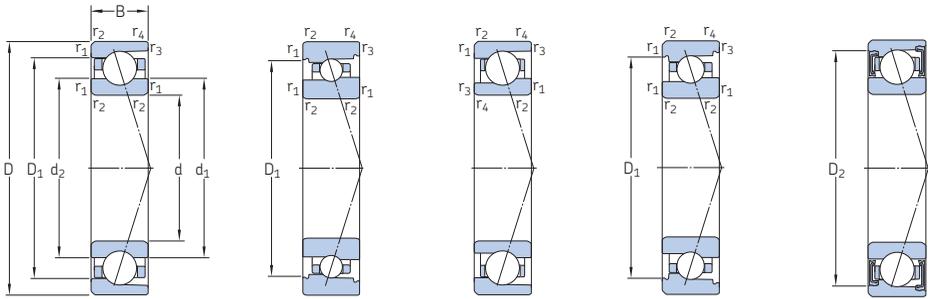
719 .. ACE, 719 .. CE



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>40</b> Forts.	49,2	49,2	58,8	61	1	0,3	44,6	44,6	63,4	66	1	0,3	50,8	2,4	–	
	49,2	49,2	58,8	61	1	0,3	44,6	44,6	63,4	66	1	0,3	50,8	2,4	–	
	49,2	49,2	58,8	61	1	0,3	44,6	44,6	63,4	66	1	0,3	50,8	2,4	10	
	49,2	49,2	58,8	61	1	0,3	44,6	44,6	63,4	66	1	0,3	50,8	2,4	10	
	53,3	53,3	66,7	69,7	1,1	0,6	47	47	73	75,8	1	0,6	56,2	4,7	–	
	53,3	53,3	66,7	69,7	1,1	0,6	47	47	73	75,8	1	0,6	56,2	4,7	–	
	53,3	53,3	66,7	69,7	1,1	0,6	47	47	73	75,8	1	0,6	56,2	4,7	14,4	
	53,3	53,3	66,7	69,7	1,1	0,6	47	47	73	75,8	1	0,6	56,2	4,7	14,4	
<b>45</b>	49,6	49,6	53,6	–	0,3	0,15	47	47	56	57,2	0,3	0,15	50	0,36	–	
	49,6	49,6	53,6	–	0,3	0,15	47	47	56	57,2	0,3	0,15	50	0,36	–	
	49,6	49,6	53,6	–	0,3	0,15	47	47	56	57,2	0,3	0,15	50	0,36	17,4	
	49,6	49,6	53,6	–	0,3	0,15	47	47	56	57,2	0,3	0,15	50	0,36	17,4	
		53,5	52,4	61,8	61,8	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,8	–
		53,5	52,4	61,8	61,8	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,8	–
		53,5	52,4	61,8	61,8	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,8	9,7
		53,5	52,4	61,8	61,8	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,8	9,7
		52,7	51	60,3	62,6	0,6	0,3	48,2	47	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,5	–
		52,7	51	60,3	62,6	0,6	0,3	48,2	47	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,5	–
		52,7	51	60,3	62,6	0,6	0,3	48,2	47	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,5	8,4
		52,7	51	60,3	62,6	0,6	0,3	48,2	47	64,8	66	0,6	0,3	54,2	1,5	8,4
		52,6	52,6	60,4	62,6	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66,6	0,6	0,3	54,2	1,6	–
		52,6	52,6	60,4	62,6	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66,6	0,6	0,3	54,2	1,6	–
		52,6	52,6	60,4	62,6	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66,6	0,6	0,3	54,2	1,6	10,5
		52,6	52,6	60,4	62,6	0,6	0,3	48,2	48,2	64,8	66,6	0,6	0,3	54,2	1,6	10,5
	56,4	55,2	65,6	65,6	1	0,6	49,6	49,6	70,4	71,8	1	0,6	57,2	2,9	–	
	56,4	55,2	65,6	65,6	1	0,6	49,6	49,6	70,4	71,8	1	0,6	57,2	2,9	–	
	56,4	55,2	65,6	65,6	1	0,6	49,6	49,6	70,4	71,8	1	0,6	57,2	2,9	9,6	
	56,4	55,2	65,6	65,6	1	0,6	49,6	49,6	70,4	71,8	1	0,6	57,2	2,9	9,6	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 45 – 50 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

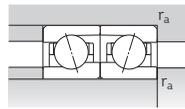
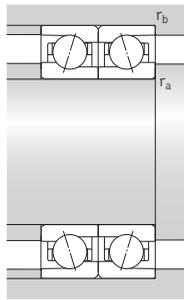
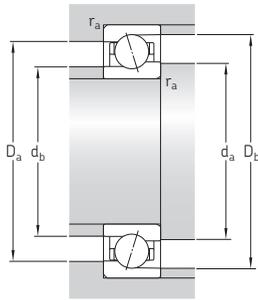
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	$C_0$							
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$		-	-	
45 Forts.	75	16	12,1	8,15	0,345	24 000	37 000	0,24	7009 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	75	16	12,1	8,15	0,345	29 000	45 000	0,22	7009 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	75	16	13	8,5	0,36	27 000	41 000	0,24	7009 CE/P4A	S	H1, L, L1
	75	16	13	8,5	0,36	32 000	50 000	0,22	7009 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	75	16	27,6	21,6	0,9	17 000	26 000	0,24	7009 ACD/P4A	S	H
	75	16	27,6	21,6	0,9	20 000	32 000	0,2	7009 ACD/HCP4A	S	H
	75	16	28,6	22,4	0,95	19 000	30 000	0,24	7009 CD/P4A	S	H
	75	16	28,6	22,4	0,95	22 000	34 000	0,2	7009 CD/HCP4A	S	H
	85	19	41	30	1,25	15 000	24 000	0,41	7209 ACD/P4A	S	-
	85	19	41	30	1,25	17 000	28 000	0,34	7209 ACD/HCP4A	S	-
	85	19	42,3	31	1,32	17 000	28 000	0,41	7209 CD/P4A	S	-
	85	19	42,3	31	1,32	20 000	32 000	0,34	7209 CD/HCP4A	S	-
50	65	7	6,89	7,35	0,315	18 000	28 000	0,051	71810 ACD/P4	-	-
	65	7	6,89	7,35	0,315	22 000	34 000	0,046	71810 ACD/HCP4	-	-
	65	7	7,41	7,8	0,335	20 000	30 000	0,051	71810 CD/P4	-	-
	65	7	7,41	7,8	0,335	24 000	36 000	0,046	71810 CD/HCP4	-	-
	72	12	7,28	5,85	0,25	22 000	36 000	0,13	71910 ACB/P4A	S	L
	72	12	7,28	5,85	0,25	28 000	43 000	0,13	71910 ACB/HCP4A	S	L
	72	12	7,61	6,2	0,265	26 000	38 000	0,13	71910 CB/P4A	S	L
	72	12	7,61	6,2	0,265	30 000	45 000	0,13	71910 CB/HCP4A	S	L
	72	12	12,1	8,15	0,345	23 000	36 000	0,13	71910 ACE/P4A	S	H1, L
	72	12	12,1	8,15	0,345	28 000	43 000	0,11	71910 ACE/HCP4A	S	H1, L
	72	12	12,7	8,65	0,365	26 000	40 000	0,13	71910 CE/P4A	S	H1, L
	72	12	12,7	8,65	0,365	32 000	48 000	0,11	71910 CE/HCP4A	S	H1, L
	72	12	12,7	9,8	0,415	16 000	26 000	0,13	71910 ACD/P4A	S	-
	72	12	12,7	9,8	0,415	19 000	30 000	0,12	71910 ACD/HCP4A	S	-
	72	12	13,5	10,4	0,44	17 000	28 000	0,13	71910 CD/P4A	S	-
	72	12	13,5	10,4	0,44	22 000	34 000	0,12	71910 CD/HCP4A	S	-

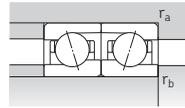
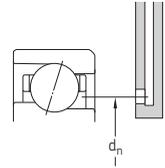
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

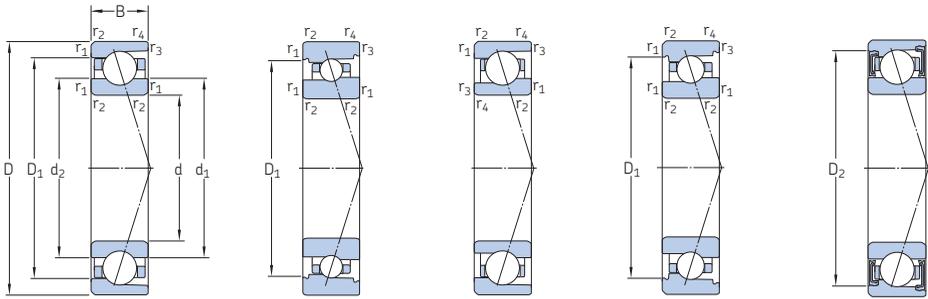


719 .. ACE, 719 .. CE

Abmessungen					Anschlussmaße										Fettbezugs-	Berechnungs-
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub>	r <sub>3,4</sub>	d <sub>a</sub>	d <sub>b</sub>	D <sub>a</sub>	D <sub>b</sub>	r <sub>a</sub>	r <sub>b</sub>	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
					mm										cm <sup>3</sup>	-
45 Forts.	55,7	53,6	66,9	66,9	1	0,6	49,6	49,6	70,4	70,8	1	0,6	57,6	3,4	-	
	55,7	53,6	66,9	66,9	1	0,6	49,6	49,6	70,4	70,8	1	0,6	57,6	3,4	-	
	55,7	53,6	66,9	66,9	1	0,6	49,6	49,6	70,4	70,8	1	0,6	57,6	3,4	8,2	
	55,7	53,6	66,9	66,9	1	0,6	49,6	49,6	70,4	70,8	1	0,6	57,6	3,4	8,2	
	54,2	54,2	65,8	68,3	1	0,3	49,6	49,6	70,4	73	1	0,3	56,2	3,3	-	
	54,2	54,2	65,8	68,3	1	0,3	49,6	49,6	70,4	73	1	0,3	56,2	3,3	-	
	54,2	54,2	65,8	68,3	1	0,3	49,6	49,6	70,4	73	1	0,3	56,2	3,3	15,1	
	54,2	54,2	65,8	68,3	1	0,3	49,6	49,6	70,4	73	1	0,3	56,2	3,3	15,1	
	57,3	57,3	72,7	75,7	1,1	0,6	52	52	78	80,8	1	0,6	60,6	5,9	-	
	57,3	57,3	72,7	75,7	1,1	0,6	52	52	78	80,8	1	0,6	60,6	5,9	-	
	57,3	57,3	72,7	75,7	1,1	0,6	52	52	78	80,8	1	0,6	60,6	5,9	14,2	
	57,3	57,3	72,7	75,7	1,1	0,6	52	52	78	80,8	1	0,6	60,6	5,9	14,2	
50	55,1	55,1	60	-	0,3	0,15	52	52	63	64,2	0,3	0,15	55,6	0,5	-	
	55,1	55,1	60	-	0,3	0,15	52	52	63	64,2	0,3	0,15	55,6	0,5	-	
	55,1	55,1	60	-	0,3	0,15	52	52	63	64,2	0,3	0,15	55,6	0,5	17,2	
	55,1	55,1	60	-	0,3	0,15	52	52	63	64,2	0,3	0,15	55,6	0,5	17,2	
	58	56,9	66	66	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70	0,6	0,3	58,7	1,9	-	
	58	56,9	66	66	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70	0,6	0,3	58,7	1,9	-	
	58	56,9	66	66	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70	0,6	0,3	58,7	1,9	9,8	
	58	56,9	66	66	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70	0,6	0,3	58,7	1,9	9,8	
	56,7	54,9	65,3	67,7	0,6	0,3	53,2	52	68,8	70	0,6	0,3	58,4	1,7	-	
	56,7	54,9	65,3	67,7	0,6	0,3	53,2	52	68,8	70	0,6	0,3	58,4	1,7	-	
	56,7	54,9	65,3	67,7	0,6	0,3	53,2	52	68,8	70	0,6	0,3	58,4	1,7	8,4	
	56,7	54,9	65,3	67,7	0,6	0,3	53,2	52	68,8	70	0,6	0,3	58,4	1,7	8,4	
	57,1	57,1	64,9	67,1	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70,6	0,6	0,3	58,7	1,7	-	
	57,1	57,1	64,9	67,1	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70,6	0,6	0,3	58,7	1,7	-	
	57,1	57,1	64,9	67,1	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70,6	0,6	0,3	58,7	1,7	10,7	
	57,1	57,1	64,9	67,1	0,6	0,3	53,2	53,2	68,8	70,6	0,6	0,3	58,7	1,7	10,7	

1) Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 50 – 55 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

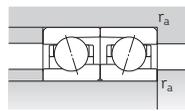
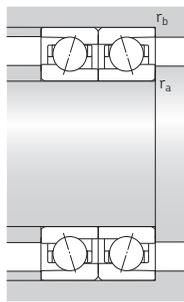
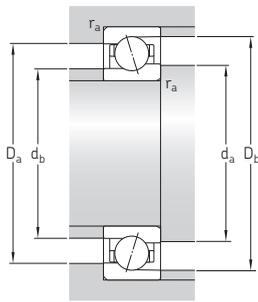
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	d	D			dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>
mm			kN	kN	$\text{min}^{-1}$			-	-		
50 Forts.	80	16	9,36	7,35	0,31	22 000	32 000	0,29	7010 ACB/P4A	S	L
	80	16	9,36	7,35	0,31	26 000	40 000	0,28	7010 ACB/HCP4A	S	L
	80	16	9,95	7,8	0,335	24 000	36 000	0,29	7010 CB/P4A	S	L
	80	16	9,95	7,8	0,335	28 000	45 000	0,28	7010 CB/HCP4A	S	L
	80	16	14,8	10	0,425	23 000	34 000	0,25	7010 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	80	16	14,8	10	0,425	27 000	41 000	0,23	7010 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	80	16	15,6	10,6	0,45	25 000	38 000	0,25	7010 CE/P4A	S	H1, L, L1
	80	16	15,6	10,6	0,45	30 000	46 000	0,23	7010 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	80	16	28,1	23,2	0,98	15 000	24 000	0,25	7010 ACD/P4A	S	H, L
	80	16	28,1	23,2	0,98	18 000	28 000	0,22	7010 ACD/HCP4A	S	H, L
	80	16	29,6	24	1,02	17 000	28 000	0,25	7010 CD/P4A	S	H, L
	80	16	29,6	24	1,02	20 000	32 000	0,22	7010 CD/HCP4A	S	H, L
55	90	20	42,3	32,5	1,37	14 000	22 000	0,46	7210 ACD/P4A	S	-
	90	20	42,3	32,5	1,37	16 000	26 000	0,39	7210 ACD/HCP4A	S	-
	90	20	44,9	34	1,43	16 000	26 000	0,46	7210 CD/P4A	S	-
	90	20	44,9	34	1,43	19 000	30 000	0,39	7210 CD/HCP4A	S	-
	72	9	9,56	10,2	0,43	16 000	24 000	0,081	71811 ACD/P4	-	-
	72	9	9,56	10,2	0,43	19 000	30 000	0,073	71811 ACD/HCP4	-	-
	72	9	10,1	10,8	0,455	18 000	28 000	0,081	71811 CD/P4	-	-
	72	9	10,1	10,8	0,455	22 000	32 000	0,073	71811 CD/HCP4	-	-
	80	13	9,36	7,65	0,325	20 000	32 000	0,18	71911 ACB/P4A	S	L
	80	13	9,36	7,65	0,325	24 000	38 000	0,17	71911 ACB/HCP4A	S	L
	80	13	9,95	8,15	0,345	22 000	34 000	0,18	71911 CB/P4A	S	L
	80	13	9,95	8,15	0,345	28 000	43 000	0,17	71911 CB/HCP4A	S	L
80	13	14,6	10,2	0,43	21 000	32 000	0,17	71911 ACE/P4A	S	H1, L	
80	13	14,6	10,2	0,43	25 000	39 000	0,14	71911 ACE/HCP4A	S	H1, L	
80	13	15,3	10,6	0,455	24 000	36 000	0,17	71911 CE/P4A	S	H1, L	
80	13	15,3	10,6	0,455	28 000	43 000	0,14	71911 CE/HCP4A	S	H1, L	

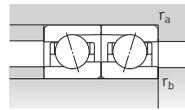
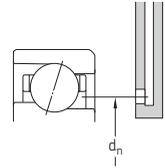
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

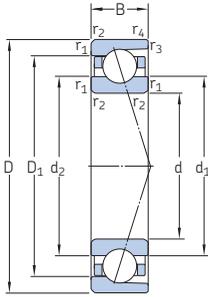


719 .. ACE, 719 .. CE

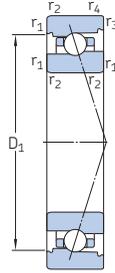
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	-
50 Forts.	61.4	59.7	70.7	70.7	1	0,6	54,6	54,6	75,4	76,8	1	0,6	61,8	3,1	-	
	61.4	59.7	70.7	70.7	1	0,6	54,6	54,6	75,4	76,8	1	0,6	61,8	3,1	-	
	61.4	59.7	70.7	70.7	1	0,6	54,6	54,6	75,4	76,8	1	0,6	61,8	3,1	9,7	
	61.4	59.7	70.7	70.7	1	0,6	54,6	54,6	75,4	76,8	1	0,6	61,8	3,1	9,7	
	61.4	59.7	70.7	70.7	1	0,6	54,6	54,6	75,4	76,8	1	0,6	61,8	3,1	9,7	
60.3	57.9	72.9	72.9	72.9	1	0,6	54,6	54,6	75,4	75,8	1	0,6	62,3	4,1	-	
	57.9	72.9	72.9	72.9	1	0,6	54,6	54,6	75,4	75,8	1	0,6	62,3	4,1	-	
	57.9	72.9	72.9	72.9	1	0,6	54,6	54,6	75,4	75,8	1	0,6	62,3	4,1	8,2	
	57.9	72.9	72.9	72.9	1	0,6	54,6	54,6	75,4	75,8	1	0,6	62,3	4,1	8,2	
	57.9	72.9	72.9	72.9	1	0,6	54,6	54,6	75,4	75,8	1	0,6	62,3	4,1	8,2	
	59.2	59.2	70.8	73.3	1	0,3	54,6	54,6	75,4	78	1	0,3	61,2	3,6	-	
	59.2	59.2	70.8	73.3	1	0,3	54,6	54,6	75,4	78	1	0,3	61,2	3,6	-	
	59.2	59.2	70.8	73.3	1	0,3	54,6	54,6	75,4	78	1	0,3	61,2	3,6	15,4	
	59.2	59.2	70.8	73.3	1	0,3	54,6	54,6	75,4	78	1	0,3	61,2	3,6	15,4	
	59.2	59.2	70.8	73.3	1	0,3	54,6	54,6	75,4	78	1	0,3	61,2	3,6	15,4	
62.3	62.3	77.7	80.7	80.7	1,1	0,6	57	57	83	85,8	1	0,6	65,6	6,7	-	
	62.3	77.7	80.7	80.7	1,1	0,6	57	57	83	85,8	1	0,6	65,6	6,7	-	
	62.3	77.7	80.7	80.7	1,1	0,6	57	57	83	85,8	1	0,6	65,6	6,7	14,5	
	62.3	77.7	80.7	80.7	1,1	0,6	57	57	83	85,8	1	0,6	65,6	6,7	14,5	
	62.3	77.7	80.7	80.7	1,1	0,6	57	57	83	85,8	1	0,6	65,6	6,7	14,5	
55	60.7	60.7	66.5	-	0,3	0,15	57	57	70	71,2	0,3	0,15	61,3	0,88	-	
	60.7	60.7	66.5	-	0,3	0,15	57	57	70	71,2	0,3	0,15	61,3	0,88	-	
	60.7	60.7	66.5	-	0,3	0,15	57	57	70	71,2	0,3	0,15	61,3	0,88	17,1	
	60.7	60.7	66.5	-	0,3	0,15	57	57	70	71,2	0,3	0,15	61,3	0,88	17,1	
	60.7	60.7	66.5	-	0,3	0,15	57	57	70	71,2	0,3	0,15	61,3	0,88	17,1	
63.9	62.7	73.2	73.2	73.2	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,8	2,6	-	
	62.7	73.2	73.2	73.2	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,8	2,6	-	
	62.7	73.2	73.2	73.2	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,8	2,6	9,8	
	62.7	73.2	73.2	73.2	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,8	2,6	9,8	
	62.7	73.2	73.2	73.2	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,8	2,6	9,8	
62.8	60.7	72.3	74.7	74.7	1	0,3	59,6	57	75,4	78	1	0,3	64,6	2,3	-	
	60.7	72.3	74.7	74.7	1	0,3	59,6	57	75,4	78	1	0,3	64,6	2,3	-	
	60.7	72.3	74.7	74.7	1	0,3	59,6	57	75,4	78	1	0,3	64,6	2,3	8,4	
	60.7	72.3	74.7	74.7	1	0,3	59,6	57	75,4	78	1	0,3	64,6	2,3	8,4	
	60.7	72.3	74.7	74.7	1	0,3	59,6	57	75,4	78	1	0,3	64,6	2,3	8,4	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

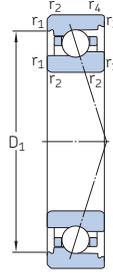
## 2.1 Schrägkugellager d 55 – 60 mm



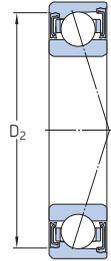
ACD, CD



ACB, CB



70 .. ACE,  
70 .. CE



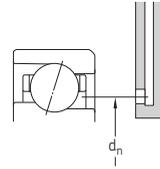
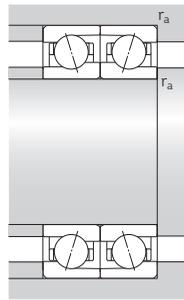
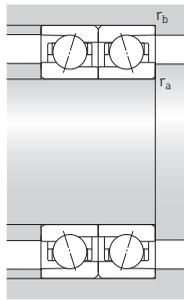
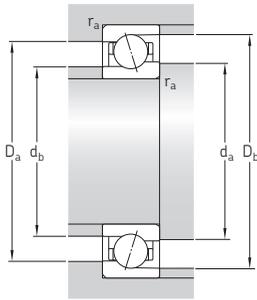
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen			
	dyn.	stat.		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>			Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d D B C C <sub>0</sub>	kN		kN	min <sup>-1</sup>		kg	-	-			
mm							-				
55 Forts.	80	13	18,2	13,7	0,585	15 000	24 000	0,18	71911 ACD/P4A	S	L
	80	13	18,2	13,7	0,585	17 000	28 000	0,15	71911 ACD/HCP4A	S	L
	80	13	19,5	14,6	0,62	16 000	26 000	0,18	71911 CD/P4A	S	L
	80	13	19,5	14,6	0,62	19 000	30 000	0,15	71911 CD/HCP4A	S	L
	90	18	13,3	10,4	0,44	19 000	30 000	0,42	7011 ACB/P4A	S	L
	90	18	13,3	10,4	0,44	24 000	36 000	0,4	7011 ACB/HCP4A	S	L
	90	18	14	11	0,465	22 000	32 000	0,42	7011 CB/P4A	S	L
	90	18	14	11	0,465	26 000	40 000	0,4	7011 CB/HCP4A	S	L
	90	18	15,9	11,6	0,49	19 000	30 000	0,39	7011 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	90	18	15,9	11,6	0,49	23 000	35 000	0,36	7011 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	90	18	16,8	12,2	0,52	22 000	34 000	0,39	7011 CE/P4A	S	H1, L, L1
	90	18	16,8	12,2	0,52	25 000	39 000	0,36	7011 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
90	18	37,1	31	1,32	14 000	22 000	0,38	7011 ACD/P4A	S	H1, L	
90	18	37,1	31	1,32	17 000	26 000	0,32	7011 ACD/HCP4A	S	H1, L	
90	18	39,7	32,5	1,37	15 000	24 000	0,38	7011 CD/P4A	S	H1, L	
90	18	39,7	32,5	1,37	18 000	28 000	0,32	7011 CD/HCP4A	S	H1, L	
100	21	52,7	40,5	1,73	13 000	20 000	0,61	7211 ACD/P4A	S	-	
100	21	52,7	40,5	1,73	15 000	24 000	0,51	7211 ACD/HCP4A	S	-	
100	21	55,3	43	1,8	14 000	22 000	0,61	7211 CD/P4A	S	-	
100	21	55,3	43	1,8	17 000	26 000	0,51	7211 CD/HCP4A	S	-	
60	78	10	12,7	13,4	0,57	15 000	22 000	0,1	71812 ACD/P4	-	-
	78	10	12,7	13,4	0,57	18 000	26 000	0,088	71812 ACD/HCP4	-	-
	78	10	13,5	14,3	0,6	16 000	24 000	0,1	71812 CD/P4	-	-
	78	10	13,5	14,3	0,6	19 000	30 000	0,088	71812 CD/HCP4	-	-
	85	13	9,75	8,3	0,355	19 000	30 000	0,2	71912 ACB/P4A	S	L
	85	13	9,75	8,3	0,355	22 000	36 000	0,18	71912 ACB/HCP4A	S	L
	85	13	10,4	8,8	0,375	22 000	32 000	0,2	71912 CB/P4A	S	L
	85	13	10,4	8,8	0,375	26 000	40 000	0,18	71912 CB/HCP4A	S	L

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

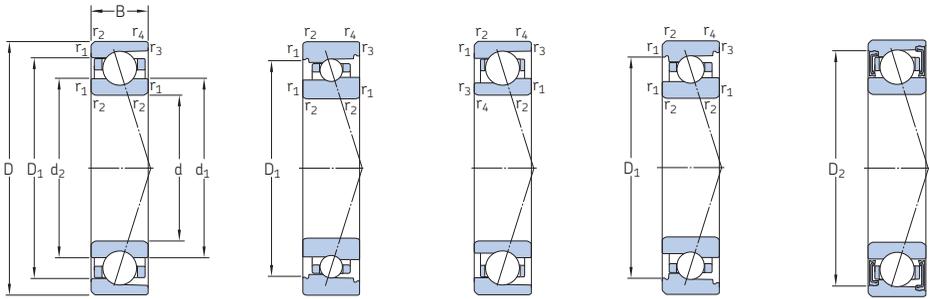
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
55 Forts.	62,7	62,7	72,3	74,6	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,7	2,5	–	
	62,7	62,7	72,3	74,6	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,7	2,5	–	
	62,7	62,7	72,3	74,6	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,7	2,5	10,4	
	62,7	62,7	72,3	74,6	1	0,3	59,6	59,6	75,4	78	1	0,3	64,7	2,5	10,4	
	68,2	66,7	79,4	79,4	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	69,2	4,7	–	
	68,2	66,7	79,4	79,4	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	69,2	4,7	–	
	68,2	66,7	79,4	79,4	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	69,2	4,7	9,7	
	68,2	66,7	79,4	79,4	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	69,2	4,7	9,7	
	67,7	65,6	80,4	80,4	1,1	0,6	61	61	84	85,8	1	0,6	69,6	5	–	
	67,7	65,6	80,4	80,4	1,1	0,6	61	61	84	85,8	1	0,6	69,6	5	–	
	67,7	65,6	80,4	80,4	1,1	0,6	61	61	84	85,8	1	0,6	69,6	5	8,4	
	67,7	65,6	80,4	80,4	1,1	0,6	61	61	84	85,8	1	0,6	69,6	5	8,4	
65,8	65,8	79,2	81,8	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	68,1	5,1	–		
65,8	65,8	79,2	81,8	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	68,1	5,1	–		
65,8	65,8	79,2	81,8	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	68,1	5,1	15,1		
65,8	65,8	79,2	81,8	1,1	0,6	61	61	84	86,8	1	0,6	68,1	5,1	15,1		
68,9	68,9	86,1	89,1	1,5	0,6	64	64	91	95,8	1,5	0,6	72,6	8,6	–		
68,9	68,9	86,1	89,1	1,5	0,6	64	64	91	95,8	1,5	0,6	72,6	8,6	–		
68,9	68,9	86,1	89,1	1,5	0,6	64	64	91	95,8	1,5	0,6	72,6	8,6	14,5		
68,9	68,9	86,1	89,1	1,5	0,6	64	64	91	95,8	1,5	0,6	72,6	8,6	14,5		
60	65,7	65,7	72,5	–	0,3	0,15	62	62	76	77,2	0,3	0,15	66,4	1,2	–	
	65,7	65,7	72,5	–	0,3	0,15	62	62	76	77,2	0,3	0,15	66,4	1,2	–	
	65,7	65,7	72,5	–	0,3	0,15	62	62	76	77,2	0,3	0,15	66,4	1,2	17	
	65,7	65,7	72,5	–	0,3	0,15	62	62	76	77,2	0,3	0,15	66,4	1,2	17	
	68,9	67,7	78,4	78,4	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,8	2,8	–	
	68,9	67,7	78,4	78,4	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,8	2,8	–	
	68,9	67,7	78,4	78,4	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,8	2,8	9,8	
	68,9	67,7	78,4	78,4	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,8	2,8	9,8	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 60 – 65 mm



ACD, CD

ACB, CB

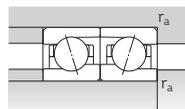
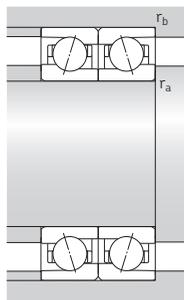
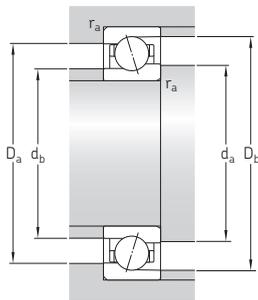
719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CES... <sup>1)</sup>

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	C <sub>0</sub>							
mm					kN	min <sup>-1</sup>		-	-		
60 Forts.	85	13	15,3	11,2	0,475	19 500	30 000	0,19	71912 ACE/P4A	S	H1, L
	85	13	15,3	11,2	0,475	23 000	36 000	0,16	71912 ACE/HCP4A	S	H1, L
	85	13	16,3	11,8	0,5	22 000	34 000	0,19	71912 CE/P4A	S	H1, L
	85	13	16,3	11,8	0,5	26 000	40 000	0,16	71912 CE/HCP4A	S	H1, L
	85	13	18,6	14,6	0,62	14 000	22 000	0,19	71912 ACD/P4A	S	L
	85	13	18,6	14,6	0,62	16 000	26 000	0,16	71912 ACD/HCP4A	S	L
	85	13	19,9	15,3	0,655	15 000	24 000	0,19	71912 CD/P4A	S	L
	85	13	19,9	15,3	0,655	18 000	28 000	0,16	71912 CD/HCP4A	S	L
	95	18	13,5	11,4	0,48	17 000	26 000	0,45	7012 ACB/P4A	S	L
	95	18	13,5	11,4	0,48	22 000	32 000	0,43	7012 ACB/HCP4A	S	L
	95	18	14,6	12	0,51	19 000	30 000	0,45	7012 CB/P4A	S	L
	95	18	14,6	12	0,51	24 000	36 000	0,43	7012 CB/HCP4A	S	L
	95	18	16,3	12,2	0,52	18 000	28 000	0,42	7012 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	95	18	16,3	12,2	0,52	22 000	33 000	0,39	7012 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	95	18	17,2	12,9	0,54	20 000	31 000	0,42	7012 CE/P4A	S	H1, L, L1
	95	18	17,2	12,9	0,54	24 000	37 000	0,39	7012 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	95	18	39	33,5	1,4	13 000	20 000	0,4	7012 ACD/P4A	S	H1, L
	95	18	39	33,5	1,4	15 000	24 000	0,34	7012 ACD/HCP4A	S	H1, L
	95	18	40,3	34,5	1,5	14 000	22 000	0,4	7012 CD/P4A	S	H1, L
	95	18	40,3	34,5	1,5	17 000	26 000	0,34	7012 CD/HCP4A	S	H1, L
110	22	55,3	45	1,9	11 000	18 000	0,81	7212 ACD/P4A	S	-	
110	22	55,3	45	1,9	14 000	22 000	0,69	7212 ACD/HCP4A	S	-	
110	22	57,2	46,5	2	13 000	20 000	0,81	7212 CD/P4A	S	-	
110	22	57,2	46,5	2	16 000	24 000	0,69	7212 CD/HCP4A	S	-	
65	85	10	12,7	14	0,585	13 000	20 000	0,13	71813 ACD/P4	-	-
	85	10	12,7	14	0,585	16 000	24 000	0,11	71813 ACD/HCP4	-	-
	85	10	13,5	14,6	0,63	15 000	22 000	0,13	71813 CD/P4	-	-
	85	10	13,5	14,6	0,63	18 000	28 000	0,11	71813 CD/HCP4	-	-

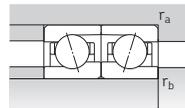
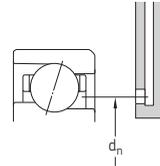
<sup>1)</sup> Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

<sup>2)</sup> Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

<sup>3)</sup> Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

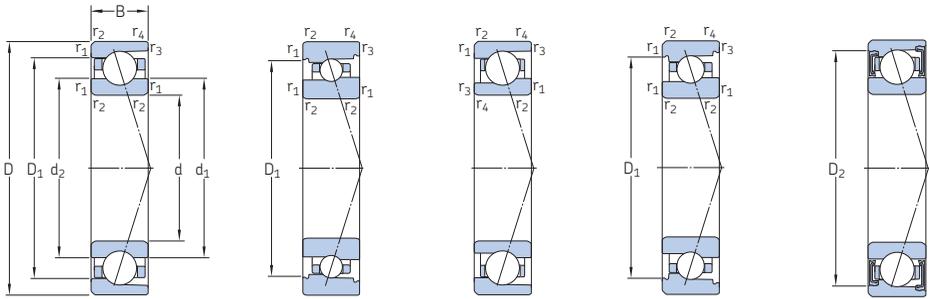


719 .. ACE, 719 .. CE

Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>60</b> Forts.	67,8	65,7	77,3	79,7	1	0,3	64,6	62	80,4	83	1	0,3	69,6	2,5	–	
	67,8	65,7	77,3	79,7	1	0,3	64,6	62	80,4	83	1	0,3	69,6	2,5	–	
	67,8	65,7	77,3	79,7	1	0,3	64,6	62	80,4	83	1	0,3	69,6	2,5	8,5	
	67,8	65,7	77,3	79,7	1	0,3	64,6	62	80,4	83	1	0,3	69,6	2,5	8,5	
	67,7	67,7	77,3	79,6	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,7	2,7	–	
	67,7	67,7	77,3	79,6	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,7	2,7	–	
	67,7	67,7	77,3	79,6	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,7	2,7	10,5	
	67,7	67,7	77,3	79,6	1	0,3	64,6	64,6	80,4	83	1	0,3	69,7	2,7	10,5	
	73,2	71,7	84,4	84,4	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	74,2	5	–	
	73,2	71,7	84,4	84,4	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	74,2	5	–	
	73,2	71,7	84,4	84,4	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	74,2	5	9,7	
	73,2	71,7	84,4	84,4	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	74,2	5	9,7	
	72,7	70,6	85,4	85,4	1,1	0,6	66	66	89	90,8	1	0,6	74,6	5,3	–	
	72,7	70,6	85,4	85,4	1,1	0,6	66	66	89	90,8	1	0,6	74,6	5,3	–	
	72,7	70,6	85,4	85,4	1,1	0,6	66	66	89	90,8	1	0,6	74,6	5,3	8,5	
	72,7	70,6	85,4	85,4	1,1	0,6	66	66	89	90,8	1	0,6	74,6	5,3	8,5	
	70,8	70,8	84,2	86,7	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	73,1	5,4	–	
	70,8	70,8	84,2	86,7	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	73,1	5,4	–	
	70,8	70,8	84,2	86,7	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	73,1	5,4	15,4	
	70,8	70,8	84,2	86,7	1,1	0,6	66	66	89	91,8	1	0,6	73,1	5,4	15,4	
	76,4	76,4	93,6	96,8	1,5	0,6	69	69	101	105,8	1,5	0,6	80,1	10	–	
	76,4	76,4	93,6	96,8	1,5	0,6	69	69	101	105,8	1,5	0,6	80,1	10	–	
	76,4	76,4	93,6	96,8	1,5	0,6	69	69	101	105,8	1,5	0,6	80,1	10	14,9	
	76,4	76,4	93,6	96,8	1,5	0,6	69	69	101	105,8	1,5	0,6	80,1	10	14,9	
<b>65</b>	71,7	71,7	78,5	–	0,6	0,3	68,2	68,2	81,8	83	0,6	0,3	72,4	1,3	–	
	71,7	71,7	78,5	–	0,6	0,3	68,2	68,2	81,8	83	0,6	0,3	72,4	1,3	–	
	71,7	71,7	78,5	–	0,6	0,3	68,2	68,2	81,8	83	0,6	0,3	72,4	1,3	17,1	
	71,7	71,7	78,5	–	0,6	0,3	68,2	68,2	81,8	83	0,6	0,3	72,4	1,3	17,1	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 65 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

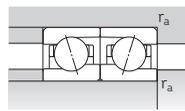
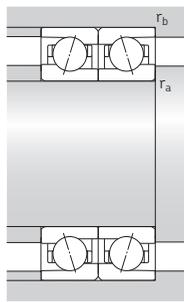
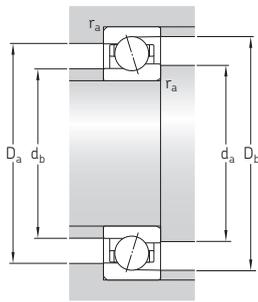
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	$C_0$							
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$				
65 Forts.	90	13	9,95	9	0,38	18 000	28 000	0,21	71913 ACB/P4A	S	L
	90	13	9,95	9	0,38	22 000	34 000	0,19	71913 ACB/HCP4A	S	L
	90	13	10,6	9,5	0,4	20 000	30 000	0,21	71913 CB/P4A	S	L
	90	13	10,6	9,5	0,4	24 000	36 000	0,19	71913 CB/HCP4A	S	L
	90	13	15,6	11,8	0,5	18 000	28 000	0,2	71913 ACE/P4A	S	H1, L
	90	13	15,6	11,8	0,5	22 000	34 000	0,17	71913 ACE/HCP4A	S	H1, L
	90	13	16,5	12,5	0,53	20 000	31 000	0,2	71913 CE/P4A	S	H1, L
	90	13	16,5	12,5	0,53	24 000	38 000	0,17	71913 CE/HCP4A	S	H1, L
	90	13	19,5	16	0,68	13 000	20 000	0,21	71913 ACD/P4A	S	L
	90	13	19,5	16	0,68	15 000	24 000	0,17	71913 ACD/HCP4A	S	L
	90	13	20,8	17	0,71	14 000	22 000	0,21	71913 CD/P4A	S	L
	90	13	20,8	17	0,71	17 000	26 000	0,17	71913 CD/HCP4A	S	L
	100	18	14,6	12,2	0,52	16 000	26 000	0,47	7013 ACB/P4A	S	L
	100	18	14,6	12,2	0,52	19 000	30 000	0,45	7013 ACB/HCP4A	S	L
	100	18	15,6	12,9	0,55	18 000	28 000	0,47	7013 CB/P4A	S	L
	100	18	15,6	12,9	0,55	22 000	34 000	0,45	7013 CB/HCP4A	S	L
	100	18	19,5	14,6	0,62	17 000	26 000	0,43	7013 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	100	18	19,5	14,6	0,62	20 000	31 000	0,39	7013 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	100	18	20,3	15,6	0,655	19 000	30 000	0,43	7013 CE/P4A	S	H1, L, L1
	100	18	20,3	15,6	0,655	22 000	34 000	0,39	7013 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
100	18	39	35,5	1,5	12 000	19 000	0,43	7013 ACD/P4A	S	H1, L	
100	18	39	35,5	1,5	15 000	22 000	0,36	7013 ACD/HCP4A	S	H1, L	
100	18	41,6	37,5	1,6	14 000	22 000	0,43	7013 CD/P4A	S	H1, L	
100	18	41,6	37,5	1,6	16 000	24 000	0,36	7013 CD/HCP4A	S	H1, L	
120	23	63,7	51	2,2	10 000	17 000	1,05	7213 ACD/P4A	S	-	
120	23	63,7	51	2,2	13 000	20 000	0,88	7213 ACD/HCP4A	S	-	
120	23	66,3	53	2,28	12 000	19 000	1,05	7213 CD/P4A	S	-	
120	23	66,3	53	2,28	15 000	22 000	0,88	7213 CD/HCP4A	S	-	

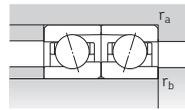
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

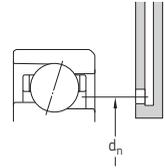
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE



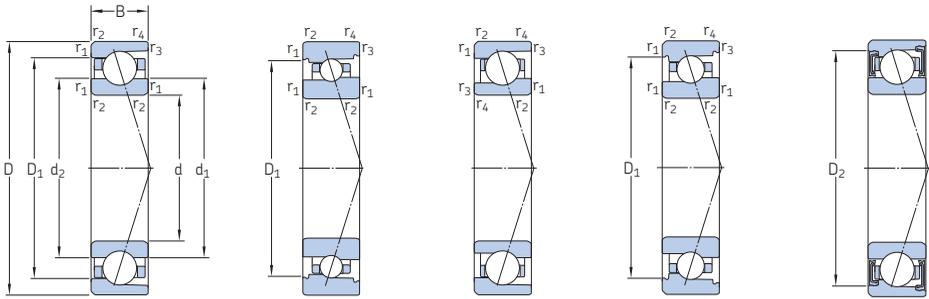
719 .. ACE, 719 .. CE



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	-
65 Forts.	73,9	72,7	83,5	83,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,8	3	-	
	73,9	72,7	83,5	83,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,8	3	-	
	73,9	72,7	83,5	83,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,8	3	9,9	
	73,9	72,7	83,5	83,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,8	3	9,9	
	72,8	70,7	82,3	84,7	1	0,3	69,6	67	85,4	88	1	0,3	74,5	2,6	-	
	72,8	70,7	82,3	84,7	1	0,3	69,6	67	85,4	88	1	0,3	74,5	2,6	-	
	72,8	70,7	82,3	84,7	1	0,3	69,6	67	85,4	88	1	0,3	74,5	2,6	8,5	
	72,8	70,7	82,3	84,7	1	0,3	69,6	67	85,4	88	1	0,3	74,5	2,6	8,5	
	72,7	72,7	82,3	84,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,7	2,9	-	
	72,7	72,7	82,3	84,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,7	2,9	-	
	72,7	72,7	82,3	84,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,7	2,9	10,7	
	72,7	72,7	82,3	84,5	1	0,3	69,6	69,6	85,4	88	1	0,3	74,7	2,9	10,7	
	78	76,4	89,7	89,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	79	5,5	-	
	78	76,4	89,7	89,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	79	5,5	-	
	78	76,4	89,7	89,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	79	5,5	9,7	
	78	76,4	89,7	89,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	79	5,5	9,7	
	77,3	74,9	91,1	91,1	1,1	0,6	71	71	94	95,8	1	0,6	79,3	6,2	-	
	77,3	74,9	91,1	91,1	1,1	0,6	71	71	94	95,8	1	0,6	79,3	6,2	-	
	77,3	74,9	91,1	91,1	1,1	0,6	71	71	94	95,8	1	0,6	79,3	6,2	8,4	
	77,3	74,9	91,1	91,1	1,1	0,6	71	71	94	95,8	1	0,6	79,3	6,2	8,4	
	75,8	75,8	89,2	91,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	78,1	5,7	-	
	75,8	75,8	89,2	91,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	78,1	5,7	-	
	75,8	75,8	89,2	91,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	78,1	5,7	15,6	
	75,8	75,8	89,2	91,7	1,1	0,6	71	71	94	96,8	1	0,6	78,1	5,7	15,6	
	82,9	82,9	102,1	105,3	1,5	0,6	74	74	111	115,8	1,5	0,6	86,6	12	-	
	82,9	82,9	102,1	105,3	1,5	0,6	74	74	111	115,8	1,5	0,6	86,6	12	-	
	82,9	82,9	102,1	105,3	1,5	0,6	74	74	111	115,8	1,5	0,6	86,6	12	14,6	
	82,9	82,9	102,1	105,3	1,5	0,6	74	74	111	115,8	1,5	0,6	86,6	12	14,6	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 70 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

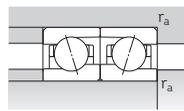
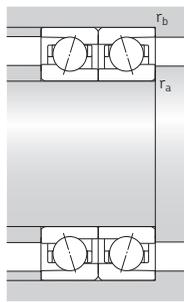
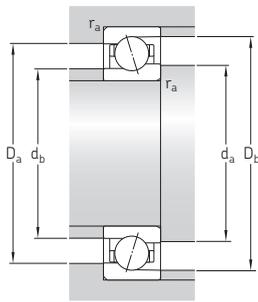
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	$C_0$							
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$				
70	90	10	13	15	0,64	13 000	19 000	0,13	71814 ACD/P4	-	-
	90	10	13	15	0,64	15 000	24 000	0,12	71814 ACD/HCP4	-	-
	90	10	13,8	16	0,67	14 000	22 000	0,13	71814 CD/P4	-	-
	90	10	13,8	16	0,67	17 000	26 000	0,12	71814 CD/HCP4	-	-
	100	16	12,7	11,6	0,49	16 000	24 000	0,35	71914 ACB/P4A	S	L
	100	16	12,7	11,6	0,49	19 000	30 000	0,33	71914 ACB/HCP4A	S	L
	100	16	13,5	12,2	0,52	18 000	28 000	0,35	71914 CB/P4A	S	L
	100	16	13,5	12,2	0,52	22 000	32 000	0,33	71914 CB/HCP4A	S	L
	100	16	20,8	15,3	0,655	16 500	26 000	0,32	71914 ACE/P4A	S	H1, L
	100	16	20,8	15,3	0,655	20 000	31 000	0,27	71914 ACE/HCP4A	S	H1, L
	100	16	22,1	16,3	0,68	18 500	28 000	0,32	71914 CE/P4A	S	H1, L
	100	16	22,1	16,3	0,68	22 000	34 000	0,27	71914 CE/HCP4A	S	H1, L
100	16	32,5	32,5	1,37	11 000	18 000	0,33	71914 ACD/P4A	S	H1, L	
100	16	32,5	32,5	1,37	14 000	22 000	0,28	71914 ACD/HCP4A	S	H1, L	
100	16	34,5	34	1,43	13 000	20 000	0,33	71914 CD/P4A	S	H1, L	
100	16	34,5	34	1,43	16 000	24 000	0,28	71914 CD/HCP4A	S	H1, L	
110	20	18,2	15,6	0,655	15 000	24 000	0,66	7014 ACB/P4A	S	L	
110	20	18,2	15,6	0,655	18 000	28 000	0,63	7014 ACB/HCP4A	S	L	
110	20	19	16,3	0,695	17 000	26 000	0,66	7014 CB/P4A	S	L	
110	20	19	16,3	0,695	19 000	30 000	0,63	7014 CB/HCP4A	S	L	
110	20	22,5	17,3	0,735	15 500	24 000	0,61	7014 ACE/P4A	S	H1, L, L1	
110	20	22,5	17,3	0,735	18 500	29 000	0,56	7014 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1	
110	20	23,8	18,3	0,78	17 000	27 000	0,61	7014 CE/P4A	S	H1, L, L1	
110	20	23,8	18,3	0,78	20 500	32 000	0,56	7014 CE/HCP4A	S	H1, L, L1	
110	20	48,8	44	1,86	11 000	17 000	0,6	7014 ACD/P4A	S	H1, L	
110	20	48,8	44	1,86	13 000	20 000	0,5	7014 ACD/HCP4A	S	H1, L	
110	20	52	45,5	1,93	12 000	19 000	0,6	7014 CD/P4A	S	H1, L	
110	20	52	45,5	1,93	15 000	22 000	0,5	7014 CD/HCP4A	S	H1, L	

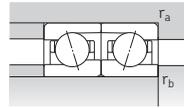
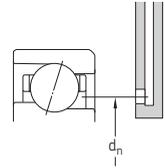
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

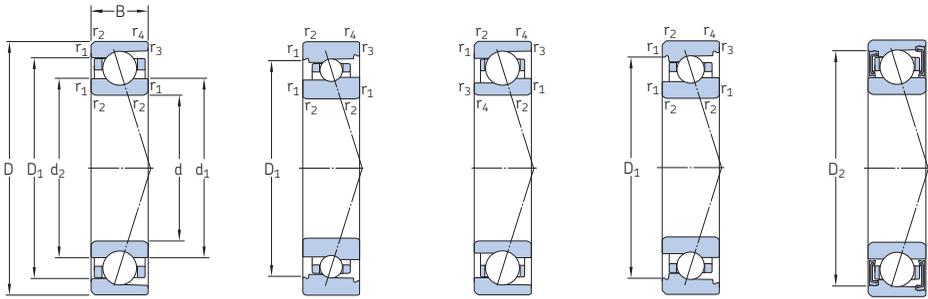


719 .. ACE, 719 .. CE

Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
70	76,7	76,7	83,5	–	0,6	0,3	73,2	73,2	86,8	88	0,6	0,3	77,4	1,4	–	
	76,7	76,7	83,5	–	0,6	0,3	73,2	73,2	86,8	88	0,6	0,3	77,4	1,4	–	
	76,7	76,7	83,5	–	0,6	0,3	73,2	73,2	86,8	88	0,6	0,3	77,4	1,4	17,2	
	76,7	76,7	83,5	–	0,6	0,3	73,2	73,2	86,8	88	0,6	0,3	77,4	1,4	17,2	
80,9	79,6	79,6	91,7	91,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,9	4,5	–	
	79,6	79,6	91,7	91,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,9	4,5	–	
	79,6	79,6	91,7	91,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,9	4,5	9,9	
	79,6	79,6	91,7	91,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,9	4,5	9,9	
79,3	76,8	76,8	90,5	93,6	1	0,3	74,6	72	95,4	98	1	0,3	81,5	4,3	–	
	76,8	76,8	90,5	93,6	1	0,3	74,6	72	95,4	98	1	0,3	81,5	4,3	–	
	76,8	76,8	90,5	93,6	1	0,3	74,6	72	95,4	98	1	0,3	81,5	4,3	8,4	
	76,8	76,8	90,5	93,6	1	0,3	74,6	72	95,4	98	1	0,3	81,5	4,3	8,4	
79,2	79,2	79,2	90,8	93,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,7	4,5	–	
	79,2	79,2	90,8	93,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,7	4,5	–	
	79,2	79,2	90,8	93,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,7	4,5	16,2	
	79,2	79,2	90,8	93,7	1	0,3	74,6	74,6	95,4	98	1	0,3	81,7	4,5	16,2	
85	83,2	83,2	97,8	97,8	1,1	0,6	76	76	104	106,8	1	0,6	86,1	7,3	–	
	83,2	83,2	97,8	97,8	1,1	0,6	76	76	104	106,8	1	0,6	86,1	7,3	–	
	83,2	83,2	97,8	97,8	1,1	0,6	76	76	104	106,8	1	0,6	86,1	7,3	9,6	
	83,2	83,2	97,8	97,8	1,1	0,6	76	76	104	106,8	1	0,6	86,1	7,3	9,6	
84,3	81,6	81,6	98,6	98,6	1,1	0,6	76	76	104	105,8	1	0,6	86,5	8,2	–	
	81,6	81,6	98,6	98,6	1,1	0,6	76	76	104	105,8	1	0,6	86,5	8,2	–	
	81,6	81,6	98,6	98,6	1,1	0,6	76	76	104	105,8	1	0,6	86,5	8,2	8,4	
	81,6	81,6	98,6	98,6	1,1	0,6	76	76	104	105,8	1	0,6	86,5	8,2	8,4	
82,3	82,3	82,3	97,7	100,6	1,1	0,6	76	76	104	106	1	0,6	85	8,1	–	
	82,3	82,3	97,7	100,6	1,1	0,6	76	76	104	106	1	0,6	85	8,1	–	
	82,3	82,3	97,7	100,6	1,1	0,6	76	76	104	106	1	0,6	85	8,1	15,5	
	82,3	82,3	97,7	100,6	1,1	0,6	76	76	104	106	1	0,6	85	8,1	15,5	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 70 – 75 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

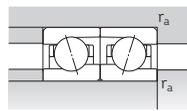
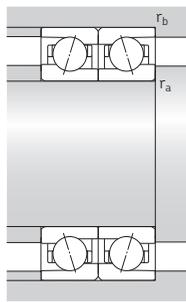
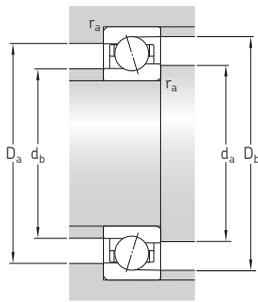
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	C <sub>0</sub>							
mm					kN	kN	min <sup>-1</sup>				
70 Forts.	125	24	66,3	55	2,36	9 500	16 000	1,1	7214 ACD/P4A	S	–
	125	24	66,3	55	2,36	12 000	19 000	0,95	7214 ACD/HCP4A	S	–
	125	24	68,9	58,5	2,45	11 000	18 000	1,1	7214 CD/P4A	S	–
	125	24	68,9	58,5	2,45	14 000	20 000	0,95	7214 CD/HCP4A	S	–
75	95	10	13,3	16	0,68	12 000	18 000	0,14	71815 ACD/P4	–	–
	95	10	13,3	16	0,68	14 000	22 000	0,13	71815 ACD/HCP4	–	–
	95	10	14,3	17	0,72	13 000	20 000	0,14	71815 CD/P4	–	–
	95	10	14,3	17	0,72	16 000	24 000	0,13	71815 CD/HCP4	–	–
	105	16	13,3	12,5	0,52	15 000	24 000	0,37	71915 ACB/P4A	S	L
	105	16	13,3	12,5	0,52	18 000	28 000	0,34	71915 ACB/HCP4A	S	L
	105	16	14	13,2	0,56	17 000	26 000	0,37	71915 CB/P4A	S	L
	105	16	14	13,2	0,56	20 000	30 000	0,34	71915 CB/HCP4A	S	L
	105	16	21,2	16,3	0,68	15 500	24 000	0,34	71915 ACE/P4A	S	H1, L
	105	16	21,2	16,3	0,68	18 500	29 000	0,29	71915 ACE/HCP4A	S	H1, L
	105	16	22,5	17	0,72	17 500	27 000	0,34	71915 CE/P4A	S	H1, L
	105	16	22,5	17	0,72	20 500	32 000	0,29	71915 CE/HCP4A	S	H1, L
	105	16	33,8	35,5	1,5	10 000	17 000	0,35	71915 ACD/P4A	S	H1, L
	105	16	33,8	35,5	1,5	13 000	20 000	0,3	71915 ACD/HCP4A	S	H1, L
	105	16	35,8	37,5	1,56	12 000	19 000	0,35	71915 CD/P4A	S	H1, L
	105	16	35,8	37,5	1,56	15 000	22 000	0,3	71915 CD/HCP4A	S	H1, L
115	20	19	16,6	0,71	14 000	22 000	0,7	7015 ACB/P4A	S	L	
115	20	19	16,6	0,71	17 000	26 000	0,66	7015 ACB/HCP4A	S	L	
115	20	19,9	17,6	0,75	16 000	24 000	0,7	7015 CB/P4A	S	L	
115	20	19,9	17,6	0,75	18 000	28 000	0,66	7015 CB/HCP4A	S	L	
115	20	24,7	20,4	0,865	14 500	23 000	0,65	7015 ACE/P4A	S	H1, L, L1	
115	20	24,7	20,4	0,865	17 000	27 000	0,59	7015 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1	
115	20	26	21,6	0,915	16 000	26 000	0,65	7015 CE/P4A	S	H1, L, L1	
115	20	26	21,6	0,915	19 000	29 000	0,59	7015 CE/HCP4A	S	H1, L, L1	

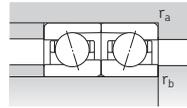
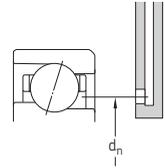
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

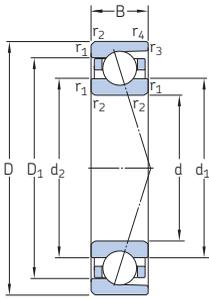


719 .. ACE, 719 .. CE

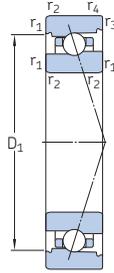
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	-
70 Forts.	87,9	87,9	107,1	110,3	1,5	0,6	79	79	116	120,8	1,5	0,6	91,6	14	-	
	87,9	87,9	107,1	110,3	1,5	0,6	79	79	116	120,8	1,5	0,6	91,6	14	-	
	87,9	87,9	107,1	110,3	1,5	0,6	79	79	116	120,8	1,5	0,6	91,6	14	14,8	
	87,9	87,9	107,1	110,3	1,5	0,6	79	79	116	120,8	1,5	0,6	91,6	14	14,8	
75	81,7	81,7	88,5	-	0,6	0,3	78,2	78,2	91,8	93	0,6	0,3	82,4	1,5	-	
	81,7	81,7	88,5	-	0,6	0,3	78,2	78,2	91,8	93	0,6	0,3	82,4	1,5	-	
	81,7	81,7	88,5	-	0,6	0,3	78,2	78,2	91,8	93	0,6	0,3	82,4	1,5	17,3	
	81,7	81,7	88,5	-	0,6	0,3	78,2	78,2	91,8	93	0,6	0,3	82,4	1,5	17,3	
	85,9	84,6	97,5	97,5	1	0,6	79,6	79,6	100	101,8	1	0,6	86,9	4,8	-	
	85,9	84,6	97,5	97,5	1	0,6	79,6	79,6	100	101,8	1	0,6	86,9	4,8	-	
	85,9	84,6	97,5	97,5	1	0,6	79,6	79,6	100	101,8	1	0,6	86,9	4,8	9,9	
	85,9	84,6	97,5	97,5	1	0,6	79,6	79,6	100	101,8	1	0,6	86,9	4,8	9,9	
	84,3	81,8	95,5	98,6	1	0,3	79,6	77	100,4	103	1	0,3	86,5	4,5	-	
	84,3	81,8	95,5	98,6	1	0,3	79,6	77	100,4	103	1	0,3	86,5	4,5	-	
	84,3	81,8	95,5	98,6	1	0,3	79,6	77	100,4	103	1	0,3	86,5	4,5	8,5	
	84,3	81,8	95,5	98,6	1	0,3	79,6	77	100,4	103	1	0,3	86,5	4,5	8,5	
84,2	84,2	95,8	98,7	1	0,3	79,6	79,6	100	103	1	0,3	86,7	5,1	-		
84,2	84,2	95,8	98,7	1	0,3	79,6	79,6	100	103	1	0,3	86,7	5,1	-		
84,2	84,2	95,8	98,7	1	0,3	79,6	79,6	100	103	1	0,3	86,7	5,1	16,3		
84,2	84,2	95,8	98,7	1	0,3	79,6	79,6	100	103	1	0,3	86,7	5,1	16,3		
90	88,2	102,8	102,8	1,1	0,6	81	81	109	111,8	1	0,6	91,1	7,7	-		
90	88,2	102,8	102,8	1,1	0,6	81	81	109	111,8	1	0,6	91,1	7,7	-		
90	88,2	102,8	102,8	1,1	0,6	81	81	109	111,8	1	0,6	91,1	7,7	9,7		
90	88,2	102,8	102,8	1,1	0,6	81	81	109	111,8	1	0,6	91,1	7,7	9,7		
89,3	86,8	104,1	104,1	1,1	0,6	81	81	109	110,8	1	0,6	91,5	8,6	-		
89,3	86,8	104,1	104,1	1,1	0,6	81	81	109	110,8	1	0,6	91,5	8,6	-		
89,3	86,8	104,1	104,1	1,1	0,6	81	81	109	110,8	1	0,6	91,5	8,6	9,5		
89,3	86,8	104,1	104,1	1,1	0,6	81	81	109	110,8	1	0,6	91,5	8,6	9,5		

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

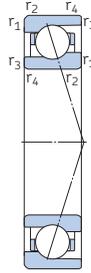
## 2.1 Schrägkugellager d 75 – 80 mm



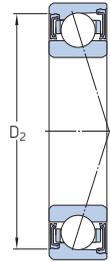
ACD, CD



ACB, CB



719 .. ACE,  
719 .. CE



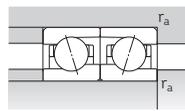
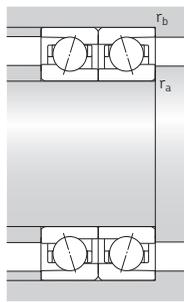
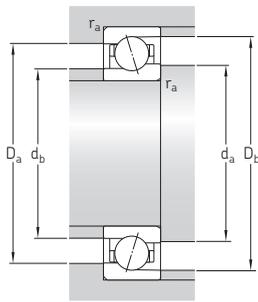
S... 1)

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen	
d	D	B	C	$C_0$		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>			Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$			-	-	
75	115	20	49,4	46,5	1,96	10 000	16 000	0,63	7015 ACD/P4A	S	H1, L
	115	20	49,4	46,5	1,96	13 000	20 000	0,53	7015 ACD/HCP4A	S	H1, L
	115	20	52,7	49	2,08	11 000	18 000	0,63	7015 CD/P4A	S	H1, L
	115	20	52,7	49	2,08	14 000	22 000	0,53	7015 CD/HCP4A	S	H1, L
80	130	25	68,9	58,5	2,5	9 000	15 000	1,2	7215 ACD/P4A	S	-
	130	25	68,9	58,5	2,5	11 000	18 000	1,05	7215 ACD/HCP4A	S	-
	130	25	71,5	62	2,65	10 000	17 000	1,2	7215 CD/P4A	S	-
	130	25	71,5	62	2,65	14 000	20 000	1,05	7215 CD/HCP4A	S	-
	100	10	13,8	17	0,72	11 000	17 000	0,15	71816 ACD/P4	-	-
	100	10	13,8	17	0,72	13 000	20 000	0,14	71816 ACD/HCP4	-	-
	100	10	14,6	18,3	0,765	12 000	19 000	0,15	71816 CD/P4	-	-
	100	10	14,6	18,3	0,765	15 000	22 000	0,14	71816 CD/HCP4	-	-
	110	16	14,8	14	0,585	14 000	22 000	0,38	71916 ACB/P4A	S	L
	110	16	14,8	14	0,585	17 000	26 000	0,35	71916 ACB/HCP4A	S	L
	110	16	15,6	14,6	0,63	16 000	24 000	0,38	71916 CB/P4A	S	L
	110	16	15,6	14,6	0,63	19 000	30 000	0,35	71916 CB/HCP4A	S	L
110	16	21,2	17	0,71	14 500	22 000	0,36	71916 ACE/P4A	S	H1, L	
110	16	21,2	17	0,71	17 500	27 000	0,31	71916 ACE/HCP4A	S	H1, L	
110	16	22,5	18	0,75	16 500	25 000	0,36	71916 CE/P4A	S	H1, L	
110	16	22,5	18	0,75	19 000	30 000	0,31	71916 CE/HCP4A	S	H1, L	
110	16	34,5	36,5	1,56	9 500	16 000	0,37	71916 ACD/P4A	S	H1, L	
110	16	34,5	36,5	1,56	12 000	19 000	0,32	71916 ACD/HCP4A	S	H1, L	
110	16	36,4	39	1,66	11 000	18 000	0,37	71916 CD/P4A	S	H1, L	
110	16	36,4	39	1,66	15 000	22 000	0,32	71916 CD/HCP4A	S	H1, L	
125	22	25,1	21,6	0,9	12 000	19 000	0,92	7016 ACB/P4A	S	L	
125	22	25,1	21,6	0,9	15 000	22 000	0,86	7016 ACB/HCP4A	S	L	
125	22	26,5	22,8	0,95	14 000	20 000	0,92	7016 CB/P4A	S	L	
125	22	26,5	22,8	0,95	17 000	26 000	0,86	7016 CB/HCP4A	S	L	

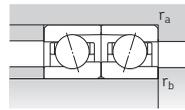
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

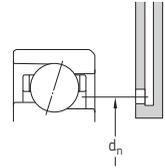
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB



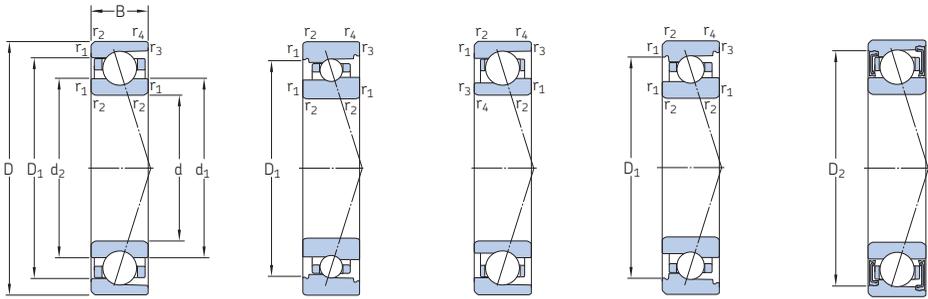
719 .. ACE, 719 .. CE



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
75 Forts.	87,3	87,3	102,7	105,6	1,1	0,6	81	81	109	111	1	0,6	90	8,4	–	
	87,3	87,3	102,7	105,6	1,1	0,6	81	81	109	111	1	0,6	90	8,4	–	
	87,3	87,3	102,7	105,6	1,1	0,6	81	81	109	111	1	0,6	90	8,4	15,7	
	87,3	87,3	102,7	105,6	1,1	0,6	81	81	109	111	1	0,6	90	8,4	15,7	
	92,9	92,9	112,1	115,3	1,5	0,6	84	84	121	125,8	1,5	0,6	96,6	15	–	
	92,9	92,9	112,1	115,3	1,5	0,6	84	84	121	125,8	1,5	0,6	96,6	15	–	
	92,9	92,9	112,1	115,3	1,5	0,6	84	84	121	125,8	1,5	0,6	96,6	15	15	
	92,9	92,9	112,1	115,3	1,5	0,6	84	84	121	125,8	1,5	0,6	96,6	15	15	
80	86,7	86,7	93,5	–	0,6	0,3	83,2	83,2	96,8	98	0,6	0,3	87,4	1,6	–	
	86,7	86,7	93,5	–	0,6	0,3	83,2	83,2	96,8	98	0,6	0,3	87,4	1,6	–	
	86,7	86,7	93,5	–	0,6	0,3	83,2	83,2	96,8	98	0,6	0,3	87,4	1,6	17,4	
	86,7	86,7	93,5	–	0,6	0,3	83,2	83,2	96,8	98	0,6	0,3	87,4	1,6	17,4	
		90,7	89,2	102,2	102,2	1	0,6	84,6	84,6	105	106,8	1	0,6	91,7	5,3	–
		90,7	89,2	102,2	102,2	1	0,6	84,6	84,6	105	106,8	1	0,6	91,7	5,3	–
		90,7	89,2	102,2	102,2	1	0,6	84,6	84,6	105	106,8	1	0,6	91,7	5,3	9,9
		90,7	89,2	102,2	102,2	1	0,6	84,6	84,6	105	106,8	1	0,6	91,7	5,3	9,9
		89,3	86,8	100,5	103,6	1	0,3	84,6	82	105,4	108	1	0,3	91,5	4,8	–
		89,3	86,8	100,5	103,6	1	0,3	84,6	82	105,4	108	1	0,3	91,5	4,8	–
		89,3	86,8	100,5	103,6	1	0,3	84,6	82	105,4	108	1	0,3	91,5	4,8	8,6
		89,3	86,8	100,5	103,6	1	0,3	84,6	82	105,4	108	1	0,3	91,5	4,8	8,6
		89,2	89,2	100,8	103,7	1	0,3	84,6	84,6	105	108	1	0,3	91,7	5,1	–
		89,2	89,2	100,8	103,7	1	0,3	84,6	84,6	105	108	1	0,3	91,7	5,1	–
		89,2	89,2	100,8	103,7	1	0,3	84,6	84,6	105	108	1	0,3	91,7	5,1	16,5
		89,2	89,2	100,8	103,7	1	0,3	84,6	84,6	105	108	1	0,3	91,7	5,1	16,5
	96,7	94,3	111,4	111,4	1,1	0,6	86	86	119	121,8	1	0,6	98	10	–	
	96,7	94,3	111,4	111,4	1,1	0,6	86	86	119	121,8	1	0,6	98	10	–	
	96,7	94,3	111,4	111,4	1,1	0,6	86	86	119	121,8	1	0,6	98	10	9,6	
	96,7	94,3	111,4	111,4	1,1	0,6	86	86	119	121,8	1	0,6	98	10	9,6	

1) Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 80 – 85 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

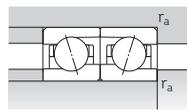
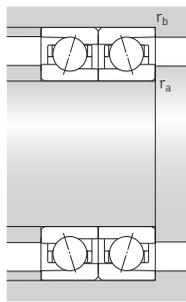
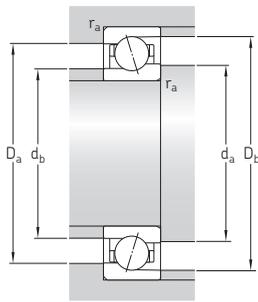
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d    D    B    C $C_0$	kN		kN	$\text{min}^{-1}$				-	-		
mm								-	-		
80 Forts.	125	22	32,5	26,5	1,12	13 700	21 000	0,86	7016 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	125	22	32,5	26,5	1,12	15 500	24 000	0,77	7016 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	125	22	33,8	28	1,18	15 000	24 000	0,86	7016 CE/P4A	S	H1, L, L1
	125	22	33,8	28	1,18	17 500	27 000	0,77	7016 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	125	22	62,4	58,5	2,45	9 500	15 000	0,85	7016 ACD/P4A	S	H1, L
	125	22	62,4	58,5	2,45	12 000	18 000	0,71	7016 ACD/HCP4A	S	H1, L
	125	22	65	61	2,55	10 000	17 000	0,85	7016 CD/P4A	S	H1, L
	125	22	65	61	2,55	13 000	20 000	0,71	7016 CD/HCP4A	S	H1, L
	140	26	81,9	72	2,9	8 500	14 000	1,45	7216 ACD/P4A	S	-
	140	26	81,9	72	2,9	10 000	17 000	1,25	7216 ACD/HCP4A	S	-
	140	26	85,2	75	3,05	9 500	16 000	1,45	7216 CD/P4A	S	-
	140	26	85,2	75	3,05	12 000	18 000	1,25	7216 CD/HCP4A	S	-
85	110	13	20,3	24	1,02	10 000	16 000	0,27	71817 ACD/P4	-	-
	110	13	20,3	24	1,02	12 000	19 000	0,24	71817 ACD/HCP4	-	-
	110	13	21,6	25,5	1,08	11 000	17 000	0,27	71817 CD/P4	-	-
	110	13	21,6	25,5	1,08	14 000	20 000	0,24	71817 CD/HCP4	-	-
	120	18	15,3	15,3	0,64	13 000	20 000	0,57	71917 ACB/P4A	S	L
	120	18	15,3	15,3	0,64	16 000	24 000	0,54	71917 ACB/HCP4A	S	L
	120	18	16,3	16,3	0,68	15 000	22 000	0,57	71917 CB/P4A	S	L
	120	18	16,3	16,3	0,68	18 000	28 000	0,54	71917 CB/HCP4A	S	L
	120	18	28,1	22	0,9	13 700	21 000	0,5	71917 ACE/P4A	S	H1, L
	120	18	28,1	22	0,9	16 500	25 000	0,42	71917 ACE/HCP4A	S	H1, L
	120	18	29,6	23,2	0,95	15 500	24 000	0,5	71917 CE/P4A	S	H1, L
	120	18	29,6	23,2	0,95	18 000	28 000	0,42	71917 CE/HCP4A	S	H1, L
	120	18	43,6	45,5	1,93	9 000	15 000	0,53	71917 ACD/P4A	S	H1, L
	120	18	43,6	45,5	1,93	11 000	18 000	0,45	71917 ACD/HCP4A	S	H1, L
	120	18	46,2	48	2,04	10 000	17 000	0,53	71917 CD/P4A	S	H1, L
	120	18	46,2	48	2,04	14 000	20 000	0,45	71917 CD/HCP4A	S	H1, L

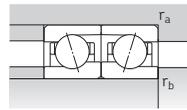
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

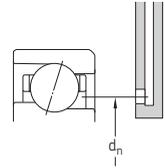
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE



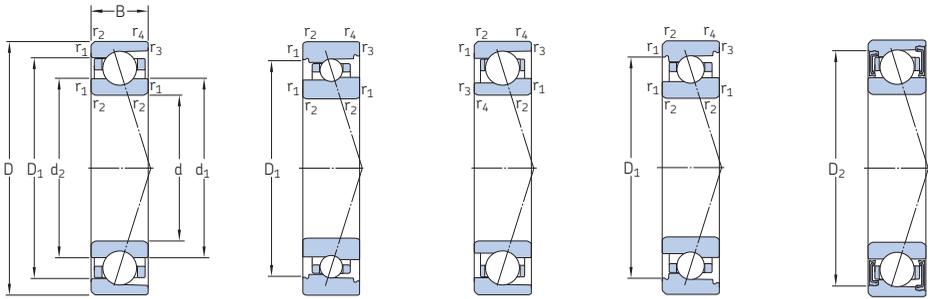
719 .. ACE, 719 .. CE



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	-
80 Forts.	95,8	93	112,6	112,6	1,1	0,6	86	86	119	120,8	1	0,6	98,5	12	-	
	95,8	93	112,6	112,6	1,1	0,6	86	86	119	120,8	1	0,6	98,5	12	-	
	95,8	93	112,6	112,6	1,1	0,6	86	86	119	120,8	1	0,6	98,5	12	9,4	
	95,8	93	112,6	112,6	1,1	0,6	86	86	119	120,8	1	0,6	98,5	12	9,4	
	93,9	93,9	111,1	114	1,1	0,6	86	86	119	121	1	0,6	96,9	11	-	
	93,9	93,9	111,1	114	1,1	0,6	86	86	119	121	1	0,6	96,9	11	-	
	93,9	93,9	111,1	114	1,1	0,6	86	86	119	121	1	0,6	96,9	11	15,5	
	93,9	93,9	111,1	114	1,1	0,6	86	86	119	121	1	0,6	96,9	11	15,5	
	99,5	99,5	120,5	124,3	2	1	91	91	129	134,4	2	1	103,4	18	-	
	99,5	99,5	120,5	124,3	2	1	91	91	129	134,4	2	1	103,4	18	-	
	99,5	99,5	120,5	124,3	2	1	91	91	129	134,4	2	1	103,4	18	15,1	
	99,5	99,5	120,5	124,3	2	1	91	91	129	134,4	2	1	103,4	18	15,1	
85	93,2	93,2	102,1	-	1	0,3	89,6	89,6	105,4	108	1	0,3	94,1	2,7	-	
	93,2	93,2	102,1	-	1	0,3	89,6	89,6	105,4	108	1	0,3	94,1	2,7	-	
	93,2	93,2	102,1	-	1	0,3	89,6	89,6	105,4	108	1	0,3	94,1	2,7	17,1	
	93,2	93,2	102,1	-	1	0,3	89,6	89,6	105,4	108	1	0,3	94,1	2,7	17,1	
	98,2	96,7	110,2	110,2	1,1	0,6	91	91	114	116,8	1	0,6	99,2	6,5	-	
	98,2	96,7	110,2	110,2	1,1	0,6	91	91	114	116,8	1	0,6	99,2	6,5	-	
	98,2	96,7	110,2	110,2	1,1	0,6	91	91	114	116,8	1	0,6	99,2	6,5	10	
	98,2	96,7	110,2	110,2	1,1	0,6	91	91	114	116,8	1	0,6	99,2	6,5	10	
	96	92,9	109,2	112,3	1,1	0,6	91	88,2	114	116,8	1	0,6	98,6	7	-	
	96	92,9	109,2	112,3	1,1	0,6	91	88,2	114	116,8	1	0,6	98,6	7	-	
	96	92,9	109,2	112,3	1,1	0,6	91	88,2	114	116,8	1	0,6	98,6	7	8,4	
	96	92,9	109,2	112,3	1,1	0,6	91	88,2	114	116,8	1	0,6	98,6	7	8,4	
	95,8	95,8	109,2	112,2	1,1	0,6	91	91	114	116	1	0,6	98,6	7,2	-	
	95,8	95,8	109,2	112,2	1,1	0,6	91	91	114	116	1	0,6	98,6	7,2	-	
	95,8	95,8	109,2	112,2	1,1	0,6	91	91	114	116	1	0,6	98,6	7,2	16,2	
	95,8	95,8	109,2	112,2	1,1	0,6	91	91	114	116	1	0,6	98,6	7,2	16,2	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 85 – 90 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

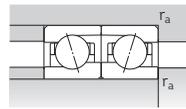
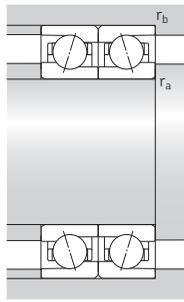
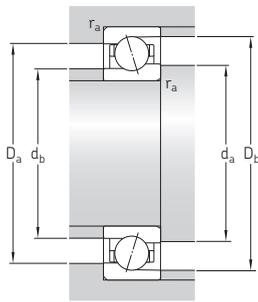
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d D B C C <sub>0</sub>	kN		kN	min <sup>-1</sup>	min <sup>-1</sup>		kg	-	-		
mm	kN		kN	min <sup>-1</sup>	min <sup>-1</sup>		kg	-	-		
85 Forts.	130	22	25,1	22,4	0,915	12 000	18 000	0,96	7017 ACB/P4A	S	L
	130	22	25,1	22,4	0,915	14 000	22 000	0,9	7017 ACB/HCP4A	S	L
	130	22	27	23,6	0,965	13 000	20 000	0,96	7017 CB/P4A	S	L
	130	22	27	23,6	0,965	16 000	24 000	0,9	7017 CB/HCP4A	S	L
	130	22	32,5	28	1,14	13 000	20 000	0,9	7017 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	130	22	32,5	28	1,14	15 000	23 000	0,81	7017 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	130	22	34,5	29	1,2	14 000	22 000	0,9	7017 CE/P4A	S	H1, L, L1
	130	22	34,5	29	1,2	16 500	26 000	0,81	7017 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	130	22	63,7	62	2,5	9 000	14 000	0,9	7017 ACD/P4A	S	H1, L
	130	22	63,7	62	2,5	11 000	17 000	0,75	7017 ACD/HCP4A	S	H1, L
	130	22	67,6	65,5	2,65	10 000	16 000	0,9	7017 CD/P4A	S	H1, L
	130	22	67,6	65,5	2,65	12 000	19 000	0,75	7017 CD/HCP4A	S	H1, L
	150	28	95,6	85	3,35	8 000	13 000	1,85	7217 ACD/P4A	-	-
	150	28	95,6	85	3,35	9 500	16 000	1,55	7217 ACD/HCP4A	-	-
	150	28	99,5	88	3,45	9 000	15 000	1,85	7217 CD/P4A	-	-
	150	28	99,5	88	3,45	11 000	17 000	1,55	7217 CD/HCP4A	-	-
90	115	13	20,3	25	1,04	10 000	15 000	0,28	71818 ACD/P4	-	-
	115	13	20,3	25	1,04	12 000	18 000	0,25	71818 ACD/HCP4	-	-
	115	13	21,6	26,5	1,1	11 000	17 000	0,28	71818 CD/P4	-	-
	115	13	21,6	26,5	1,1	13 000	20 000	0,25	71818 CD/HCP4	-	-
	125	18	16,8	16,6	0,68	12 000	19 000	0,59	71918 ACB/P4A	S	L
	125	18	16,8	16,6	0,68	15 000	22 000	0,56	71918 ACB/HCP4A	S	L
	125	18	17,8	17,6	0,72	14 000	22 000	0,59	71918 CB/P4A	S	L
	125	18	17,8	17,6	0,72	16 000	26 000	0,56	71918 CB/HCP4A	S	L
	125	18	28,6	23,2	0,915	13 000	20 000	0,54	71918 ACE/P4A	S	H1, L
	125	18	28,6	23,2	0,915	15 500	24 000	0,46	71918 ACE/HCP4A	S	H1, L
	125	18	30,2	24,5	0,965	14 500	22 000	0,54	71918 CE/P4A	S	H1, L
	125	18	30,2	24,5	0,965	17 000	27 000	0,46	71918 CE/HCP4A	S	H1, L

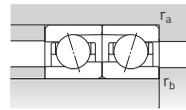
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

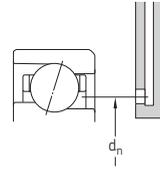
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE



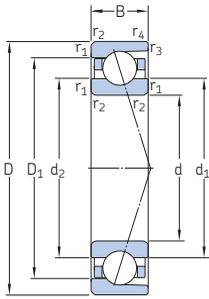
719 .. ACE, 719 .. CE



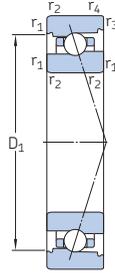
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
85 Forts.	101,7	99,3	116,4	116,4	1,1	0,6	91	91	124	126,8	1	0,6	103	11	–	
	101,7	99,3	116,4	116,4	1,1	0,6	91	91	124	126,8	1	0,6	103	11	–	
	101,7	99,3	116,4	116,4	1,1	0,6	91	91	124	126,8	1	0,6	103	11	9,6	
	101,7	99,3	116,4	116,4	1,1	0,6	91	91	124	126,8	1	0,6	103	11	9,6	
	100,8	98	117,6	117,6	1,1	0,6	91	91	124	125,8	1	0,6	103,5	12	–	
	100,8	98	117,6	117,6	1,1	0,6	91	91	124	125,8	1	0,6	103,5	12	–	
	100,8	98	117,6	117,6	1,1	0,6	91	91	124	125,8	1	0,6	103,5	12	9,5	
	100,8	98	117,6	117,6	1,1	0,6	91	91	124	125,8	1	0,6	103,5	12	9,5	
	98,9	98,9	116,1	119,1	1,1	0,6	91	91	124	126	1	0,6	101,9	12	–	
	98,9	98,9	116,1	119,1	1,1	0,6	91	91	124	126	1	0,6	101,9	12	–	
	98,9	98,9	116,1	119,1	1,1	0,6	91	91	124	126	1	0,6	101,9	12	15,7	
	98,9	98,9	116,1	119,1	1,1	0,6	91	91	124	126	1	0,6	101,9	12	15,7	
106,5	106,5	129,5	–	2	1	96	96	139	144,4	2	1	111,5	22	–		
106,5	106,5	129,5	–	2	1	96	96	139	144,4	2	1	111,5	22	–		
106,5	106,5	129,5	–	2	1	96	96	139	144,4	2	1	111,5	22	14,9		
106,5	106,5	129,5	–	2	1	96	96	139	144,4	2	1	111,5	22	14,9		
90	98,2	98,2	107,1	–	1	0,3	94,6	94,6	110,4	113	1	0,3	99,1	2,9	–	
	98,2	98,2	107,1	–	1	0,3	94,6	94,6	110,4	113	1	0,3	99,1	2,9	–	
	98,2	98,2	107,1	–	1	0,3	94,6	94,6	110,4	113	1	0,3	99,1	2,9	17,2	
	98,2	98,2	107,1	–	1	0,3	94,6	94,6	110,4	113	1	0,3	99,1	2,9	17,2	
	103	101,4	115	115	1,1	0,6	96	96	119	121,8	1	0,6	103,9	7,4	–	
	103	101,4	115	115	1,1	0,6	96	96	119	121,8	1	0,6	103,9	7,4	–	
	103	101,4	115	115	1,1	0,6	96	96	119	121,8	1	0,6	103,9	7,4	10	
	103	101,4	115	115	1,1	0,6	96	96	119	121,8	1	0,6	103,9	7,4	10	
	101	97,9	114,2	117,3	1,1	0,6	96	93,2	119	121,8	1	0,6	103,5	7	–	
	101	97,9	114,2	117,3	1,1	0,6	96	93,2	119	121,8	1	0,6	103,5	7	–	
	101	97,9	114,2	117,3	1,1	0,6	96	93,2	119	121,8	1	0,6	103,5	7	8,5	
	101	97,9	114,2	117,3	1,1	0,6	96	93,2	119	121,8	1	0,6	103,5	7	8,5	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

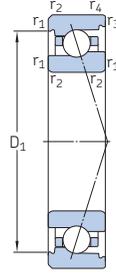
## 2.1 Schrägkugellager d 90 – 95 mm



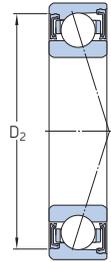
ACD, CD



ACB, CB



70 .. ACE,  
70 .. CE



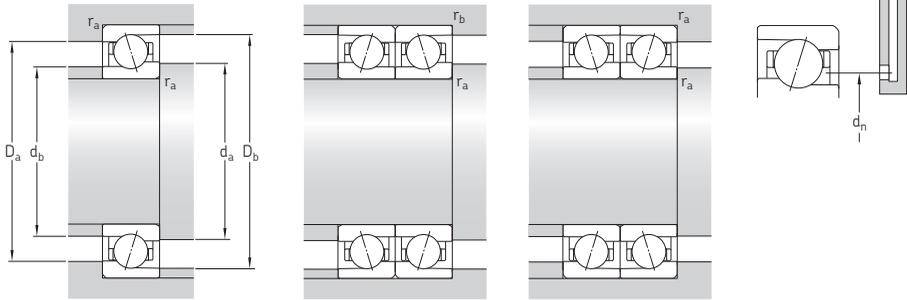
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen				
	dyn.	stat.		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>			Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>			
d	D	B	C	C <sub>0</sub>								
mm					kN	kN	min <sup>-1</sup>	kg	-	-		
90	125	18	44,2	48	1,96	8 500	14 000	0,55	71918 ACD/P4A	S	H1, L	
	Forts.	125	18	44,2	48	1,96	10 000	17 000	0,47	71918 ACD/HCP4A	S	H1, L
		125	18	47,5	51	2,08	9 500	16 000	0,55	71918 CD/P4A	S	H1, L
		125	18	47,5	51	2,08	13 000	19 000	0,47	71918 CD/HCP4A	S	H1, L
		140	24	27	23,6	0,93	11 000	17 000	1,25	7018 ACB/P4A	S	L
		140	24	27	23,6	0,93	13 000	20 000	1,2	7018 ACB/HCP4A	S	L
		140	24	29,1	25	0,98	12 000	19 000	1,25	7018 CB/P4A	S	L
		140	24	29,1	25	0,98	15 000	24 000	1,2	7018 CB/HCP4A	S	L
		140	24	33,8	30	1,2	12 000	19 000	1,2	7018 ACE/P4A	S	H1, L, L1
		140	24	33,8	30	1,2	14 000	22 000	1,1	7018 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
		140	24	35,8	32	1,27	13 300	21 000	1,2	7018 CE/P4A	S	H1, L, L1
		140	24	35,8	32	1,27	15 500	24 000	1,1	7018 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	140	24	74,1	72	2,85	8 500	13 000	1,15	7018 ACD/P4A	S	H1, L	
	140	24	74,1	72	2,85	10 000	16 000	1	7018 ACD/HCP4A	S	H1, L	
	140	24	79,3	76,5	3	9 000	15 000	1,15	7018 CD/P4A	S	H1, L	
	140	24	79,3	76,5	3	11 000	18 000	1	7018 CD/HCP4A	S	H1, L	
	160	30	121	106	4,05	7 500	12 000	2,25	7218 ACD/P4A	-	-	
	160	30	121	106	4,05	9 000	15 000	1,85	7218 ACD/HCP4A	-	-	
	160	30	127	112	4,25	8 500	14 000	2,25	7218 CD/P4A	-	-	
	160	30	127	112	4,25	10 000	16 000	1,85	7218 CD/HCP4A	-	-	
95	120	13	20,8	25,5	1,06	9 500	14 000	0,29	71819 ACD/P4	-	-	
		120	13	20,8	25,5	1,06	11 000	17 000	0,26	71819 ACD/HCP4	-	-
		120	13	22,1	27,5	1,12	10 000	16 000	0,29	71819 CD/P4	-	-
		120	13	22,1	27,5	1,12	12 000	19 000	0,26	71819 CD/HCP4	-	-
		130	18	17,2	17,6	0,71	12 000	18 000	0,61	71919 ACB/P4A	S	L
		130	18	17,2	17,6	0,71	14 000	22 000	0,58	71919 ACB/HCP4A	S	L
		130	18	18,2	18,6	0,75	13 000	20 000	0,61	71919 CB/P4A	S	L
		130	18	18,2	18,6	0,75	16 000	24 000	0,58	71919 CB/HCP4A	S	L

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

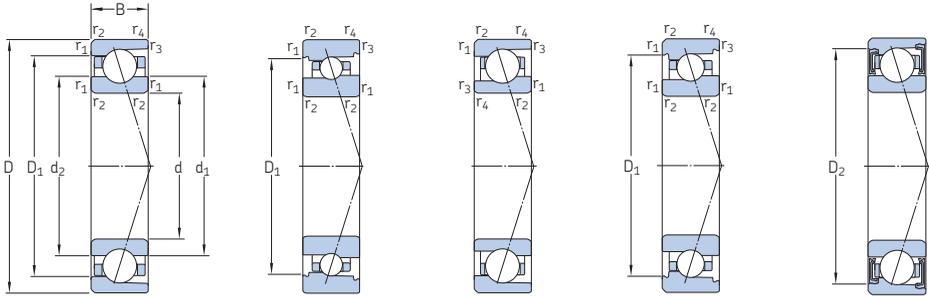
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
90 Forts.	100,8	100,8	114,2	117,2	1,1	0,6	96	96	119	121	1	0,6	103,3	7,5	–	
	100,8	100,8	114,2	117,2	1,1	0,6	96	96	119	121	1	0,6	103,3	7,5	–	
	100,8	100,8	114,2	117,2	1,1	0,6	96	96	119	121	1	0,6	103,3	7,5	16,3	
	100,8	100,8	114,2	117,2	1,1	0,6	96	96	119	121	1	0,6	103,3	7,5	16,3	
	108,7	106,1	125	125	1,5	1	97	97	133	135,4	1,5	1	110	14	–	
	108,7	106,1	125	125	1,5	1	97	97	133	135,4	1,5	1	110	14	–	
	108,7	106,1	125	125	1,5	1	97	97	133	135,4	1,5	1	110	14	9,7	
	108,7	106,1	125	125	1,5	1	97	97	133	135,4	1,5	1	110	14	9,7	
	108,3	105,5	125,2	125,2	1,5	1	97	97	133	134,4	1,5	1	111	14	–	
	108,3	105,5	125,2	125,2	1,5	1	97	97	133	134,4	1,5	1	111	14	–	
	108,3	105,5	125,2	125,2	1,5	1	97	97	133	134,4	1,5	1	111	14	9,6	
	108,3	105,5	125,2	125,2	1,5	1	97	97	133	134,4	1,5	1	111	14	9,6	
105,4	105,4	124,6	128,3	1,5	1	97	97	133	136	1,5	1	108,7	15	–		
105,4	105,4	124,6	128,3	1,5	1	97	97	133	136	1,5	1	108,7	15	–		
105,4	105,4	124,6	128,3	1,5	1	97	97	133	136	1,5	1	108,7	15	15,6		
105,4	105,4	124,6	128,3	1,5	1	97	97	133	136	1,5	1	108,7	15	15,6		
111,6	111,6	138,4	–	2	1	101	101	149	154,4	2	1	117,5	28	–		
111,6	111,6	138,4	–	2	1	101	101	149	154,4	2	1	117,5	28	–		
111,6	111,6	138,4	–	2	1	101	101	149	154,4	2	1	117,5	28	14,6		
111,6	111,6	138,4	–	2	1	101	101	149	154,4	2	1	117,5	28	14,6		
95	103,2	103,2	112,1	–	1	0,3	99,6	99,6	115,4	118	1	0,3	104,1	3,1	–	
	103,2	103,2	112,1	–	1	0,3	99,6	99,6	115,4	118	1	0,3	104,1	3,1	–	
	103,2	103,2	112,1	–	1	0,3	99,6	99,6	115,4	118	1	0,3	104,1	3,1	17,3	
	103,2	103,2	112,1	–	1	0,3	99,6	99,6	115,4	118	1	0,3	104,1	3,1	17,3	
	107,9	106,4	120,7	120,7	1,1	0,6	101	101	124	126,8	1	0,6	109	7,5	–	
	107,9	106,4	120,7	120,7	1,1	0,6	101	101	124	126,8	1	0,6	109	7,5	–	
	107,9	106,4	120,7	120,7	1,1	0,6	101	101	124	126,8	1	0,6	109	7,5	10	
	107,9	106,4	120,7	120,7	1,1	0,6	101	101	124	126,8	1	0,6	109	7,5	10	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 95 – 100 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

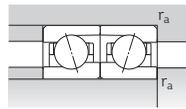
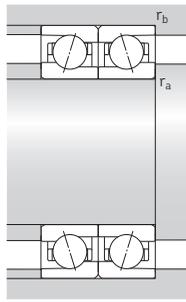
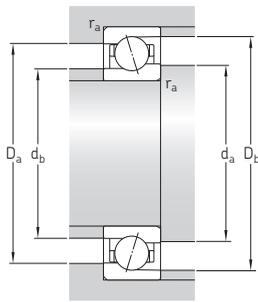
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichte- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	$C_0$							
mm					kN	kN	$\text{min}^{-1}$				
95 Forts.	130	18	29,1	24	0,93	12 300	19 000	0,56	71919 ACE/P4A	S	H1, L
	130	18	29,1	24,5	0,93	15 000	23 000	0,48	71919 ACE/HCP4A	S	H1, L
	130	18	30,7	25,5	0,98	14 000	21 000	0,56	71919 CE/P4A	S	H1, L
	130	18	30,7	25,5	0,98	16 000	25 000	0,48	71919 CE/HCP4A	S	H1, L
	130	18	46,2	52	2,08	8 500	14 000	0,58	71919 ACD/P4A	S	H1, L
	130	18	46,2	52	2,08	9 500	16 000	0,5	71919 ACD/HCP4A	S	H1, L
	130	18	49,4	55	2,2	9 000	15 000	0,58	71919 CD/P4A	S	H1, L
	130	18	49,4	55	2,2	12 000	18 000	0,5	71919 CD/HCP4A	S	H1, L
	145	24	27,6	24,5	0,95	11 000	16 000	1,3	7019 ACB/P4A	S	L
	145	24	27,6	24,5	0,95	13 000	19 000	1,25	7019 ACB/HCP4A	S	L
	145	24	29,6	26	1	12 000	18 000	1,3	7019 CB/P4A	S	L
	145	24	29,6	26	1	14 000	22 000	1,25	7019 CB/HCP4A	S	L
145	24	41,6	36	1,4	11 500	18 000	1,2	7019 ACE/P4A	S	H1, L, L1	
145	24	41,6	36	1,4	13 300	20 500	1,1	7019 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1	
145	24	44,2	38	1,46	12 700	20 000	1,2	7019 CE/P4A	S	H1, L, L1	
145	24	44,2	38	1,46	15 000	23 000	1,1	7019 CE/HCP4A	S	H1, L, L1	
145	24	76,1	76,5	2,9	8 000	13 000	1,2	7019 ACD/P4A	S	H1, L	
145	24	76,1	76,5	2,9	10 000	16 000	1	7019 ACD/HCP4A	S	H1, L	
145	24	81,9	80	3,1	8 500	14 000	1,2	7019 CD/P4A	S	H1, L	
145	24	81,9	80	3,1	11 000	17 000	1	7019 CD/HCP4A	S	H1, L	
170	32	133	114	4,25	7 500	12 000	2,7	7219 ACD/P4A	-	-	
170	32	133	114	4,25	8 500	14 000	2,2	7219 ACD/HCP4A	-	-	
170	32	138	120	4,4	8 000	13 000	2,7	7219 CD/P4A	-	-	
170	32	138	120	4,4	9 500	15 000	2,2	7219 CD/HCP4A	-	-	
100	125	13	21,2	27,5	1,1	8 500	13 000	0,31	71820 ACD/P4	-	-
	125	13	21,2	27,5	1,1	10 000	15 000	0,28	71820 ACD/HCP4	-	-
	125	13	22,5	29	1,16	9 000	14 000	0,31	71820 CD/P4	-	-
	125	13	22,5	29	1,16	11 000	17 000	0,28	71820 CD/HCP4	-	-

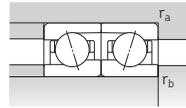
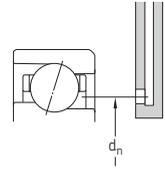
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

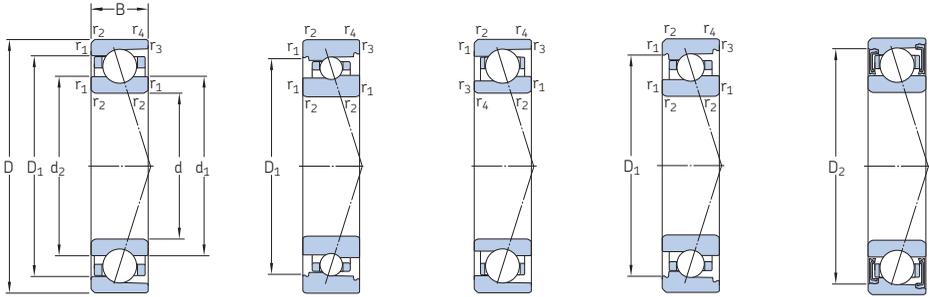


719 .. ACE, 719 .. CE

Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
95 Forts.	106	102,9	119,2	122,6	1,1	0,6	101	98,2	124	126,8	1	0,6	108,5	7,3	–	
	106	102,9	119,2	122,6	1,1	0,6	101	98,2	124	126,8	1	0,6	108,5	7,3	–	
	106	102,9	119,2	122,6	1,1	0,6	101	98,2	124	126,8	1	0,6	108,5	7,3	8,6	
	106	102,9	119,2	122,6	1,1	0,6	101	98,2	124	126,8	1	0,6	108,5	7,3	8,6	
	105,8	105,8	119,2	122,2	1,1	0,6	101	101	124	126	1	0,6	108,6	7,8	–	
	105,8	105,8	119,2	122,2	1,1	0,6	101	101	124	126	1	0,6	108,6	7,8	–	
	105,8	105,8	119,2	122,2	1,1	0,6	101	101	124	126	1	0,6	108,6	7,8	16,4	
	105,8	105,8	119,2	122,2	1,1	0,6	101	101	124	126	1	0,6	108,6	7,8	16,4	
	113,7	111,2	130	130	1,5	1	102	102	138	140,4	1,5	1	115	15	–	
	113,7	111,2	130	130	1,5	1	102	102	138	140,4	1,5	1	115	15	–	
	113,7	111,2	130	130	1,5	1	102	102	138	140,4	1,5	1	115	15	9,7	
	113,7	111,2	130	130	1,5	1	102	102	138	140,4	1,5	1	115	15	9,7	
112,4	109,2	131	131	1,5	1	102	102	138	139,4	1,5	1	115,4	17	–		
112,4	109,2	131	131	1,5	1	102	102	138	139,4	1,5	1	115,4	17	–		
112,4	109,2	131	131	1,5	1	102	102	138	139,4	1,5	1	115,4	17	9,4		
112,4	109,2	131	131	1,5	1	102	102	138	139,4	1,5	1	115,4	17	9,4		
110,4	110,4	129,6	133,3	1,5	1	102	102	138	141	1,5	1	113,7	16	–		
110,4	110,4	129,6	133,3	1,5	1	102	102	138	141	1,5	1	113,7	16	–		
110,4	110,4	129,6	133,3	1,5	1	102	102	138	141	1,5	1	113,7	16	15,7		
110,4	110,4	129,6	133,3	1,5	1	102	102	138	141	1,5	1	113,7	16	15,7		
118,1	118,1	146,9	–	2,1	1,1	107	107	158	163	2	1	124,4	34	–		
118,1	118,1	146,9	–	2,1	1,1	107	107	158	163	2	1	124,4	34	–		
118,1	118,1	146,9	–	2,1	1,1	107	107	158	163	2	1	124,4	34	14,6		
118,1	118,1	146,9	–	2,1	1,1	107	107	158	163	2	1	124,4	34	14,6		
100	108,2	108,2	117	–	1	0,3	104,6	104,6	120,4	123	1	0,3	109,1	3,2	–	
	108,2	108,2	117	–	1	0,3	104,6	104,6	120,4	123	1	0,3	109,1	3,2	–	
	108,2	108,2	117	–	1	0,3	104,6	104,6	120,4	123	1	0,3	109,1	3,2	17,4	
	108,2	108,2	117	–	1	0,3	104,6	104,6	120,4	123	1	0,3	109,1	3,2	17,4	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 100 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

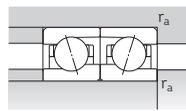
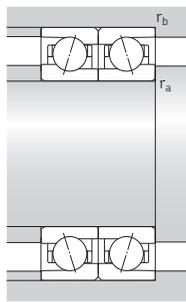
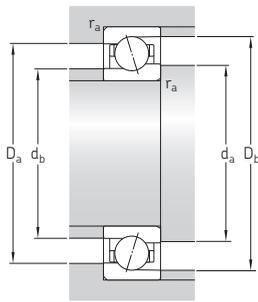
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d    D    B	C	$C_0$	kN	kN	$\text{min}^{-1}$	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-	-	
<b>100</b>	140	20	20,8	21,2	0,815	11 000	17 000	0,85	<b>71920 ACB/P4A</b>	S	L
Forts.	140	20	20,8	21,2	0,815	13 000	20 000	0,8	<b>71920 ACB/HCP4A</b>	S	L
	140	20	21,6	22,4	0,865	12 000	19 000	0,85	<b>71920 CB/P4A</b>	S	L
	140	20	21,6	22,4	0,865	15 000	24 000	0,8	<b>71920 CB/HCP4A</b>	S	L
	140	20	36,4	30	1,14	11 500	18 000	0,77	<b>71920 ACE/P4A</b>	S	H1, L
	140	20	36,4	30	1,14	13 700	22 000	0,65	<b>71920 ACE/HCP4A</b>	S	H1, L
	140	20	39	31,5	1,2	13 300	20 500	0,77	<b>71920 CE/P4A</b>	S	H1, L
	140	20	39	31,5	1,2	15 500	24 000	0,65	<b>71920 CE/HCP4A</b>	S	H1, L
	140	20	57,2	63	2,4	8 000	13 000	0,8	<b>71920 ACD/P4A</b>	S	H1, L
	140	20	57,2	63	2,4	9 000	15 000	0,67	<b>71920 ACD/HCP4A</b>	S	H1, L
	140	20	60,5	65,5	2,55	8 500	14 000	0,8	<b>71920 CD/P4A</b>	S	H1, L
	140	20	60,5	65,5	2,55	11 000	17 000	0,67	<b>71920 CD/HCP4A</b>	S	H1, L
	150	24	28,1	25,5	0,98	10 000	15 000	1,35	<b>7020 ACB/P4A</b>	S	L
	150	24	28,1	25,5	0,98	12 000	18 000	1,3	<b>7020 ACB/HCP4A</b>	S	L
	150	24	29,6	27	1,02	11 000	17 000	1,35	<b>7020 CB/P4A</b>	S	L
	150	24	29,6	27	1,02	13 000	20 000	1,3	<b>7020 CB/HCP4A</b>	S	L
	150	24	42,3	38	1,43	11 200	17 500	1,25	<b>7020 ACE/P4A</b>	S	H1, L, L1
	150	24	42,3	38	1,43	12 700	20 000	1,1	<b>7020 ACE/HCP4A</b>	S	H1, L, L1
	150	24	44,9	40	1,5	12 300	19 000	1,25	<b>7020 CE/P4A</b>	S	H1, L, L1
	150	24	44,9	40	1,5	14 500	22 000	1,1	<b>7020 CE/HCP4A</b>	S	H1, L, L1
	150	24	79,3	80	3,05	8 000	12 000	1,25	<b>7020 ACD/P4A</b>	S	H1, L
	150	24	79,3	80	3,05	9 500	15 000	1,05	<b>7020 ACD/HCP4A</b>	S	H1, L
	150	24	83,2	85	3,2	8 500	14 000	1,25	<b>7020 CD/P4A</b>	S	H1, L
	150	24	83,2	85	3,2	10 000	16 000	1,05	<b>7020 CD/HCP4A</b>	S	H1, L
	180	34	148	129	4,65	7 000	11 000	3,25	<b>7220 ACD/P4A</b>	-	-
	180	34	148	129	4,65	8 000	13 000	2,65	<b>7220 ACD/HCP4A</b>	-	-
	180	34	156	137	4,9	7 500	12 000	3,25	<b>7220 CD/P4A</b>	-	-
	180	34	156	137	4,9	9 000	14 000	2,65	<b>7220 CD/HCP4A</b>	-	-

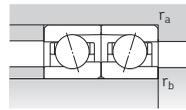
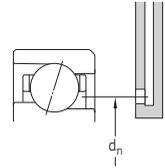
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

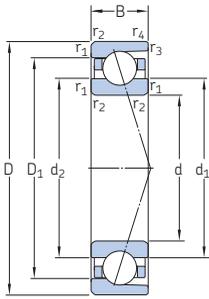


719 .. ACE, 719 .. CE

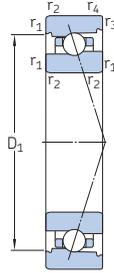
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>		
mm															cm <sup>3</sup>	-
<b>100</b>	114,9	113,2	128,7	128,7	1,1	0,6	106	106	134	136,8	1	0,6	116,1	10	-	
	114,9	113,2	128,7	128,7	1,1	0,6	106	106	134	136,8	1	0,6	116,1	10	-	
Forts.	114,9	113,2	128,7	128,7	1,1	0,6	106	106	134	136,8	1	0,6	116,1	10	10	
	114,9	113,2	128,7	128,7	1,1	0,6	106	106	134	136,8	1	0,6	116,1	10	10	
	112,4	109	127,5	130,9	1,1	0,6	106	103,2	134	136,8	1	0,6	115,4	10	-	
	112,4	109	127,5	130,9	1,1	0,6	106	103,2	134	136,8	1	0,6	115,4	10	-	
	112,4	109	127,5	130,9	1,1	0,6	106	103,2	134	136,8	1	0,6	115,4	10	8,5	
	112,4	109	127,5	130,9	1,1	0,6	106	103,2	134	136,8	1	0,6	115,4	10	8,5	
	112,3	112,3	127,7	130,7	1,1	0,6	106	106	134	136	1	0,6	115,6	11	-	
	112,3	112,3	127,7	130,7	1,1	0,6	106	106	134	136	1	0,6	115,6	11	-	
	112,3	112,3	127,7	130,7	1,1	0,6	106	106	134	136	1	0,6	115,6	11	16,3	
	112,3	112,3	127,7	130,7	1,1	0,6	106	106	134	136	1	0,6	115,6	11	16,3	
	118,7	116,2	135	135	1,5	1	107	107	143	145,4	1,5	1	120	15	-	
	118,7	116,2	135	135	1,5	1	107	107	143	145,4	1,5	1	120	15	-	
	118,7	116,2	135	135	1,5	1	107	107	143	145,4	1,5	1	120	15	9,8	
	118,7	116,2	135	135	1,5	1	107	107	143	145,4	1,5	1	120	15	9,8	
	117,4	114,2	136	136	1,5	1	107	107	143	144,4	1,5	1	120,4	17	-	
	117,4	114,2	136	136	1,5	1	107	107	143	144,4	1,5	1	120,4	17	-	
	117,4	114,2	136	136	1,5	1	107	107	143	144,4	1,5	1	120,4	17	9,5	
	117,4	114,2	136	136	1,5	1	107	107	143	144,4	1,5	1	120,4	17	9,5	
	115,4	115,4	134,6	138,2	1,5	1	107	107	143	146	1,5	1	118,7	16	-	
	115,4	115,4	134,6	138,2	1,5	1	107	107	143	146	1,5	1	118,7	16	-	
	115,4	115,4	134,6	138,2	1,5	1	107	107	143	146	1,5	1	118,7	16	15,8	
	115,4	115,4	134,6	138,2	1,5	1	107	107	143	146	1,5	1	118,7	16	15,8	
	124,7	124,7	155,3	-	2,1	1,1	112	112	168	173	2	1	131,4	41	-	
	124,7	124,7	155,3	-	2,1	1,1	112	112	168	173	2	1	131,4	41	-	
	124,7	124,7	155,3	-	2,1	1,1	112	112	168	173	2	1	131,4	41	14,5	
	124,7	124,7	155,3	-	2,1	1,1	112	112	168	173	2	1	131,4	41	14,5	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

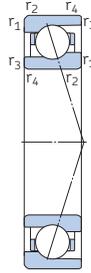
## 2.1 Schrägkugellager d 105 – 110 mm



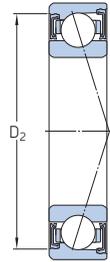
ACD, CD



ACB, CB



719 .. ACE,  
719 .. CE



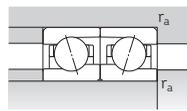
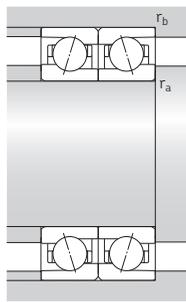
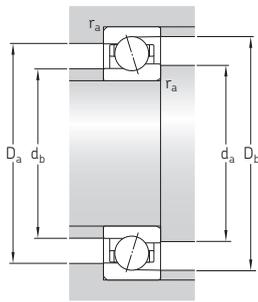
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	C <sub>0</sub>							
mm					kN	kN	min <sup>-1</sup>		-	-	
105	130	13	21,6	28,5	1,1	8 000	12 000	0,32	71821 ACD/P4	-	-
	130	13	21,6	28,5	1,1	9 500	15 000	0,29	71821 ACD/HCP4	-	-
	130	13	22,9	30	1,18	9 000	14 000	0,32	71821 CD/P4	-	-
	130	13	22,9	30	1,18	11 000	16 000	0,29	71821 CD/HCP4	-	-
	145	20	57,2	65,5	2,5	7 500	12 000	0,82	71921 ACD/P4A	S	H1, L
	145	20	57,2	65,5	2,5	9 000	15 000	0,7	71921 ACD/HCP4A	S	H1, L
	145	20	61,8	69,5	2,6	8 500	14 000	0,82	71921 CD/P4A	S	H1, L
	145	20	61,8	69,5	2,6	10 000	16 000	0,7	71921 CD/HCP4A	S	H1, L
	160	26	90,4	93	3,4	7 500	12 000	1,6	7021 ACD/P4A	S	H1, L
	160	26	90,4	93	3,4	9 000	14 000	1,3	7021 ACD/HCP4A	S	H1, L
	160	26	95,6	96,5	3,6	8 000	13 000	1,6	7021 CD/P4A	S	H1, L
	160	26	95,6	96,5	3,6	10 000	15 000	1,3	7021 CD/HCP4A	S	H1, L
190	36	163	146	5,1	6 700	10 000	3,85	7221 ACD/P4A	-	-	
	36	163	146	5,1	7 500	12 000	3,15	7221 ACD/HCP4A	-	-	
	36	172	153	5,3	7 500	12 000	3,85	7221 CD/P4A	-	-	
	36	172	153	5,3	9 000	14 000	3,15	7221 CD/HCP4A	-	-	
110	140	16	30,2	38	1,46	7 500	12 000	0,51	71822 ACD/P4	-	-
	140	16	30,2	38	1,46	9 000	14 000	0,45	71822 ACD/HCP4	-	-
	140	16	31,9	40,5	1,53	8 000	13 000	0,51	71822 CD/P4	-	-
	140	16	31,9	40,5	1,53	10 000	15 000	0,45	71822 CD/HCP4	-	-
150	20	24,7	25,5	0,95	10 000	15 000	0,9	71922 ACB/P4A	S	L	
	20	24,7	25,5	0,95	12 000	19 000	0,84	71922 ACB/HCP4A	S	L	
	20	26	27	1	11 000	17 000	0,9	71922 CB/P4A	S	L	
	20	26	27	1	14 000	22 000	0,84	71922 CB/HCP4A	S	L	
150	20	37,7	32,5	1,18	10 300	16 000	0,83	71922 ACE/P4A	S	H1, L	
	20	37,7	32,5	1,18	12 300	19 000	0,7	71922 ACE/HCP4A	S	H1, L	
	20	39,7	34,5	1,25	12 000	18 000	0,83	71922 CE/P4A	S	H1, L	
	20	39,7	34,5	1,25	14 000	22 000	0,7	71922 CE/HCP4A	S	H1, L	

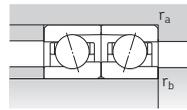
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

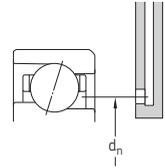
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB



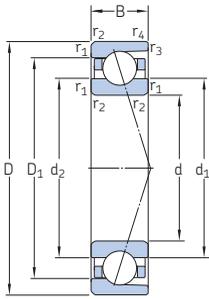
719 .. ACE, 719 .. CE



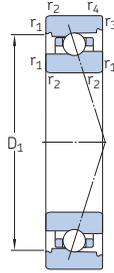
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
105	113,2	113,2	122	–	1	0,3	109,6	109,6	125,4	128	1	0,3	114,6	4	–	
	113,2	113,2	122	–	1	0,3	109,6	109,6	125,4	128	1	0,3	114,6	4	–	
	113,2	113,2	122	–	1	0,3	109,6	109,6	125,4	128	1	0,3	114,6	4	17,4	
	113,2	113,2	122	–	1	0,3	109,6	109,6	125,4	128	1	0,3	114,6	4	17,4	
	117,3	117,3	132,7	135,7	1,1	0,6	111	111	139	141	1	0,6	120,6	11	–	
	117,3	117,3	132,7	135,7	1,1	0,6	111	111	139	141	1	0,6	120,6	11	–	
	117,3	117,3	132,7	135,7	1,1	0,6	111	111	139	141	1	0,6	120,6	11	16,4	
	117,3	117,3	132,7	135,7	1,1	0,6	111	111	139	141	1	0,6	120,6	11	16,4	
	121,9	121,9	143,1	146,8	2	1	114	114	151	155	2	1	125,6	20	–	
	121,9	121,9	143,1	146,8	2	1	114	114	151	155	2	1	125,6	20	–	
	121,9	121,9	143,1	146,8	2	1	114	114	151	155	2	1	125,6	20	15,7	
	121,9	121,9	143,1	146,8	2	1	114	114	151	155	2	1	125,6	20	15,7	
131,2	131,2	131,2	163,8	–	2,1	1,1	117	117	178	183	2	1	138,4	48	–	
	131,2	131,2	163,8	–	2,1	1,1	117	117	178	183	2	1	138,4	48	–	
	131,2	131,2	163,8	–	2,1	1,1	117	117	178	183	2	1	138,4	48	14,5	
	131,2	131,2	163,8	–	2,1	1,1	117	117	178	183	2	1	138,4	48	14,5	
	131,2	131,2	163,8	–	2,1	1,1	117	117	178	183	2	1	138,4	48	14,5	
110	119,8	119,8	130,6	–	1	0,3	114,6	114,6	135,4	138	1	0,3	120,9	5,1	–	
	119,8	119,8	130,6	–	1	0,3	114,6	114,6	135,4	138	1	0,3	120,9	5,1	–	
	119,8	119,8	130,6	–	1	0,3	114,6	114,6	135,4	138	1	0,3	120,9	5,1	17,2	
	119,8	119,8	130,6	–	1	0,3	114,6	114,6	135,4	138	1	0,3	120,9	5,1	17,2	
	124,4	122,5	139	139	1,1	0,6	116	116	144	146,8	1	0,6	125,7	11	–	
	124,4	122,5	139	139	1,1	0,6	116	116	144	146,8	1	0,6	125,7	11	–	
	124,4	122,5	139	139	1,1	0,6	116	116	144	146,8	1	0,6	125,7	11	10	
	124,4	122,5	139	139	1,1	0,6	116	116	144	146,8	1	0,6	125,7	11	10	
	122,4	119	137,5	140,9	1,1	0,6	116	113,2	144	146,8	1	0,6	125,4	11	–	
	122,4	119	137,5	140,9	1,1	0,6	116	113,2	144	146,8	1	0,6	125,4	11	–	
	122,4	119	137,5	140,9	1,1	0,6	116	113,2	144	146,8	1	0,6	125,4	11	8,6	
	122,4	119	137,5	140,9	1,1	0,6	116	113,2	144	146,8	1	0,6	125,4	11	8,6	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

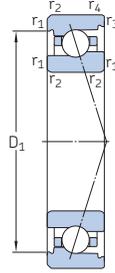
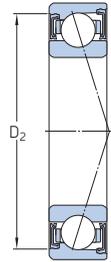
## 2.1 Schrägkugellager d 110 – 120 mm



ACD, CD



ACB, CB

70 .. ACE,  
70 .. CE

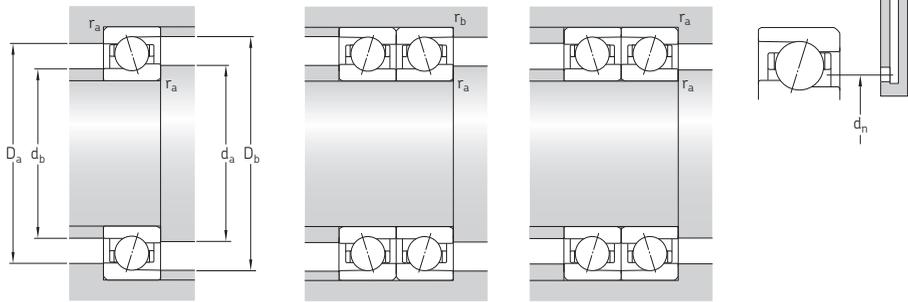
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung P <sub>u</sub>	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen			
	dyn.	stat.		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>			Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d	D	B	C	C <sub>0</sub>							
mm					kN	kN	min <sup>-1</sup>				
110 Forts.	150	20	58,5	68	2,55	7 500	12 000	0,86	71922 ACD/P4A	S	H1, L
	150	20	58,5	68	2,55	8 500	14 000	0,73	71922 ACD/HCP4A	S	H1, L
	150	20	62,4	72	2,7	8 000	13 000	0,86	71922 CD/P4A	S	H1, L
	150	20	62,4	72	2,7	10 000	16 000	0,73	71922 CD/HCP4A	S	H1, L
	170	28	35,1	34	1,22	9 000	14 000	2,2	7022 ACB/P4A	S	L
	170	28	35,1	34	1,22	11 000	16 000	2,1	7022 ACB/HCP4A	S	L
	170	28	37,1	36	1,29	10 000	16 000	2,2	7022 CB/P4A	S	L
	170	28	37,1	36	1,29	12 000	19 000	2,1	7022 CB/HCP4A	S	L
	170	28	44,9	42,5	1,53	10 000	15 500	2,1	7022 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	170	28	44,9	42,5	1,53	11 500	17 500	1,95	7022 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	170	28	47,5	45	1,6	10 900	17 000	2,1	7022 CE/P4A	S	H1, L, L1
	170	28	47,5	45	1,6	12 700	20 000	1,95	7022 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	170	28	104	104	3,75	7 000	11 000	1,95	7022 ACD/P4A	S	H1, L
	170	28	104	104	3,75	8 500	13 000	1,65	7022 ACD/HCP4A	S	H1, L
	170	28	111	108	3,9	7 500	12 000	1,95	7022 CD/P4A	S	H1, L
	170	28	111	108	3,9	9 500	14 000	1,65	7022 CD/HCP4A	S	H1, L
200	38	168	160	5,4	6 700	10 000	4,65	7222 ACD/P4A	-	-	
200	38	168	160	5,4	7 500	12 000	3,85	7222 ACD/HCP4A	-	-	
200	38	178	166	5,6	7 000	11 000	4,65	7222 CD/P4A	-	-	
200	38	178	166	5,6	8 500	13 000	3,85	7222 CD/HCP4A	-	-	
120	150	16	31,2	42,5	1,53	6 700	11 000	0,55	71824 ACD/P4	-	-
	150	16	31,2	42,5	1,53	8 000	13 000	0,49	71824 ACD/HCP4	-	-
	150	16	33,2	45	1,63	7 500	12 000	0,55	71824 CD/P4	-	-
	150	16	33,2	45	1,63	9 000	14 000	0,49	71824 CD/HCP4	-	-
	165	22	25,5	28,5	1,02	9 000	14 000	1,25	71924 ACB/P4A	S	L
	165	22	25,5	28,5	1,02	11 000	17 000	1,2	71924 ACB/HCP4A	S	L
	165	22	27	30,5	1,08	10 000	16 000	1,25	71924 CB/P4A	S	L
	165	22	27	30,5	1,08	12 000	20 000	1,2	71924 CB/HCP4A	S	L

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

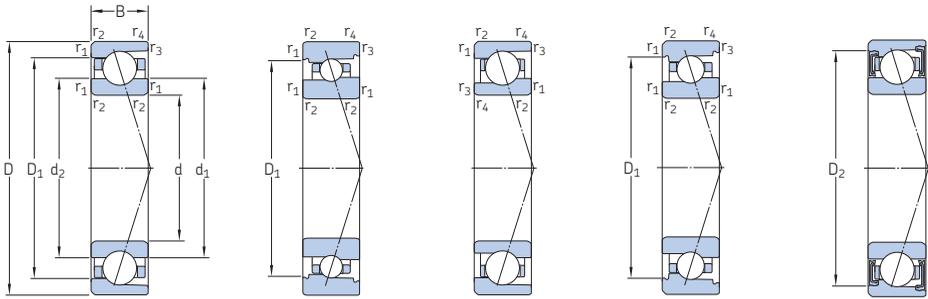
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>110</b> Forts.	122,3	122,3	137,7	140,6	1,1	0,6	116	116	144	146	1	0,6	125,6	11	–	
	122,3	122,3	137,7	140,6	1,1	0,6	116	116	144	146	1	0,6	125,6	11	–	
	122,3	122,3	137,7	140,6	1,1	0,6	116	116	144	146	1	0,6	125,6	11	16,5	
	122,3	122,3	137,7	140,6	1,1	0,6	116	116	144	146	1	0,6	125,6	11	16,5	
	133,2	130,5	151,9	151,9	2	1	119	119	161	165,4	2	1	134,6	22	–	
	133,2	130,5	151,9	151,9	2	1	119	119	161	165,4	2	1	134,6	22	–	
	133,2	130,5	151,9	151,9	2	1	119	119	161	165,4	2	1	134,6	22	9,7	
	133,2	130,5	151,9	151,9	2	1	119	119	161	165,4	2	1	134,6	22	9,7	
	132,4	129,2	152,2	152,2	2	1	118,8	118,8	161,2	164,4	2	1	135,4	23	–	
	132,4	129,2	152,2	152,2	2	1	118,8	118,8	161,2	164,4	2	1	135,4	23	–	
	132,4	129,2	152,2	152,2	2	1	118,8	118,8	161,2	164,4	2	1	135,4	23	9,6	
	132,4	129,2	152,2	152,2	2	1	118,8	118,8	161,2	164,4	2	1	135,4	23	9,6	
	128,5	128,5	151,5	155,2	2	1	119	119	161	165	2	1	132,6	26	–	
	128,5	128,5	151,5	155,2	2	1	119	119	161	165	2	1	132,6	26	–	
	128,5	128,5	151,5	155,2	2	1	119	119	161	165	2	1	132,6	26	15,5	
	128,5	128,5	151,5	155,2	2	1	119	119	161	165	2	1	132,6	26	15,5	
	138,7	138,7	171,3	–	2,1	1,1	122	122	188	193	2	1	145,9	54	–	
	138,7	138,7	171,3	–	2,1	1,1	122	122	188	193	2	1	145,9	54	–	
	138,7	138,7	171,3	–	2,1	1,1	122	122	188	193	2	1	145,9	54	14,7	
	138,7	138,7	171,3	–	2,1	1,1	122	122	188	193	2	1	145,9	54	14,7	
<b>120</b>	129,8	129,8	140,6	–	1	0,3	124,6	124,6	145,4	148	1	0,3	130,9	5,5	–	
	129,8	129,8	140,6	–	1	0,3	124,6	124,6	145,4	148	1	0,3	130,9	5,5	–	
	129,8	129,8	140,6	–	1	0,3	124,6	124,6	145,4	148	1	0,3	130,9	5,5	17,3	
	129,8	129,8	140,6	–	1	0,3	124,6	124,6	145,4	148	1	0,3	130,9	5,5	17,3	
	136,9	135	151,9	151,9	1,1	0,6	126	126	159	161,8	1	0,6	138,2	14	–	
	136,9	135	151,9	151,9	1,1	0,6	126	126	159	161,8	1	0,6	138,2	14	–	
	136,9	135	151,9	151,9	1,1	0,6	126	126	159	161,8	1	0,6	138,2	14	10	
	136,9	135	151,9	151,9	1,1	0,6	126	126	159	161,8	1	0,6	138,2	14	10	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 120 – 130 mm



ACD, CD

ACB, CB

719 .. ACE,  
719 .. CE70 .. ACE,  
70 .. CE

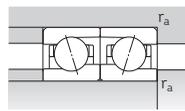
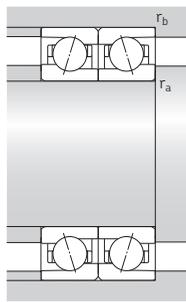
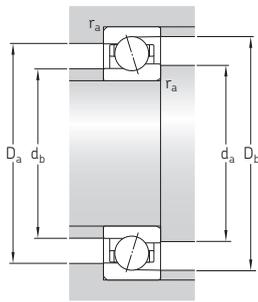
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>	Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d    D    B	C	$C_0$	kN	$\text{min}^{-1}$	$\text{min}^{-1}$	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-	-	
<b>120</b>	165	22	44,9	38	1,32	9 500	15 000	1,1	71924 ACE/P4A	S	H1, L
Forts.	165	22	44,9	38	1,32	11 500	17 500	0,93	71924 ACE/HCP4A	S	H1, L
	165	22	47,5	40,5	1,4	11 200	16 000	1,1	71924 CE/P4A	S	H1, L
	165	22	47,5	40,5	1,4	12 700	19 000	0,93	71924 CE/HCP4A	S	H1, L
	165	22	72,8	86,5	3,05	7 000	11 000	1,15	71924 ACD/P4A	S	H1, L
	165	22	72,8	86,5	3,05	8 000	13 000	0,99	71924 ACD/HCP4A	S	H1, L
	165	22	78	91,5	3,25	7 500	12 000	1,15	71924 CD/P4A	S	H1, L
	165	22	78	91,5	3,25	9 000	14 000	0,99	71924 CD/HCP4A	S	H1, L
	180	28	35,8	36,5	1,27	8 500	13 000	2,35	7024 ACB/P4A	S	L
	180	28	35,8	36,5	1,27	10 000	15 000	2,25	7024 ACB/HCP4A	S	L
	180	28	37,7	39	1,34	9 500	14 000	2,35	7024 CB/P4A	S	L
	180	28	37,7	39	1,34	11 000	17 000	2,25	7024 CB/HCP4A	S	L
	180	28	54	52	1,8	8 300	13 000	2,15	7024 ACE/P4A	S	H1, L, L1
	180	28	54	52	1,8	10 000	15 500	1,95	7024 ACE/HCP4A	S	H1, L, L1
	180	28	57,2	55	1,9	9 300	14 500	2,15	7024 CE/P4A	S	H1, L, L1
	180	28	57,2	55	1,9	11 200	17 500	1,95	7024 CE/HCP4A	S	H1, L, L1
	180	28	111	116	4	6 700	10 000	2,15	7024 ACD/P4A	S	H1, L
	180	28	111	116	4	8 000	12 000	1,75	7024 ACD/HCP4A	S	H1, L
	180	28	114	122	4,25	7 000	11 000	2,15	7024 CD/P4A	S	H1, L
	180	28	114	122	4,25	8 500	13 000	1,75	7024 CD/HCP4A	S	H1, L
	215	40	190	183	6	6 000	9 000	5,4	7224 ACD/P4A	-	-
	215	40	190	183	6	7 000	11 000	4,4	7224 ACD/HCP4A	-	-
	215	40	199	193	6,3	6 700	10 000	5,4	7224 CD/P4A	-	-
	215	40	199	193	6,3	8 000	12 000	4,4	7224 CD/HCP4A	-	-
<b>130</b>	165	18	36,4	50	1,76	6 300	9 500	0,77	71826 ACD/P4	-	-
	165	18	36,4	50	1,76	7 500	12 000	0,7	71826 ACD/HCP4	-	-
	165	18	39	53	1,86	7 000	11 000	0,77	71826 CD/P4	-	-
	165	18	39	53	1,86	8 500	13 000	0,7	71826 CD/HCP4	-	-

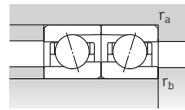
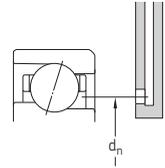
1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



ACD, CD, ACB, CB,  
70 .. ACE, 70 .. CE

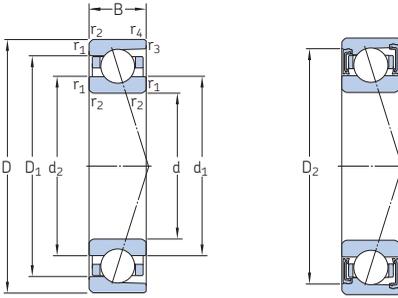


719 .. ACE, 719 .. CE

Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
120 Forts.	134	130,2	151	154,4	1,1	0,6	126	123,2	159	161,8	1	0,6	137,4	15	–	
	134	130,2	151	154,4	1,1	0,6	126	123,2	159	161,8	1	0,6	137,4	15	–	
	134	130,2	151	154,4	1,1	0,6	126	123,2	159	161,8	1	0,6	137,4	15	8,5	
	134	130,2	151	154,4	1,1	0,6	126	123,2	159	161,8	1	0,6	137,4	15	8,5	
	133,9	133,9	151,1	154,1	1,1	0,6	126	126	159	161	1	0,6	137,6	15	–	
	133,9	133,9	151,1	154,1	1,1	0,6	126	126	159	161	1	0,6	137,6	15	–	
	133,9	133,9	151,1	154,1	1,1	0,6	126	126	159	161	1	0,6	137,6	15	16,5	
	133,9	133,9	151,1	154,1	1,1	0,6	126	126	159	161	1	0,6	137,6	15	16,5	
	143,2	140,8	161,9	161,9	2	1	129	129	171	175,4	2	1	144,7	24	–	
	143,2	140,8	161,9	161,9	2	1	129	129	171	175,4	2	1	144,7	24	–	
	143,2	140,8	161,9	161,9	2	1	129	129	171	175,4	2	1	144,7	24	9,8	
	143,2	140,8	161,9	161,9	2	1	129	129	171	175,4	2	1	144,7	24	9,8	
141,4	137,8	163,2	163,2	2	1	128,8	128,8	171,2	174,4	2	1	144,9	28	–		
141,4	137,8	163,2	163,2	2	1	128,8	128,8	171,2	174,4	2	1	144,9	28	–		
141,4	137,8	163,2	163,2	2	1	128,8	128,8	171,2	174,4	2	1	144,9	28	9,6		
141,4	137,8	163,2	163,2	2	1	128,8	128,8	171,2	174,4	2	1	144,9	28	9,6		
138,5	138,5	161,5	165,1	2	1	129	129	171	175	2	1	142,6	27	–		
138,5	138,5	161,5	165,1	2	1	129	129	171	175	2	1	142,6	27	–		
138,5	138,5	161,5	165,1	2	1	129	129	171	175	2	1	142,6	27	15,7		
138,5	138,5	161,5	165,1	2	1	129	129	171	175	2	1	142,6	27	15,7		
150,3	150,3	186,7	–	2,1	1,1	132	132	203	208	2	1	158,2	69	–		
150,3	150,3	186,7	–	2,1	1,1	132	132	203	208	2	1	158,2	69	–		
150,3	150,3	186,7	–	2,1	1,1	132	132	203	208	2	1	158,2	69	14,6		
150,3	150,3	186,7	–	2,1	1,1	132	132	203	208	2	1	158,2	69	14,6		
130	141,8	141,8	153,2	–	1,1	0,6	136	136	159	161,8	1	0,6	144	9,3	–	
	141,8	141,8	153,2	–	1,1	0,6	136	136	159	161,8	1	0,6	144	9,3	–	
	141,8	141,8	153,2	–	1,1	0,6	136	136	159	161,8	1	0,6	144	9,3	17,3	
	141,8	141,8	153,2	–	1,1	0,6	136	136	159	161,8	1	0,6	144	9,3	17,3	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 130 – 140 mm



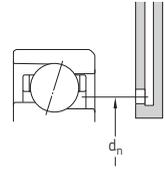
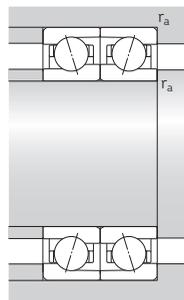
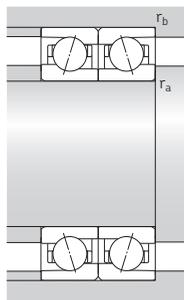
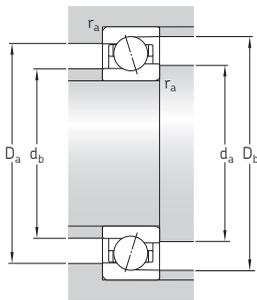
S... 1)

Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup> kg	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen			
	dyn.	stat.		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung <sup>2)</sup>			Dichtungs- lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>3)</sup>		
d    D    B	C	$C_0$									
mm	kN		kN		$\text{min}^{-1}$		-	-			
<b>130</b> Forts.	180	24	87,1	102	3,45	6 700	10 000	1,55	71926 ACD/P4A	S	H1, L
	180	24	87,1	102	3,45	7 500	12 000	1,3	71926 ACD/HCP4A	S	H1, L
	180	24	92,3	108	3,65	7 000	11 000	1,55	71926 CD/P4A	S	H1, L
	180	24	92,3	108	3,65	8 500	13 000	1,3	71926 CD/HCP4A	S	H1, L
	200	33	140	150	4,9	6 000	9 000	3,25	7026 ACD/P4A	S	H1, L
	200	33	140	150	4,9	7 500	12 000	2,65	7026 ACD/HCP4A	S	H1, L
	200	33	148	156	5,2	7 000	10 000	3,25	7026 CD/P4A	S	H1, L
	200	33	148	156	5,2	8 000	13 000	2,65	7026 CD/HCP4A	S	H1, L
	230	40	203	212	6,7	5 600	8 500	6,35	7226 ACD/P4A	-	-
	230	40	203	212	6,7	6 700	10 000	5,2	7226 ACD/HCP4A	-	-
	230	40	216	224	6,95	6 300	9 500	6,35	7226 CD/P4A	-	-
	230	40	216	224	6,95	7 500	11 000	5,2	7226 CD/HCP4A	-	-
<b>140</b>	175	18	42,3	58,5	2	6 000	9 000	0,8	71828 ACD/P4	-	-
	175	18	42,3	58,5	2	7 000	11 000	0,71	71828 ACD/HCP4	-	-
	175	18	44,9	62	2,12	6 300	10 000	0,8	71828 CD/P4	-	-
	175	18	44,9	62	2,12	8 000	12 000	0,71	71828 CD/HCP4	-	-
	190	24	90,4	110	3,65	6 000	9 000	1,65	71928 ACD/P4A	S	H1, L
	190	24	90,4	110	3,65	7 000	11 000	1,4	71928 ACD/HCP4A	S	H1, L
	190	24	95,6	116	3,9	6 700	10 000	1,65	71928 CD/P4A	S	H1, L
	190	24	95,6	116	3,9	8 000	12 000	1,4	71928 CD/HCP4A	S	H1, L
	210	33	146	156	5,1	5 600	8 500	3,4	7028 ACD/P4A	S	H1, L
	210	33	146	156	5,1	7 000	11 000	2,85	7028 ACD/HCP4A	S	H1, L
	210	33	153	166	5,3	6 700	10 000	3,4	7028 CD/P4A	S	H1, L
	210	33	153	166	5,3	7 500	12 000	2,85	7028 CD/HCP4A	S	H1, L
	250	42	212	228	6,95	5 000	7 500	8,15	7228 ACD/P4A	-	-
	250	42	212	228	6,95	6 000	9 000	6,9	7228 ACD/HCP4A	-	-
	250	42	221	240	7,35	5 600	8 500	8,15	7228 CD/P4A	-	-
	250	42	221	240	7,35	7 000	10 000	6,9	7228 CD/HCP4A	-	-

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

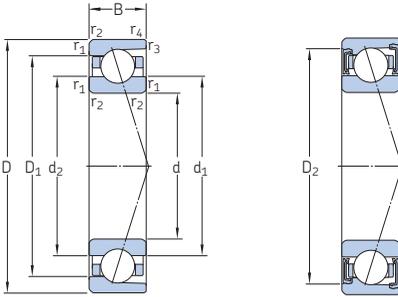
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>130</b>	145,4	145,4	164,6	168,3	1,5	0,6	137	137	173	176	1,5	0,6	149,5	20	–	
Forts.	145,4	145,4	164,6	168,3	1,5	0,6	137	137	173	176	1,5	0,6	149,5	20	–	
	145,4	145,4	164,6	168,3	1,5	0,6	137	137	173	176	1,5	0,6	149,5	20	16,4	
	145,4	145,4	164,6	168,3	1,5	0,6	137	137	173	176	1,5	0,6	149,5	20	16,4	
	151,6	151,6	178,4	183,1	2	1	139	139	191	195	2	1	156,4	42	–	
	151,6	151,6	178,4	183,1	2	1	139	139	191	195	2	1	156,4	42	–	
	151,6	151,6	178,4	183,1	2	1	139	139	191	195	2	1	156,4	42	15,6	
	151,6	151,6	178,4	183,1	2	1	139	139	191	195	2	1	156,4	42	15,6	
	162,8	162,8	199,2	–	3	1,1	144	144	216	223	2,5	1	170,7	72	–	
	162,8	162,8	199,2	–	3	1,1	144	144	216	223	2,5	1	170,7	72	–	
	162,8	162,8	199,2	–	3	1,1	144	144	216	223	2,5	1	170,7	72	14,9	
	162,8	162,8	199,2	–	3	1,1	144	144	216	223	2,5	1	170,7	72	14,9	
<b>140</b>	151,3	151,3	163,7	–	1,1	0,6	146	146	169	171,8	1	0,6	153,2	9,9	–	
	151,3	151,3	163,7	–	1,1	0,6	146	146	169	171,8	1	0,6	153,2	9,9	–	
	151,3	151,3	163,7	–	1,1	0,6	146	146	169	171,8	1	0,6	153,2	9,9	17,3	
	151,3	151,3	163,7	–	1,1	0,6	146	146	169	171,8	1	0,6	153,2	9,9	17,3	
	155,4	155,4	174,6	178,3	1,5	0,6	147	147	183	186	1,5	0,6	159,5	22	–	
	155,4	155,4	174,6	178,3	1,5	0,6	147	147	183	186	1,5	0,6	159,5	22	–	
	155,4	155,4	174,6	178,3	1,5	0,6	147	147	183	186	1,5	0,6	159,5	22	16,6	
	155,4	155,4	174,6	178,3	1,5	0,6	147	147	183	186	1,5	0,6	159,5	22	16,6	
	161,6	161,6	188,4	193,1	2	1	149	149	201	205	2	1	166,3	45	–	
	161,6	161,6	188,4	193,1	2	1	149	149	201	205	2	1	166,3	45	–	
	161,6	161,6	188,4	193,1	2	1	149	149	201	205	2	1	166,3	45	15,8	
	161,6	161,6	188,4	193,1	2	1	149	149	201	205	2	1	166,3	45	15,8	
	176,9	176,9	213,2	–	3	1,5	154	154	236	241	2,5	1,5	184,8	84	–	
	176,9	176,9	213,2	–	3	1,5	154	154	236	241	2,5	1,5	184,8	84	–	
	176,9	176,9	213,2	–	3	1,5	154	154	236	241	2,5	1,5	184,8	84	15,2	
	176,9	176,9	213,2	–	3	1,5	154	154	236	241	2,5	1,5	184,8	84	15,2	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 150 – 170 mm



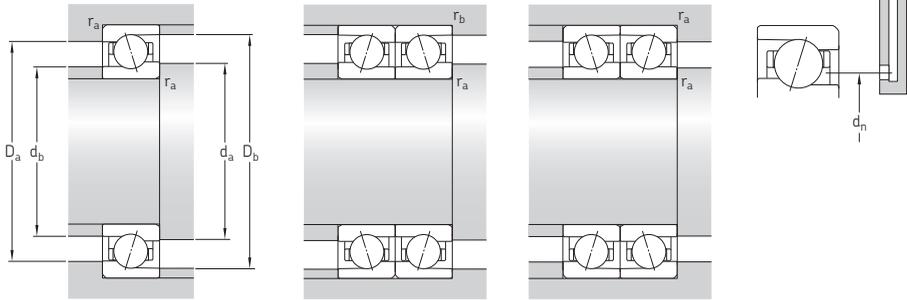
S... 1)

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungsgrenzbelastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht <sup>2)</sup>	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen	
d	D	B	dyn.	stat.		Fettschmierung	Öl-Luft-Schmierung <sup>2)</sup>			Dichtungs-lösung <sup>1)</sup>	Direkte Öl-Schmierung <sup>3)</sup>
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	-	-	
150	190	20	48,8	68	2,2	5 300	8 500	1,1	71830 ACD/P4	-	-
	190	20	48,8	68	2,2	6 300	10 000	0,98	71830 ACD/HCP4	-	-
	190	20	52	72	2,36	6 000	9 000	1,1	71830 CD/P4	-	-
	190	20	52	72	2,36	7 000	11 000	0,98	71830 CD/HCP4	-	-
	210	28	119	140	4,5	5 600	8 500	2,55	71930 ACD/P4A	S	H1, L
	210	28	119	140	4,5	6 700	10 000	2,05	71930 ACD/HCP4A	S	H1, L
	210	28	125	146	4,75	6 300	9 500	2,55	71930 CD/P4A	S	H1, L
	210	28	125	146	4,75	7 500	11 000	2,05	71930 CD/HCP4A	S	H1, L
	225	35	163	180	5,6	5 300	8 000	4,15	7030 ACD/P4A	S	H1, L
	225	35	163	180	5,6	6 700	10 000	3,45	7030 ACD/HCP4A	S	H1, L
	225	35	172	190	5,85	6 000	9 000	4,15	7030 CD/P4A	S	H1, L
	225	35	172	190	5,85	7 000	11 000	3,45	7030 CD/HCP4A	S	H1, L
160	200	20	50,7	75	2,36	5 000	8 000	1,25	71832 ACD/P4	-	-
	200	20	50,7	75	2,36	6 000	9 500	1,1	71832 ACD/HCP4	-	-
	200	20	54	78	2,5	5 600	8 500	1,25	71832 CD/P4	-	-
	200	20	54	78	2,5	6 700	10 000	1,1	71832 CD/HCP4	-	-
	220	28	124	153	4,75	5 300	8 000	2,7	71932 ACD/P4A	-	H1, L
	220	28	124	153	4,75	6 300	9 500	2,25	71932 ACD/HCP4A	-	H1, L
	220	28	130	160	5	6 000	9 000	2,7	71932 CD/P4A	-	H1, L
	220	28	130	160	5	7 500	11 000	2,25	71932 CD/HCP4A	-	H1, L
	240	38	182	204	6,2	5 000	7 500	5,15	7032 ACD/P4A	-	H1, L
	240	38	182	204	6,2	6 300	9 500	4,25	7032 ACD/HCP4A	-	H1, L
	240	38	195	216	6,55	5 600	8 500	5,15	7032 CD/P4A	-	H1, L
	240	38	195	216	6,55	6 700	11 000	4,25	7032 CD/HCP4A	-	H1, L
170	230	28	124	160	4,8	5 000	7 500	2,85	71934 ACD/P4A	-	H1
	230	28	124	160	4,8	6 000	9 000	2,35	71934 ACD/HCP4A	-	H1
	230	28	133	166	5,1	5 600	8 500	2,85	71934 CD/P4A	-	H1
	230	28	133	166	5,1	7 000	10 000	2,35	71934 CD/HCP4A	-	H1

1) Vorsetzzeichen S. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Dichtungslösungen* (→ Seite 136).

2) Trifft ausschließlich auf offene Lager zu.

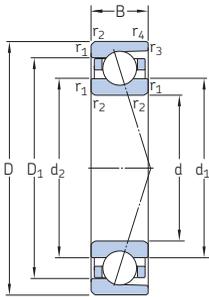
3) Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
150	163,4	163,4	176,7	–	1,1	0,6	156	156	184	186,8	1	0,6	165,6	13	–	
	163,4	163,4	176,7	–	1,1	0,6	156	156	184	186,8	1	0,6	165,6	13	–	
	163,4	163,4	176,7	–	1,1	0,6	156	156	184	186,8	1	0,6	165,6	13	17,3	
	163,4	163,4	176,7	–	1,1	0,6	156	156	184	186,8	1	0,6	165,6	13	17,3	
	168,5	168,5	191,5	195,2	2	1	159	159	201	205	2	1	173,5	33	–	
	168,5	168,5	191,5	195,2	2	1	159	159	201	205	2	1	173,5	33	–	
	168,5	168,5	191,5	195,2	2	1	159	159	201	205	2	1	173,5	33	16,2	
	168,5	168,5	191,5	195,2	2	1	159	159	201	205	2	1	173,5	33	16,2	
	173,1	173,1	201,9	206,6	2,1	1	161	161	214	220	2	1	178,2	54	–	
	173,1	173,1	201,9	206,6	2,1	1	161	161	214	220	2	1	178,2	54	–	
	173,1	173,1	201,9	206,6	2,1	1	161	161	214	220	2	1	178,2	54	15,8	
	173,1	173,1	201,9	206,6	2,1	1	161	161	214	220	2	1	178,2	54	15,8	
160	173,4	173,4	186,7	–	1,1	0,6	166	166	194	196,8	1	0,6	175,6	14	–	
	173,4	173,4	186,7	–	1,1	0,6	166	166	194	196,8	1	0,6	175,6	14	–	
	173,4	173,4	186,7	–	1,1	0,6	166	166	194	196,8	1	0,6	175,6	14	17,4	
	173,4	173,4	186,7	–	1,1	0,6	166	166	194	196,8	1	0,6	175,6	14	17,4	
	178,5	178,5	201,5	–	2	1	169	169	211	215	2	1	183,5	33	–	
	178,5	178,5	201,5	–	2	1	169	169	211	215	2	1	183,5	33	–	
	178,5	178,5	201,5	–	2	1	169	169	211	215	2	1	183,5	33	16,4	
	178,5	178,5	201,5	–	2	1	169	169	211	215	2	1	183,5	33	16,4	
	184,7	184,7	215,3	–	2,1	1	171	171	229	235	2	1	191,4	66	–	
	184,7	184,7	215,3	–	2,1	1	171	171	229	235	2	1	191,4	66	–	
	184,7	184,7	215,3	–	2,1	1	171	171	229	235	2	1	191,4	66	15,8	
	184,7	184,7	215,3	–	2,1	1	171	171	229	235	2	1	191,4	66	15,8	
170	188,5	188,5	211,5	–	2	1	179	179	221	225	2	1	193,5	36	–	
	188,5	188,5	211,5	–	2	1	179	179	221	225	2	1	193,5	36	–	
	188,5	188,5	211,5	–	2	1	179	179	221	225	2	1	193,5	36	16,5	
	188,5	188,5	211,5	–	2	1	179	179	221	225	2	1	193,5	36	16,5	

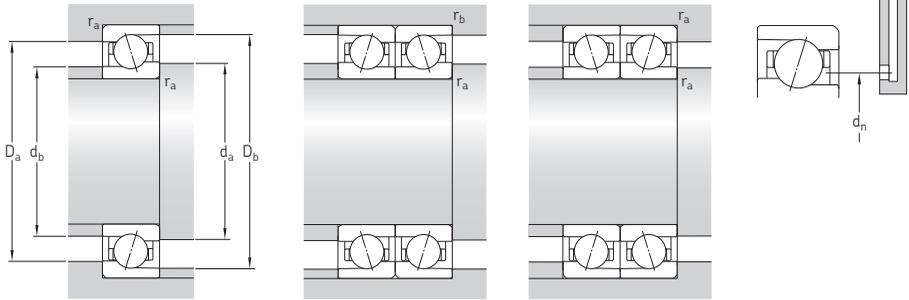
<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 170 – 200 mm



Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmierung	Dichte- lösung			Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>1)</sup>		
d D B C	$C_0$		kN	kN	$\text{min}^{-1}$	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-	-	
<b>170</b>	260	42	199	232	6,7	4 800	7 000	7	7034 ACD/P4A	-	H1, L
Forts.	260	42	199	232	6,7	6 000	9 000	5,95	7034 ACD/HCP4A	-	H1, L
	260	42	212	245	7,1	5 300	8 000	7	7034 CD/P4A	-	H1, L
	260	42	212	245	7,1	6 300	10 000	5,95	7034 CD/HCP4A	-	H1, L
<b>180</b>	250	33	159	200	5,85	4 800	7 000	4,2	71936 ACD/P4A	-	H1
	250	33	159	200	5,85	5 600	8 500	3,5	71936 ACD/HCP4A	-	H1
	250	33	168	212	6,1	5 300	8 000	4,2	71936 CD/P4A	-	H1
	250	33	168	212	6,1	6 700	9 500	3,5	71936 CD/HCP4A	-	H1
	280	46	229	275	7,65	4 300	6 300	9,1	7036 ACD/P4A	-	H1, L
	280	46	229	275	7,65	5 300	8 000	7,7	7036 ACD/HCP4A	-	H1, L
	280	46	242	290	8,15	5 000	7 500	9,1	7036 CD/P4A	-	H1, L
	280	46	242	290	8,15	6 000	9 000	7,7	7036 CD/HCP4A	-	H1, L
<b>190</b>	260	33	163	208	5,85	4 500	6 700	4,35	71938 ACD/P4A	-	H1
	260	33	163	208	5,85	5 300	8 000	3,65	71938 ACD/HCP4A	-	H1
	260	33	172	220	6,2	5 000	7 500	4,35	71938 CD/P4A	-	H1
	260	33	172	220	6,2	6 300	9 000	3,65	71938 CD/HCP4A	-	H1
	290	46	234	290	8	4 300	6 300	9,5	7038 ACD/P4A	-	H1
	290	46	234	290	8	5 300	8 000	8,05	7038 ACD/HCP4A	-	H1
	290	46	247	305	8,3	4 800	7 000	9,5	7038 CD/P4A	-	H1
	290	46	247	305	8,3	5 600	9 000	8,05	7038 CD/HCP4A	-	H1
<b>200</b>	280	38	199	250	6,8	4 300	6 300	6,1	71940 ACD/P4A	-	H1
	280	38	199	250	6,8	5 000	7 500	5,1	71940 ACD/HCP4A	-	H1
	280	38	208	265	7,2	4 800	7 000	6,1	71940 CD/P4A	-	H1
	280	38	208	265	7,2	6 000	8 500	5,1	71940 CD/HCP4A	-	H1
	310	51	281	365	9,8	4 000	6 000	12,5	7040 ACD/P4A	-	H1
	310	51	281	365	9,8	5 000	7 500	10	7040 ACD/HCP4A	-	H1
	310	51	296	390	10,2	4 500	6 700	12,5	7040 CD/P4A	-	H1
	310	51	296	390	10,2	5 300	8 000	10	7040 CD/HCP4A	-	H1

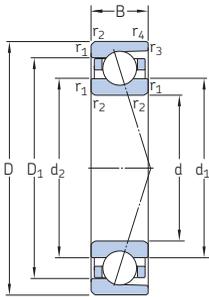
<sup>1)</sup> Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs-	Berechnungs-		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>	
mm															cm <sup>3</sup>	–
<b>170</b>	198,7	198,7	231,3	–	2,1	1,1	181	181	249	254	2	1	205,8	84	–	
Forts.	198,7	198,7	231,3	–	2,1	1,1	181	181	249	254	2	1	205,8	84	–	
	198,7	198,7	231,3	–	2,1	1,1	181	181	249	254	2	1	205,8	84	15,9	
	198,7	198,7	231,3	–	2,1	1,1	181	181	249	254	2	1	205,8	84	15,9	
<b>180</b>	201,6	201,6	228,4	–	2	1	189	189	241	245	2	1	207,4	54	–	
	201,6	201,6	228,4	–	2	1	189	189	241	245	2	1	207,4	54	–	
	201,6	201,6	228,4	–	2	1	189	189	241	245	2	1	207,4	54	16,3	
	201,6	201,6	228,4	–	2	1	189	189	241	245	2	1	207,4	54	16,3	
	211,8	211,8	248,2	–	2,1	1,1	191	191	269	274	2	1	219,7	111	–	
	211,8	211,8	248,2	–	2,1	1,1	191	191	269	274	2	1	219,7	111	–	
	211,8	211,8	248,2	–	2,1	1,1	191	191	269	274	2	1	219,7	111	15,7	
	211,8	211,8	248,2	–	2,1	1,1	191	191	269	274	2	1	219,7	111	15,7	
<b>190</b>	211,6	211,6	238,4	–	2	1	199	199	251	255	2	1	217,4	57	–	
	211,6	211,6	238,4	–	2	1	199	199	251	255	2	1	217,4	57	–	
	211,6	211,6	238,4	–	2	1	199	199	251	255	2	1	217,4	57	16,4	
	211,6	211,6	238,4	–	2	1	199	199	251	255	2	1	217,4	57	16,4	
	221,8	221,8	258,2	–	2,1	1,1	201	201	279	284	2	1	229,7	114	–	
	221,8	221,8	258,2	–	2,1	1,1	201	201	279	284	2	1	229,7	114	–	
	221,8	221,8	258,2	–	2,1	1,1	201	201	279	284	2	1	229,7	114	15,9	
	221,8	221,8	258,2	–	2,1	1,1	201	201	279	284	2	1	229,7	114	15,9	
<b>200</b>	224,7	224,7	255,3	–	2,1	1	209	209	271	275	2	1	231,4	81	–	
	224,7	224,7	255,3	–	2,1	1	209	209	271	275	2	1	231,4	81	–	
	224,7	224,7	255,3	–	2,1	1	209	209	271	275	2	1	231,4	81	16,3	
	224,7	224,7	255,3	–	2,1	1	209	209	271	275	2	1	231,4	81	16,3	
	233,9	233,9	276,1	–	2,1	1,1	211	211	299	304	2	1	243,2	153	–	
	233,9	233,9	276,1	–	2,1	1,1	211	211	299	304	2	1	243,2	153	–	
	233,9	233,9	276,1	–	2,1	1,1	211	211	299	304	2	1	243,2	153	15,6	
	233,9	233,9	276,1	–	2,1	1,1	211	211	299	304	2	1	243,2	153	15,6	

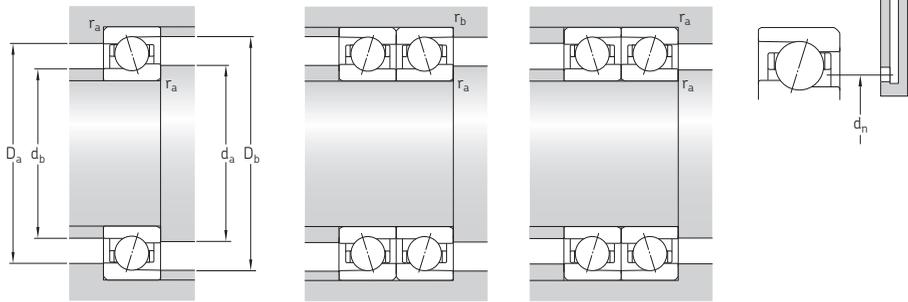
1) Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 220 – 300 mm



Haupt- abmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelas- tung $P_u$	Erreichbare Fettschmie- rung	Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen		
	dyn.	stat.			Öl-Luft- Schmierung	Direkte Öl- Luft- Schmie- rung <sup>1)</sup>					
d D B	C	$C_0$	kN	kN	$\text{min}^{-1}$	$\text{min}^{-1}$	kg	-	-	-	
220	300	38	208	285	7,5	3 800	5 600	6,6	71944 ACD/P4A	-	L
	300	38	208	285	7,5	4 500	6 700	5,55	71944 ACD/HCP4A	-	L
	300	38	221	300	7,8	4 300	6 300	6,6	71944 CD/P4A	-	L
	300	38	221	300	7,8	5 300	7 500	5,55	71944 CD/HCP4A	-	L
	340	56	319	440	11	3 600	5 300	16	7044 ACD/P4A	-	-
	340	56	319	440	11	4 500	6 700	13	7044 ACD/HCP4A	-	-
	340	56	338	455	11,6	4 000	6 000	16	7044 CD/P4A	-	-
	340	56	338	455	11,6	4 800	7 500	13	7044 CD/HCP4A	-	-
240	320	38	216	305	7,8	3 200	4 800	8,5	71948 ACD/P4A	-	L
	320	38	216	305	7,8	3 800	5 600	6	71948 ACD/HCP4A	-	L
	320	38	229	325	8,15	3 800	5 600	8,5	71948 CD/P4A	-	L
	320	38	229	325	8,15	4 800	6 700	6	71948 CD/HCP4A	-	L
	360	56	325	465	11,4	3 400	5 000	17	7048 ACD/P4A	-	-
	360	56	325	465	11,4	4 300	6 300	14	7048 ACD/HCP4A	-	-
	360	56	345	490	12	3 800	5 600	17	7048 CD/P4A	-	-
	360	56	345	490	12	4 500	7 000	14	7048 CD/HCP4A	-	-
260	360	46	265	400	9,65	2 800	4 300	12	71952 ACD/P4A	-	L
	360	46	265	400	9,65	3 600	5 300	10,5	71952 ACD/HCP4A	-	L
	360	46	281	425	10,2	3 400	5 000	12	71952 CD/P4A	-	L
	360	46	281	425	10,2	4 300	6 000	10,5	71952 CD/HCP4A	-	L
	400	65	397	600	14	3 000	4 500	25,5	7052 ACD/P4A	-	-
	400	65	416	630	14,6	3 400	5 300	25,5	7052 CD/P4A	-	-
280	380	46	276	430	10	2 600	4 000	13	71956 ACD/P4A	-	-
	380	46	276	430	10	3 200	4 800	11	71956 ACD/HCP4A	-	-
	380	46	291	455	10,6	3 200	4 800	13	71956 CD/P4A	-	-
	380	46	291	455	10,6	4 000	5 600	11	71956 CD/HCP4A	-	-
300	420	56	351	560	12,7	2 200	3 400	23	71960 ACDMA/P4A	-	-
	420	56	351	560	12,7	2 600	4 000	19,5	71960 ACDMA/HCP4A	-	-
	420	56	371	600	13,4	3 000	4 500	23	71960 CDMA/P4A	-	-
	420	56	371	600	13,4	3 800	5 300	19,5	71960 CDMA/HCP4A	-	-

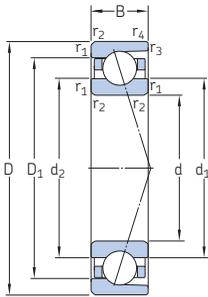
<sup>1)</sup> Nachsetzzeichen H, H1, L oder L1. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Direkte Öl-Luft-Schmierung* (→ Seite 136).



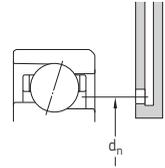
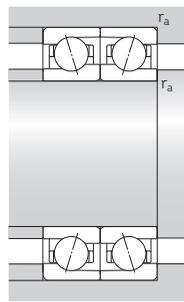
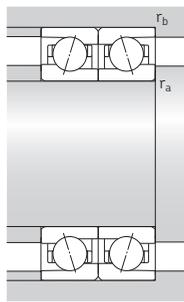
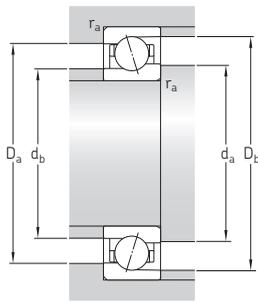
Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor f <sub>0</sub>		
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>		
mm															cm <sup>3</sup>	–
220	244,7	244,7	275,3	–	2,1	1	231	231	289	295	2	1	251,4	84	–	
	244,7	244,7	275,3	–	2,1	1	231	231	289	295	2	1	251,4	84	–	
	244,7	244,7	275,3	–	2,1	1	231	231	289	295	2	1	251,4	84	16,5	
	244,7	244,7	275,3	–	2,1	1	231	231	289	295	2	1	251,4	84	16,5	
	257	257	303	–	3	1,5	233	233	327	334	2,5	1,5	267,1	201	–	
	257	257	303	–	3	1,5	233	233	327	334	2,5	1,5	267,1	201	–	
	257	257	303	–	3	1,5	233	233	327	334	2,5	1,5	267,1	201	15,6	
	257	257	303	–	3	1,5	233	233	327	334	2,5	1,5	267,1	201	15,6	
	240	264,7	264,7	295,3	–	2,1	1	251	251	309	315	2	1	271,4	93	–
		264,7	264,7	295,3	–	2,1	1	251	251	309	315	2	1	271,4	93	–
		264,7	264,7	295,3	–	2,1	1	251	251	309	315	2	1	271,4	93	16,7
		264,7	264,7	295,3	–	2,1	1	251	251	309	315	2	1	271,4	93	16,7
277		277	323	–	3	1,5	253	253	347	354	2,5	1,5	287	216	–	
277		277	323	–	3	1,5	253	253	347	354	2,5	1,5	287	216	–	
277		277	323	–	3	1,5	253	253	347	354	2,5	1,5	287	216	15,8	
277		277	323	–	3	1,5	253	253	347	354	2,5	1,5	287	216	15,8	
260		291,8	291,8	328,2	–	2,1	1,1	271	271	349	354	2	1	299,7	150	–
		291,8	291,8	328,2	–	2,1	1,1	271	271	349	354	2	1	299,7	150	–
		291,8	291,8	328,2	–	2,1	1,1	271	271	349	354	2	1	299,7	150	16,5
		291,8	291,8	328,2	–	2,1	1,1	271	271	349	354	2	1	299,7	150	16,5
	303,2	303,2	356,8	–	4	1,5	275	275	385	393	3	1,5	315	324	–	
	303,2	303,2	356,8	–	4	1,5	275	275	385	393	3	1,5	315	324	15,7	
	280	311,8	311,8	348,2	–	2,1	1,1	291	291	369	374	2	1	319,7	159	–
		311,8	311,8	348,2	–	2,1	1,1	291	291	369	374	2	1	319,7	159	–
		311,8	311,8	348,2	–	2,1	1,1	291	291	369	374	2	1	319,7	159	16,7
		311,8	311,8	348,2	–	2,1	1,1	291	291	369	374	2	1	319,7	159	16,7
		300	337	337	383	–	3	1,1	313	313	405	414	2,5	1	347	265
	337		337	383	–	3	1,1	313	313	405	414	2,5	1	347	265	–
337	337		383	–	3	1,1	313	313	405	414	2,5	1	347	265	16,3	
337	337		383	–	3	1,1	313	313	405	414	2,5	1	347	265	16,3	
337	337		383	–	3	1,1	313	313	405	414	2,5	1	347	265	16,3	

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 2.1 Schrägkugellager d 320 – 360 mm



Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungsgrenzbelastung $P_u$	Erreichbare Fettschmierung	Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen	Erhältliche Ausführungen	
d	D	B	dyn.	stat.			Öl-Luft-Schmierung	Öl-Luft-Schmierung			Dichtungs-lösung	Direkte Öl-Luft-Schmierung
mm			kN		kN	min <sup>-1</sup>			kg	-	-	
320	440	56	351	585	12,9	2 200	3 400	24	71964	ACDMA/P4A	-	-
	440	56	351	585	12,9	2 600	4 000	20,5	71964	ACDMA/HCP4A	-	-
	440	56	377	620	13,7	2 600	4 300	24	71964	CDMA/P4A	-	-
340	440	56	377	620	13,7	3 600	5 000	20,5	71964	CDMA/HCP4A	-	-
	460	56	364	640	13,4	2 000	3 200	25,5	71968	ACDMA/P4A	-	-
		56	364	640	13,4	2 400	3 800	21,5	71968	ACDMA/HCP4A	-	-
360	460	56	390	670	14,3	2 400	4 000	25,5	71968	CDMA/P4A	-	-
	460	56	390	670	14,3	3 400	4 800	21,5	71968	CDMA/HCP4A	-	-
	480	56	371	670	13,7	1 900	3 000	26,5	71972	ACDMA/P4A	-	-
56		371	670	13,7	2 200	3 600	22,5	71972	ACDMA/HCP4A	-	-	
56		397	710	14,6	2 400	4 000	26,5	71972	CDMA/P4A	-	-	
480	56	397	710	14,6	3 400	4 800	22,5	71972	CDMA/HCP4A	-	-	



Abmessungen					Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	Berechnungs- faktor	
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	D <sub>b</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>	f <sub>0</sub>
mm														cm <sup>3</sup>	-
320	357	357	403	-	3	1,1	333	333	425	434	2,5	1	367	282	-
	357	357	403	-	3	1,1	333	333	425	434	2,5	1	367	282	-
	357	357	403	-	3	1,1	333	333	425	434	2,5	1	367	282	16,5
	357	357	403	-	3	1,1	333	333	425	434	2,5	1	367	282	16,5
340	377	377	423	-	3	1,1	353	353	445	454	2,5	1	387	294	-
	377	377	423	-	3	1,1	353	353	445	454	2,5	1	387	294	-
	377	377	423	-	3	1,1	353	353	445	454	2,5	1	387	294	16,6
	377	377	423	-	3	1,1	353	353	445	454	2,5	1	387	294	16,6
360	397	397	443	-	3	1,1	373	373	465	474	2,5	1	407	313	-
	397	397	443	-	3	1,1	373	373	465	474	2,5	1	407	313	-
	397	397	443	-	3	1,1	373	373	465	474	2,5	1	407	313	16,7
	397	397	443	-	3	1,1	373	373	465	474	2,5	1	407	313	16,7

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101



Super-precision bearing

SKF

# Zylinderrollenlager

<b>Lagerreihen und Ausführungsvarianten</b> .....	<b>264</b>
Einreihige Zylinderrollenlager .....	264
Lager der Grundausführung .....	264
Hochgeschwindigkeitslager .....	264
Zweireihige Zylinderrollenlager .....	265
Umfangsnut und Schmierbohrungen ..	266
Lager mit vorgeschliffener Laufbahn ..	267
Käfige .....	267
Hybridlager .....	268
<b>Lagerdaten</b> .....	<b>269</b>
(Hauptabmessungen, Toleranzen, Axiale Verschiebbarkeit)	
Lagerluft .....	273
<b>Radialluft bzw. Vorspannung in eingebauten Lagern</b> .....	<b>275</b>
<b>Radiale Steifigkeit</b> .....	<b>275</b>
<b>Äquivalente Lagerbelastungen</b> .....	<b>277</b>
<b>Erreichbare Drehzahlen</b> .....	<b>277</b>
<b>Gestaltung der Lagerungen</b> .....	<b>278</b>
Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung .....	278
Freiräume an den Lagerstirnseiten .....	280
<b>Montage</b> .....	<b>280</b>
Einbau eines Lagers der Reihe NN 30 K mit einem Messgerät der Reihe GB 30 ...	282
Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung durch Messen der radialen Lagerluft vor dem Einbau .....	284
Einbau und Ausbau mittels Druckölverfahren .....	285
<b>Bezeichnungsschema</b> .....	<b>286</b>

## Produkttabellen

<b>3.1</b> Einreihige Zylinderrollenlager .....	288
<b>3.2</b> Zweireihige Zylinderrollenlager .....	294

## Weitere Informationen

Lebensdauer und Tragfähigkeit .....	33
Erforderliche Mindestbelastung .....	34
Grenzmaße für die Kantenabstände ...	47
Werkstoff .....	51
Gestaltung der Lagerungen .....	57
Schmierung .....	99
Montagehinweise .....	123
Aufbewahren von Lagern .....	125
Messgeräte .....	391

# Lagerreihen und Ausführungsvarianten

SKF fertigt einreihige und zweireihige Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager in drei Ausführungen und Reihen. Die Lager lassen zwischen Welle und Gehäuse Axialverschiebungen innerhalb des Lagers in beiden Richtungen zu und sind nicht selbsthaltend, d. h. der Lagerring lässt sich mit den beiden Borden und dem Rollensatz vom anderen Ring abnehmen. Dadurch wird der Ein- und Ausbau wesentlich erleichtert, vor allem dann, wenn für beide Lagerringe wegen der Belastungsverhältnisse feste Passungen notwendig sind.

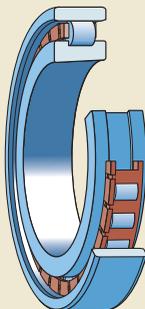
SKF Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe Super-precision haben folgende Eigenschaften:

- hohe Drehzahlen
- hohe radiale Tragfähigkeit
- hohe Steifigkeit
- geringe Reibung
- niedrige Querschnittshöhe

Besonders gut eignen sich diese Lager für Werkzeugmaschinenspindeln, in denen die Lageranordnung hohe Radiallasten und hohe Drehzahlen bei Wahrung einer hohen Steifigkeit aufnehmen muss.

Einreihige SKF Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe Super-precision lassen wesentlich höhere Drehzahlen zu als zweireihige Lager, während sich letztere besser für höhere Belastungen eignen.

Bild 1



## Einreihige Zylinderrollenlager

Einreihige SKF Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe der Reihe N 10 (→ Bild 1) sind serienmäßig mit einer kegeligen Bohrung (Kegel 1:12) versehen (Nachsetzzeichen K). Die kegelige Bohrung empfiehlt sich, da der Kegel eine präzisere Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung beim Einbau ermöglicht. Die Lager haben zwei feste Borde am Innenring und einen bordlosen Außenring. Um die Fettzufuhr zu verbessern, können diese Lager auf Anfrage mit einer Schmierbohrung im Außenring geliefert werden.

## Lager der Grundauführung

Einreihige Zylinderrollenlager der Grundauführung haben serienmäßig einen rollengeführten PA66-Käfig, ohne Glasfaserverstärkung für Bohrungsdurchmesser bis zu 80 mm (Nachsetzzeichen TN) und mit Glasfaserverstärkung für größere Durchmesser (Nachsetzzeichen TN9). Diese Lager eignen sich gut für die meisten hochgenauen Anwendungen.

## Hochgeschwindigkeitslager

Bei einreihigen Zylinderrollenlagern der Hochgeschwindigkeitsausführung sind die innere Geometrie und die Käfige für hohe Drehzahlen optimiert. Hochgeschwindigkeitslager enthalten weniger Rollen als Lager der Grundauführung. Sie sind entweder mit einem asymmetrischen Käfig aus glasfaserverstärktem PEEK (Nachsetzzeichen TNHA) oder einem symmetrischen Käfig aus kohlefaserverstärktem PEEK (Nachsetzzeichen PHA) versehen. Beides sind außenringgeführte Käfige, die die Schmierwirkung verbessern und der Schmierstoffverdrängung bei hohen Drehzahlen entgegenwirken. Bei einem Vergleich der beiden Versionen sorgt der PHA-Käfig für eine bessere Führung und bessere Schmierbedingungen – für eine überlegene Leistung.

Lager mit kohlefaserverstärktem PEEK-Käfig können in fettgeschmierten Anwendungen bis zu 30% und bei Schmierung mit einem Öl-Luft-System bis zu 15% höhere Drehzahlen aufnehmen als Lager mit glasfaserverstärktem PEEK-Käfig.

Für Anwendungen wie die Antriebsseite einer motorisierten Spindel, bei der es mehr auf höhere Drehzahlen als auf eine höhere Steifigkeit ankommt, können auf Anfrage Lager geliefert werden, die nur mit der Hälfte der Rollen ausgestattet sind.

## Zweireihige Zylinderrollenlager

Zweireihige Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager werden von SKF (→ **Bild 2**) serienmäßig in den Ausführungen NN 30 und NNU 49 gefertigt.

Beide Reihen sind entweder mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung (Kegel 1:12, Nachsetzzeichen K) verfügbar. In Werkzeugmaschinen kommen bevorzugt Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung (statt zylindrischer Bohrung) zum Einsatz, da der Kegel eine präzisere Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung beim Einbau ermöglicht.

### Reihe NN 30

Lager der Ausführung NN 30 bieten ein besonders vorteilhaftes Verhältnis zwischen Tragfähigkeit, Steifigkeit und Drehzahl. Sie werden deshalb oft auf der Antriebsseite in Werkzeugmaschinen spindeln eingesetzt.

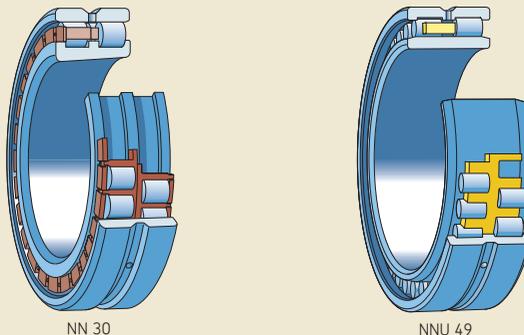
Lager der Reihe NN 30 haben drei feste Borde am Innenring und einen bordlosen Außenring.

### Reihe NNU 49

Lager der Ausführung NNU 49 haben einen kleineren Querschnitt und bieten eine höhere Steifigkeit als Lager der Reihe NN 30, weisen allerdings eine etwas geringere Tragfähigkeit auf.

Lager der Reihe NN 49 haben drei feste Borde am Außenring und einen bordlosen Innenring.

Bild 2



NN 30

NNU 49

**Umfangsnut und Schmierbohrungen**

Für eine einfachere Schmierung haben alle Lager der Reihen NNU 49 und NN 30 mit einem Bohrungsdurchmesser  $d \geq 140$  mm eine Umfangsnut und drei Schmierbohrungen im Außenring (→ Bild 3). Diese Lager haben das Nachsetzzeichen W33.

Lager ohne Umfangsnut und Schmierbohrungen werden in der Regel entweder mit der erforderlichen Mindestmenge an Fett geschmiert oder mit exakt dosierten, kleinen Mengen an Öl oder Öl-Luft. In diesem Fall wird der Schmierstoff durch eine Düse zugeführt, die seitlich am Lager platziert ist (→ Bild 4 und Produkttabellen, Seite 294).

Wenn für Lager der Reihe NN 30 mit einem Bohrungsdurchmesser  $d \leq 130$  mm (→ Tabelle 1) eine Umfangsnut und Schmierbohrungen erforderlich sind, ist die Verfügbarkeit frühzeitig in der Konstruktionsphase bei SKF zu erfragen.

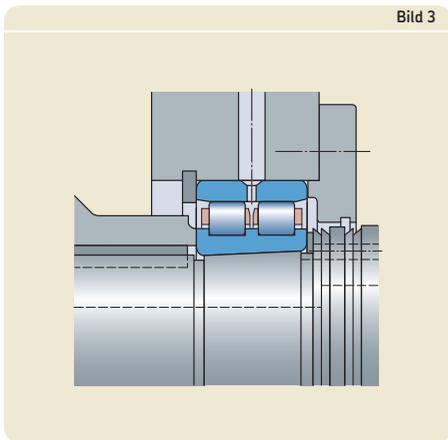
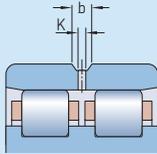
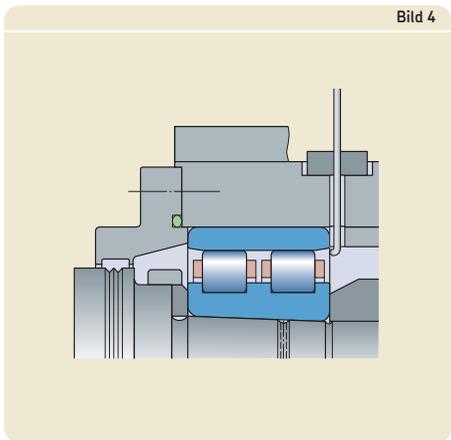


Tabelle 1

**Umfangsnut und Schmierbohrungsabmessungen für Lager der Reihen NN 30 .. Lager der Reihe W33 ( $d \leq 130$  mm)**



Bohrungsdurchmesser Abmessungen		
d	b	K
mm	mm	
50	3,7	2
55	3,7	2
60	3,7	2
65	3,7	2
70	5,5	3
75	5,5	3
80	5,5	3
85	5,5	3
90	5,5	3
95	5,5	3
100	5,5	3
105	5,5	3
110	5,5	3
120	5,5	3
130	8,3	4,5



### Lager mit vorgeschliffener Laufbahn

Bei extrem hohen Anforderungen an die Laufgenauigkeit empfiehlt SKF den Einbau des bordlosen Innenrings eines Lagers aus der Reihe NNU 49 auf die Welle und anschließendes Fertigschleifen der Innenring-Laufbahn und der anderen Wellendurchmesser in einem Arbeitsgang.

Für diese Anwendungen kann SKF Lager der Reihe NNU 49 mit kegeliger Bohrung und Schleifzugabe an der Innenring-Laufbahn liefern (Nachsetzzeichen VU001). Die Schleifzugabe hängt vom Bohrungsdurchmesser des Innenrings ab und ist in **Tabelle 2** angegeben.

### Käfige

Einreihige SKF Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe Super-precision sind mit einem der folgenden Käfige lieferbar:

- Fensterkäfig aus Polyamid 66, rollengeführt, Nachsetzzeichen TN
- Fensterkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid 66, rollengeführt, Nachsetzzeichen TN9
- Fensterkäfig aus glasfaserverstärktem PEEK, außenringgeführt, Nachsetzzeichen TNHA
- Fensterkäfig aus kohlefaserverstärktem PEEK, außenringgeführt, Nachsetzzeichen PHA

Zweireihige SKF Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe Super-precision sind je nach Bauform, Reihe und Größe serienmäßig mit den folgenden Käfigen lieferbar:

- zwei Fensterkäfige aus Polyamid 66, rollengeführt, Nachsetzzeichen TN
- zwei Fensterkäfige aus glasfaserverstärktem Polyamid 66, rollengeführt, Nachsetzzeichen TN9
- ein oder zwei Kammkäfige aus Messing, rollengeführt, kein Nachsetzzeichen

Weitere Hinweise zur Eignung von Käfigen finden Sie im Abschnitt *Werkstoffe für Käfige* (→ Seite 55).

Tabelle 2

Schleifzugabe an der Innenring-Laufbahn von Lagern der Reihe NNU 49.. K/VU001

Bohrungsdurchmesser d	Schleifzugabe	
	über	bis
mm	mm	
–	110	0,2
110	360	0,3
360	–	0,4

### Hybridlager

Hybrid-Zylinderrollenlager (Nachsetzzeichen HC5) sind in der Reihe N 10 erhältlich und auf Anfrage auch in der Reihe NN 30 lieferbar. Sie haben Ringe aus Wälzlagerstahl und Rollen aus Siliziumnitrid in Lagerqualität (Keramik). Da Keramikrollen ein geringeres Gewicht sowie einen höheren Elastizitätsmodul und niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als Stahlrollen haben, bieten Hybridlager folgende Vorteile:

- höhere Steifigkeit
- höhere Drehzahleignung
- reduzierte Trägheits- und Fliehkräfte im Lager
- minimierte Spannung an den Wälzkontakten des Außenrings bei hohen Drehzahlen
- verringerte Reibungswärme
- niedrigerer Energieverbrauch
- längere Lager- und Fettgebrauchsdauer
- weniger anfällig für Ansmier- und Käfigschäden bei häufigem schnellem Anfahren und Stoppen
- weniger anfällig für Temperaturschwankungen im Lager
- genauere Einstellung der Vorspannung

Nähere Angaben zu Siliziumnitrid entnehmen Sie dem Abschnitt *Werkstoffe für Lagerringe und Wälzkörper* (→ **Seite 51**).

Für eine maximale Leistung empfiehlt SKF die Verwendung von einreihigen Hybridlagern mit außenringgeführten PEEK-Fensterkäfig (Nachsetzzeichen PHA oder TNHA). Bei leichter Belastung und Schmierung mit einem Öl-Luft-System sind diese Lager, je nach Käfigausführung, für Drehzahlen bis  $A = 2\,200\,000$  mm/min geeignet (→ **Diagramm 5, Seite 40**). Bei Fettschmierung sind Drehzahlen bis  $A = 1\,800\,000$  mm/min zulässig (→ **Diagramm 6, Seite 42**). Für eine weitere Verbesserung des Schmierstoffdurchflusses sind die Lager der Reihe N 10 auf Wunsch auch mit einer Schmierbohrung im Außenring erhältlich.

## Lagerdaten

<b>Haupt- abmessungen</b>	ISO 15
<b>Toleranzen</b>  Weiterführende Informationen (→ Seite 47)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toleranzklasse SP (→ <b>Tabelle 3, Seite 270</b>) als Standard</li> <li>• Hochgenauigkeits-Toleranzklasse UP (→ <b>Tabelle 4, Seite 271</b>) auf Anfrage</li> <li>• Toleranzklassen SP und UP für Kegelbohrungen (Kegel 1:12) (→ <b>Tabelle 5, Seite 272</b>)</li> </ul>
<b>Axiale Verschiebbarkeit</b>	Ausgleich axialer Verschiebungen der Welle gegenüber dem Gehäuse innerhalb bestimmter Grenzen (→ <b>Produkttabellen</b> ). Während des Betriebs kommt es zu axialen Verschiebungen innerhalb des Lagers und nicht zwischen Lager und Welle oder Gehäusebohrung. Dadurch nimmt die Reibung praktisch nicht zu.

**Toleranzklasse SP**

Innenring		$\Delta_{ds}, \Delta_{dmp}^{1)2)}$		$V_{dp}$ max.	$\Delta_{Bs}$		$V_{Bs}$ max.	$K_{ia}$ max.	$S_d$ max.
über	bis	ob.	unt.		ob.	unt.			
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
–	18	0	–5	3	0	–100	5	3	8
18	30	0	–6	3	0	–100	5	3	8
30	50	0	–8	4	0	–120	5	4	8
50	80	0	–9	5	0	–150	6	4	8
80	120	0	–10	5	0	–200	7	5	9
120	180	0	–13	7	0	–250	8	6	10
180	250	0	–15	8	0	–300	10	8	11
250	315	0	–18	9	0	–350	13	10	13
315	400	0	–23	12	0	–400	15	12	15
400	500	0	–28	14	0	–450	25	12	18
500	630	0	–35	18	0	–500	30	15	20
630	800	0	–45	23	0	–750	35	15	23
Außenring		$\Delta_{Ds}, \Delta_{Dmp}^{2)}$		$V_{Dp}$ max.	$\Delta_{Cs}, V_{Cs}$		$K_{ea}$ max.	$S_D$ max.	
über	bis	ob.	unt.						
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$			$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	
30	50	0	–7	4	Gleiche Toleranzen wie für den zugehörigen Innenring.		5	8	
50	80	0	–9	5			5	8	
80	120	0	–10	5			6	9	
120	150	0	–11	6			7	10	
150	180	0	–13	7			8	10	
180	250	0	–15	8			10	11	
250	315	0	–18	9			11	13	
315	400	0	–20	10			13	13	
400	500	0	–23	12			15	15	
500	630	0	–28	14			17	18	
630	800	0	–35	18			20	20	
800	1 000	0	–50	25			25	30	

 Toleranzsymbole und Definitionen → **Tabelle 4, Seite 48**

 1) SP-Toleranzen für Kegelbohrungen (Kegel 1:12) → **Tabelle 5, Seite 272**

 2) Die Toleranzen  $\Delta_{Ds}$  und  $\Delta_{Ds}$  gelten für Lager der Reihe NNU mit Außendurchmesser D ≤ 630 mm. Die Toleranzen  $\Delta_{dmp}$  und  $\Delta_{Dmp}$  gelten für größere Lager der Reihe NNU sowie für Lager der Reihen N und NN.

Tabelle 4

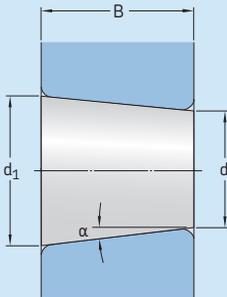
## Toleranzklasse UP

Innenring d		$\Delta_{ds}^{(1)}$		$V_{dp}$	$\Delta_{Bs}$		$V_{Bs}$	$K_{ia}$	$S_d$
über	bis	ob.	unt.	max.	ob.	unt.	max.	max.	max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
–	18	0	–4	2	0	–70	1,5	1,5	2
18	30	0	–5	2,5	0	–80	1,5	1,5	3
30	50	0	–6	3	0	–100	2	2	3
50	80	0	–7	3,5	0	–100	3	2	4
80	120	0	–8	4	0	–100	3	3	4
120	180	0	–10	5	0	–100	4	3	5
180	250	0	–12	6	0	–150	5	4	6
250	315	0	–15	8	0	–150	5	4	6
315	400	0	–19	10	0	–150	6	5	7
400	500	0	–23	12	0	–200	7	5	8
500	630	0	–26	13	0	–200	8	6	9
630	800	0	–34	17	0	–200	10	7	11
<b>Außenring</b>									
D		$\Delta_{Ds}$		$V_{Dp}$	$\Delta_{Cs}, V_{Cs}$			$K_{ea}$	$S_D$
über	bis	ob.	unt.	max.				max.	max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$				$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
30	50	0	–5	3	Gleiche Toleranzen wie für den zugehörigen Innenring.			3	2
50	80	0	–6	3				3	2
80	120	0	–7	4				3	3
120	150	0	–8	4				4	3
150	180	0	–9	5				4	3
180	250	0	–10	5				5	4
250	315	0	–12	6				6	4
315	400	0	–14	7				7	5
400	500	0	–17	9				8	5
500	630	0	–20	10				9	6
630	800	0	–25	13				11	7
800	1 000	0	–30	15				12	10

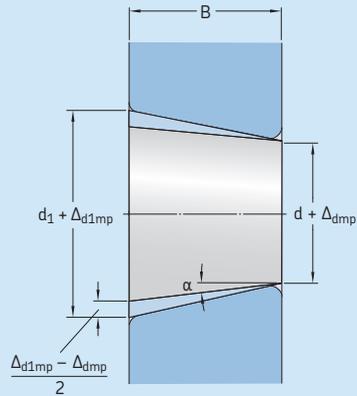
Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

<sup>1)</sup> UP-Toleranzen für Kegelbohrungen (Kegel 1:12) → Tabelle 5, Seite 272

Toleranzklassen SP und UP für kegelige Bohrungen (Kegel 1:12)



Halber Winkel, Kegel 1:12  
 $\alpha = 2^\circ 23' 9,4''$



Größter theoretischer Durchmesser \$d\_1\$  
 $d_1 = d + \frac{1}{12} B$

Bohrungsdurchmesser		Toleranzklasse SP			Toleranzklasse UP						
d über	bis	$\Delta_{dmp}$ ob.	unt.	$V_{dp}^{(1)}$ max.	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ ob.	unt.	$\Delta_{dmp}$ ob.	unt.	$V_{dp}^{(1)}$ max.	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ ob.	unt.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	
18	30	+10	0	3	+4	0	+6	0	2,5	+2	0
30	50	+12	0	4	+4	0	+7	0	3	+3	0
50	80	+15	0	5	+5	0	+8	0	3,5	+3	0
80	120	+20	0	5	+6	0	+10	0	4	+4	0
120	180	+25	0	7	+8	0	+12	0	5	+4	0
180	250	+30	0	8	+10	0	+14	0	6	+5	0
250	315	+35	0	9	+12	0	+15	0	8	+6	0
315	400	+40	0	12	+12	0	+17	0	10	+6	0
400	500	+45	0	14	+14	0	+19	0	12	+7	0
500	630	+50	0	18	+15	0	+20	0	13	+11	0
630	800	+65	0	23	+19	0	+22	0	17	+13	0

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

<sup>1)</sup> Gilt in beliebigen Radialschnitten der Bohrung.

## Lagerluft

SKF Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe Super-precision mit der Genauigkeit SP werden serienmäßig mit der Radialluft C1 gefertigt (kein Nachsetzzeichen).

Lager der Reihen N 10 und NN 30 sind auf Wunsch auch mit einer speziellen, reduzierten Radialluft lieferbar (kleiner als C1), falls Betriebs-spiel oder Vorspannung nach dem Einbau mög-lichst niedrig sein sollen. Auskünfte zur Lagerluft und Produktverfügbarkeit erteilt der Technische SKF Beratungsservice.

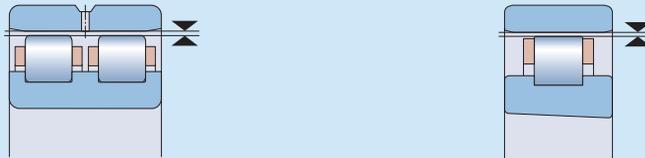
Lager der Toleranzklasse SP, insbesondere Lager der Reihe NNU 49, sind auch mit einer Radialluft größer als C1 erhältlich. Bei der Bestellung ist die erforderliche Lagerluft im Nachsetzzeichen anzugeben:

- SPC2 für Lagerluft größer als C1
- CN für normale Lagerluft größer als SPC2
- C3 für Lagerluft größer als Normal

Die Werte für die radiale Lagerluft sind in der **Tabelle 6** angegeben (→ **Seite 274**). Sie entsprechen ISO 5753:1 (außer SPC2) und gelten für neue, unbelastete Lager im nicht eingebauten Zustand. Die radiale Lagerluft SPC2 weicht von der genormten C2-Luft ab. Der Lagerluftbereich ist reduziert und in Richtung der Untergrenze verschoben.

Um die erforderliche radiale Lagerluft zu erzielen, sind die Ringe der Einzellager werkseitig zusammengepasst, mit derselben Kennzeichnungsnummer markiert und in der Regel im gleichen Karton verpackt. Vor dem Einbau ist sicherzustellen, dass die Nummern an beiden Ringen übereinstimmen. Eine Fehlpaarung kann dazu führen, dass die Lagerluft im eingebauten Zustand abweicht und dass die Lager nicht mehr ihre Leistungsmerkmale erreichen.

Radialluft von Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlagern



Bohrungs- durchmesser d		Radiale Lagerluft Lager mit zylindrischer Bohrung								Lager mit kegeliger Bohrung			
über	bis	C1		SPC2		Normal		C3		C1		SPC2	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm											
24	30	5	15	10	25	20	45	35	60	15	25	25	35
30	40	5	15	12	25	25	50	45	70	15	25	25	40
40	50	5	18	15	30	30	60	50	80	17	30	30	45
50	65	5	20	15	35	40	70	60	90	20	35	35	50
65	80	10	25	20	40	40	75	65	100	25	40	40	60
80	100	10	30	25	45	50	85	75	110	35	55	45	70
100	120	10	30	25	50	50	90	85	125	40	60	50	80
120	140	10	35	30	60	60	105	100	145	45	70	60	90
140	160	10	35	35	65	70	120	115	165	50	75	65	100
160	180	10	40	35	75	75	125	120	170	55	85	75	110
180	200	15	45	40	80	90	145	140	195	60	90	80	120
200	225	15	50	45	90	105	165	160	220	60	95	90	135
225	250	15	50	50	100	110	175	170	235	65	100	100	150
250	280	20	55	55	110	125	195	190	260	75	110	110	165
280	315	20	60	60	120	130	205	200	275	80	120	120	180
315	355	20	65	65	135	145	225	225	305	90	135	135	200
355	400	25	75	75	150	190	280	280	370	100	150	150	225
400	450	25	85	85	170	210	310	310	410	110	170	170	255
450	500	25	95	95	190	220	330	330	440	120	190	190	285
500	560	25	105	105	210	240	360	360	480	130	210	210	315
560	630	25	115	115	230	260	380	380	500	140	230	230	345
630	710	30	130	130	260	260	380	380	500	160	260	260	390
710	800	35	145	145	290	290	425	425	565	180	290	290	435

## Radialluft bzw. Vorspannung in eingebauten Lagern

Für eine optimale Laufgenauigkeit und Steifigkeit sollten Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe Super-precision eine Mindestradialluft bzw. -vorspannung nach dem Einbau aufweisen. Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden in der Regel mit Vorspannung eingebaut.

Die erforderliche Betriebslagerluft bzw. Vorspannung hängen von der Drehzahl, der Belastung, dem Schmierstoff und der geforderten Steifigkeit des Spindel-Lager-Gesamtsystems ab. Die geometrische Genauigkeit der Lagersitze spielt ebenfalls eine zentrale Rolle für das Erreichen der erforderlichen Lagerluft bzw. Vorspannung. Die Betriebstemperatur und die Temperaturverteilung im Lager sollten ebenfalls berücksichtigt werden, da sie zu einer Reduzierung der Betriebslagerluft bzw. einer Erhöhung der Vorspannung führen können.

## Radiale Steifigkeit

Die radiale Steifigkeit hängt von der elastischen Verformung (Auslenkung) des Lagers bei Belastung ab. Sie wird als Verhältnis zwischen Belastung und Auslenkung angegeben. Da dieses Verhältnis nicht linear ist, lassen sich nur Richtwerte angeben (→ **Tabelle 7, Seite 276**). Sie gelten für mäßig vorgespannte, eingebaute Lager unter statischen Bedingungen und bei mittleren Belastungen.

Exaktere Werte für die radiale Steifigkeit können mithilfe moderner Computerprogramme ermittelt werden. Weitere Informationen erhalten Sie im Abschnitt *Lagersteifigkeit* (→ **Seite 68**) bzw. vom Technischen SKF Beratungsservice.

Statische radiale Steifigkeit

Bohrungs- durchmesser d	Statische radiale Steifigkeit N 10						NN 30 <sup>1)</sup>	NNU 49 <sup>1)</sup>
	mit Stahlrollen TN(9)-Käfig	TNHA-Käfig	PHA-Käfig	mit Keramikrollen TN(9)-Käfig			mit Stahlrollen	mit Stahlrollen
mm	N/μm						N/μm	N/μm
25	–	–	–	–	–	–	640	–
30	–	–	–	–	–	–	690	–
35	–	–	–	–	–	–	820	–
40	450	430	390	610	580	510	890	–
45	480	460	410	620	590	530	940	–
50	530	510	460	690	660	590	1 040	–
55	620	590	540	810	770	700	1 220	–
60	680	650	590	890	850	770	1 330	–
65	740	710	650	970	930	840	1 450	–
70	810	780	720	1 090	1 050	950	1 610	–
75	820	790	720	1 090	1 050	960	1 610	–
80	920	880	810	1 190	1 140	1 040	1 820	–
85	990	950	–	1 280	1 230	–	1 970	–
90	980	940	–	1 320	1 270	–	2 010	–
95	1 060	1 020	–	1 430	1 380	–	2 190	–
100	1 140	1 100	–	1 540	1 490	–	2 350	2 950
105	1 140	1 100	–	1 540	1 490	–	2 330	3 040
110	1 210	1 160	–	1 600	1 540	–	2 470	3 130
120	1 310	1 260	–	1 730	1 670	–	2 760	3 140
130	–	–	–	–	–	–	2 900	3 570
140	–	–	–	–	–	–	3 070	3 670
150	–	–	–	–	–	–	3 310	4 160
160	–	–	–	–	–	–	3 540	4 310
170	–	–	–	–	–	–	3 790	4 460
180	–	–	–	–	–	–	3 970	5 190
190	–	–	–	–	–	–	4 280	5 380
200	–	–	–	–	–	–	4 380	5 480
220	–	–	–	–	–	–	4 700	5 990
240	–	–	–	–	–	–	5 180	6 340
260	–	–	–	–	–	–	5 570	6 830
280	–	–	–	–	–	–	6 010	7 260

<sup>1)</sup> Für Lager der Reihen NN 30 und NNU 49 mit d > 280 mm wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

## Äquivalente Lagerbelastungen

Die äquivalente dynamische Lagerbelastung wird folgendermaßen bestimmt:

$$P = F_r$$

Die äquivalente statische Lagerbelastung wird folgendermaßen bestimmt:

$$P_0 = F_r$$

Hierin sind

$P$  = die äquivalente dynamische Lagerbelastung [kN]

$P_0$  = die äquivalente statische Lagerbelastung [kN]

$F_r$  = die Radialbelastung [kN]

## Erreichbare Drehzahlen

Die erreichbaren Drehzahlen in den Produkttabellen sind Richtwerte basierend auf Zylinderrollenlagern mit einer Radialluft nahe null (→ *Erreichbare Drehzahlen, Seite 44*).

In Anwendungen, bei denen ein radiales Betriebsspiel  $> 0,002$  mm oder eine Vorspannung angewandt wird oder wenn die Sitze bzw. Anlaufflächen nicht die Genauigkeitsanforderungen erfüllen, sind die Bezugsdrehzahlen zu reduzieren (→ *Empfohlene Wellen- und Gehäusepassungen und Genauigkeit von Lagersitzen und Anlaufflächen, Seiten 70 und 75*).

Die erreichbaren Drehzahlen für vorgespannte Lager der Reihen N 10 und NN 30 können mithilfe der Richtwerte in **Tabelle 8** angenähert ermittelt werden. Bezüglich der erreichbaren Drehzahlen für vorgespannte Lager der Reihe NNU 49 wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

3

Tabelle 8

Erreichbarer Drehzahlkennwert für vorgespannte Lager der Reihen N 10 und NN 30

Vorspannung		Drehzahlkennwerte
min.	max.	$A = n d_m$
$\mu\text{m}$		$\text{mm}/\text{min}$
0	2	$\leq 1\,300\,000$
1	3	$\leq 1\,000\,000$
2	5	$\leq 500\,000$

$n$  = die Betriebsdrehzahl,  $\text{min}^{-1}$   
 $d_m$  = mittlerer Lagerdurchmesser [mm]  
 $= 0,5 (d + D)$

## Gestaltung der Lagerungen

### Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung

Die radiale Lagerluft bzw. Vorspannung eines Zylinderrollenlagers mit kegeliger Bohrung wird durch die Position des Lagerinnenrings auf dem kegeligen Wellensitz festgelegt. Je weiter der Ring auf die Welle geschoben wird, desto geringer wird die Lagerluft, bis sich schließlich eine Vorspannung im Lager bildet. Um schnell und präzise die spezifizierte Lagerluft bzw. Vorspannung beim Einbau zu erzielen, empfiehlt SKF die Verwendung von Hüllkreismessgeräten (→ **Seite 391**). Hüllkreismessgeräte sind besonders nützlich für den Einbau von zwei oder drei Lagern, da in diesem Fall die axiale Verschiebung der einzelnen Lager nicht gemessen und berechnet werden muss (→ *Einbau*, **Seite 280**).

Wenn eine exakte radiale Lagerluft bzw. Vorspannung keine kritische Größe ist oder keine SKF Hüllkreismessgeräte zur Verfügung stehen, kann die erforderliche axiale Verschiebung bestimmt werden. Hierfür wird das montierte Lager an einem Referenzpunkt auf der Welle festgesetzt und die radiale Lagerluft mit einer an der Außenfläche des Außenrings positionierten Messuhr gemessen (→ *Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung durch Messen der radialen Lagerluft vor dem Einbau*, **Seite 284**).

Wenn die radiale Lagerluft mithilfe eines der beiden o. g. Verfahren gemessen wird, kann die axiale Verschiebung wie folgt ermittelt werden:

$$B_a = \frac{e \cdot c}{1\,000}$$

Wird das Lager gegen eine Distanzhülse eingebaut (→ **Bild 5**), muss die Breite der Distanzhülse angepasst werden, um den Wert  $B_a$  zu erhalten.

Wenn kein fester Anschlag vorhanden ist und der Innenring mit einer Gewindemutter auf den kegeligen Sitz getrieben wird, lässt sich der Anzugswinkel der Mutter nach folgender Gleichung bestimmen:

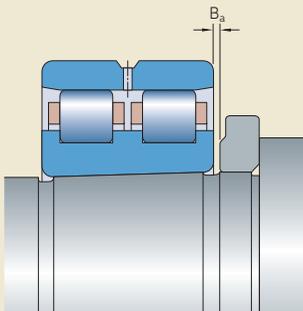
$$\alpha = \frac{360 \cdot e \cdot c}{1\,000 \cdot p}$$

Hierin sind

- $B_a$  = die axiale Verschiebung [mm]
- $\alpha$  = der erforderliche Muttern-Anzugswinkel [°]
- c = die gemessene radiale Lagerluft am Referenzpunkt
  - plus der erforderlichen Vorspannung [ $\mu\text{m}$ ] (bei Vorspannung)
  - minus der erforderlichen Lagerluft [ $\mu\text{m}$ ] (bei Lagerluft)
  - minus der Einstellung [ $\mu\text{m}$ ] für eine feste Passung in der Gehäusebohrung, wenn keine SKF Hüllkreismessgeräte verwendet werden (→ *Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung durch Messen der radialen Lagerluft vor dem Einbau*)
- e = ein Faktor, abhängig vom Durchmesserverhältnis zwischen Hohlwelle und Lagerreihe (→ **Bild 6** und **Tabelle 9**)
- p = die Gewindesteigung der Mutter [mm]

Einbauverfahren für Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager siehe *Einbau* (→ **Seite 280**).

Bild 5



**Berechnungsbeispiel**

Bestimmen Sie die axiale Verschiebung für ein zweireihiges Zylinderrollenlager auf einer Hohlwelle. Eingabedaten:

- Lager NN 3040 K/SPW33
- gemessene radiale Restlagerluft =  $10\ \mu\text{m}$
- erforderliche Vorspannung =  $2\ \mu\text{m}$
- mittlerer Lagersitzdurchmesser  
 $d_{\text{om}} = 203\ \text{mm}$
- Innendurchmesser der Hohlwelle  
 $d_i = 140\ \text{mm}$

Aus **Tabelle 9**  $e = 18$  für  $d_i/d_{\text{om}} = 140/203 = 0,69$   
Mit  $c = 10 + 2 = 12\ \mu\text{m}$

$$B_a = \frac{18 \times 12}{1\ 000} = 0,216\ \text{mm}$$

Bild 6

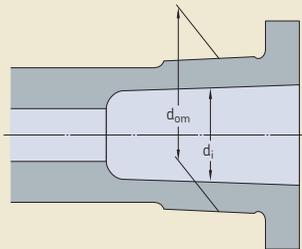


Tabelle 9

Faktor e		Beiwert e für Lager der Reihe	
Durchmesser- verhältnis der Hohlwelle $d_i/d_{\text{om}}$ über bis		N 10 K, NN 30 K	NNU 49 K
–	0,2	12,5	12
0,2	0,3	14,5	13
0,3	0,4	15	14
0,4	0,5	16	15
0,5	0,6	17	18
0,6	0,7	18	17

### Freiräume an den Lagerstirnseiten

Wenn Lager der Reihen N 10 und NN 30, die mit einem Polymerkäfig ausgerüstet sind (Nachsetzzeichen TN, TN9, TNHA oder PHA), axiale Verschiebungen der Welle gegenüber dem Gehäuse ausgleichen müssen, sind an beiden Stirnseiten der Lager Freiräume vorzusehen (→ **Bild 7**). Dadurch lassen sich schädliche Auswirkungen vermeiden, z. B. durch Anstreifen des Käfigs an den Anschlussstellen. Der Freiraum sollte folgende Mindestbreite aufweisen:

$$C_a = 1,3 s$$

Hierin sind

$C_a$  = die Mindestbreite des Freiraums [mm]

$s$  = die zulässige axiale Verschiebung zwischen der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring [mm] (→ **Produkttabellen**)

### Montage

Um die erforderliche radiale Lagerluft zu erzielen, sind die Ringe der Einzellager werkseitig zusammengepasst, mit derselben Kennzeichnungsnummer markiert und in der Regel im gleichen Karton verpackt. Vor dem Einbau ist sicherzustellen, dass die Nummern an beiden Ringen übereinstimmen. Eine Fehlpaarung kann dazu führen, dass die Lagerluft im eingebauten Zustand abweicht und dass die Lager nicht mehr ihre Leistungsmerkmale erreichen.

Beim Einbau von Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlagern der Reihe Super-precision mit kegeliger Bohrung ist die Radialluft bzw. Vorspannung sehr genau einzustellen. Dazu wird der Innenring auf seinem kegeligen Wellensitz nach oben geschoben (→ **Bild 8**). Die daraus resultierende Expansion des Innenrings bestimmt die Lagerluft bzw. die Vorspannung des eingebauten Lagers. Für einen sachgerechten Einbau sind der innere oder der äußere Hüllkreisdurchmesser des Rollensatzes genau zu messen. Die SKF Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 (→ **Bild 9**) oder GB 49 (→ **Bild 10**) ermöglichen eine einfache und präzise Messung dieser Merkmale. Weitere Informationen über Hüllkreismessgeräte finden Sie unter *Messgeräte* (→ **Seite 391**).

Der Einbau eines Zylinderrollenlagers der Reihe NN 30 K mit einem Hüllkreismessgerät der Reihe GB 30 wird im Folgenden beschrieben. Beim Einbau von Zylinderrollenlagern der Reihe N 10 K mit einem Hüllkreismessgerät aus der Reihe GB 10 oder GB 30 ist genauso vorzuge-

Bild 7

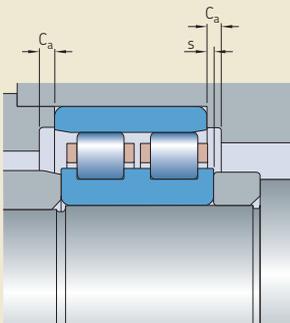


Bild 8

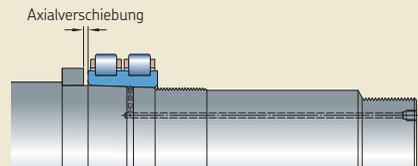


Bild 9



GB 3006 ... GB 3020  
GB 1010 ... GB 1020

GB 3021 ... GB 3068

3

Bild 10



GB 4920 ... GB 4938

GB 4940 ... GB 4960

hen. Beim Einbau von Zylinderrollenlagern der Reihe NNU 49 K mit einem Hüllkreismessgerät aus der Reihe GB 49 ist ähnlich vorzugehen.

Erfolgt der Einbau ohne Hüllkreismessgerät, ist darauf zu achten, dass die Messgenauigkeit für die Anwendungsanforderungen ausreichend ist.

### Einbau eines Lagers der Reihe NN 30 K mit einem Hüllkreismessgerät der Reihe GB 30

Für den Einbau eines Lagers der Reihe NN 30 K empfiehlt SKF die Verwendung eines GB 30 Hüllkreismessgeräts (→ **Seite 400**), einer Messuhr und geeigneter Hydraulikwerkzeuge, um das Lager auf seinen Sitz aufzutreiben. Hinweise zu Vorkehrungen für das Druckölverfahren zum Lagerausbau (→ *Hinweise für den Ein- und Ausbau*, **Seite 88**). Beim Einbau wird meist folgendermaßen vorgegangen:

- 1 Einbau des Außenrings
  - Gehäuse anwärmen und Außenring aufschieben.
- 2 Einstellen des Hüllkreismessgeräts
  - Gehäuse und Außenring auf Umgebungstemperatur abkühlen lassen. Eine Messuhr am Laufbahndurchmesser ansetzen und die Anzeige auf null stellen (→ **Bild 11**).
  - Die Messuhr in die Mitte der Messzone der GB 30 Lehre schieben (→ **Bild 12**). Das GB 30 Hüllkreismessgerät mit Stellschraube einstellen, bis die Messuhr auf null steht (minus Korrekturwert für GB 30 laut Bedienungsanleitung).
  - Mit der Stellschraube den Innendurchmesser der GB 30 um die gewünschte Vorspannung vergrößern bzw. um die gewünschte Lagerluft reduzieren. Dann das GB 30 Hüllkreismessgerät auf null stellen. Diese Einstellung muss während des Einbaus immer gleich bleiben.
- 3 Einbau des Innenrings (Probe)
  - Den kegeligen Wellensitz leicht einölen und den Innenring mit Rollenkranz aufschieben, bis die Lagerbohrung guten Kontakt mit ihrem Sitz hat.
  - GB 30 mit der Stellschraube aufweiten, über dem Rollensatz ausrichten und die Stellschraube so einstellen, dass die Messuhr den Rollensatz berührt (→ **Bild 13**).
- 4 Einbau des Innenrings (Endposition)
  - Den Abstand zwischen Lagerstirnseite und Wellenanlauffläche mit Messblöcken bestimmen (→ **Bild 14**). Messung an mehreren Stellen wiederholen, um Genauigkeit zu kontrollieren und Fluchtungsfehler auszuschließen. Die Differenz zwischen den Einzelmessungen darf nicht größer sein als 4 µm.
  - Einen vorbereiteten Abstandsring auf die gemessene Breite schleifen.
  - Innenring entfernen, Abstandsring einsetzen und Innenring wieder aufschieben, bis er fest am Abstandsring sitzt.
  - GB 30 Messuhr über dem Rollensatz ausrichten (wie vorstehend beschrieben), Stellschraube lösen. Sobald die Anzeige wieder auf null steht, ist der Innenring korrekt ausgerichtet. Messuhr entfernen und Innenring mit geeigneter Befestigungstechnik festsetzen.
- Den Innenring mit Rollenkranz zusammen mit der Messuhr weiter auf den Sitz schieben, bis Null angezeigt wird. Der Innenring ist jetzt für die geforderte Vorspannung bzw. Lagerluft eingestellt.
- Messuhr mit Stellschraube aufweiten und vom Rollenkranz ziehen.

Bild 11



Bild 12



Bild 13



Bild 14



3

## Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung durch Messen der radialen Lagerluft vor dem Einbau

Wenn eine exakte radiale Lagerluft bzw. Vorspannung keine kritische Größe ist oder keine SKF Hüllkreismessgeräte zur Verfügung stehen, kann die erforderliche axiale Verschiebung bestimmt werden. Hierfür wird das montierte Lager an einem Referenzpunkt auf der Welle festgesetzt und die radiale Lagerluft mit einer an der Außenfläche des Außenrings positionierten Messuhr gemessen. Die Kompression des Außenrings bei fester Passung im Gehäuse wird bei diesem Verfahren allerdings nicht berücksichtigt. Zum Ausgleich kann davon ausgegangen werden, dass sich der Durchmesser der Außenringlaufbahn um 80% der festen Passung verringert. Bei diesem Verfahren wird folgendermaßen vorgegangen:

- 1 Einbau des Innenrings (Probe)
  - Den kegeligen Wellensitz leicht einölen und das montierte Lager aufchieben, bis die Lagerbohrung guten Kontakt mit ihrem Sitz hat.
  - Zwischen Außenring und Rollen muss noch ausreichend Lagerluft vorhanden sein.
  - Bitte beachten: Kleine Lager haben vor dem Einbau u. U. eine Lagerluft von nur 15 µm, und eine axiale Verschiebung von 0,1 mm führt zu einer Lagerluftverminderung von ~8 µm.

- 2 Messen der Lagerluft vor dem Einbau
  - Einen Abstandsring auf der Welle platzieren, zwischen Innenring-Stirnseite und Verschiebevorrichtung. Der Abstandsring muss parallel zur Stirnseite des Innenrings liegen und führt die Außenring-Stirnseite beim Messen der Lagerluft (→ **Bild 15**).
  - Zur Messung der radialen Lagerluft eine Messuhr am Außenringumfang ansetzen und die Anzeige auf null stellen.
  - Den Außenring fest an den Abstandsring halten. Den Außenring auf- und abbewegen und die Gesamtverschiebung messen. Der gemessene Abstand ist die Radialluft im Lager vor dem Einbau.
  - Keine übermäßige Kraftanwendung am Außenring! Die daraus resultierende elastische Verformung kann zu Messfehlern führen.
- 3 Die erforderliche axiale Verschiebung  $B_a$  bestimmen (→ *Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung*, **Seite 278**) und dabei ggf. auch die Zugabe für die feste Außenringpassung berücksichtigen.
- 4 Breitenbestimmung für den Abstandsring
  - Den Abstand  $L$  zwischen Lagerstirnseite und Wellenanlauffläche bestimmen (→ **Bild 15**). Messung an mehreren Stellen wiederholen, um Genauigkeit zu kontrollieren und Fluchtungsfehler auszuschließen. Die Differenz zwischen den Einzelmessungen darf nicht größer sein als 4 µm.
  - Die erforderliche Breite des Abstandsrings folgendermaßen berechnen:

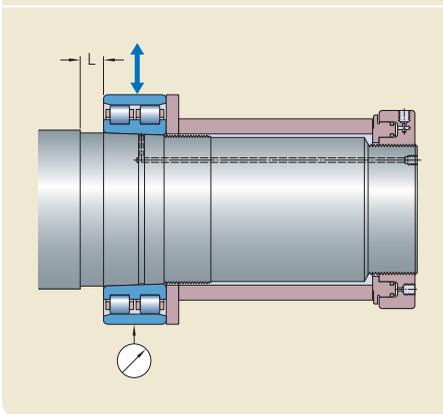
$$B = L - B_a$$

Hierin sind

$B$  = erforderliche Breite des Abstandsrings  
 $L$  = gemessener mittlerer Abstand zwischen Lagerstirnseite und Anlauffläche

$B_a$  = erforderliche axiale Verschiebung bis zur gewünschten Lagerluftverminderung bzw. Vorspannung (→ *Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung*, **Seite 278**)

Bild 15



- 5 Einbau des Lagers (Endposition)
- Den vorbereiteten Abstandsring auf die erforderliche Breite schleifen.
  - Das montierte Lager entfernen, den Abstandsring einsetzen und den Innenring mit Rollenkranz wieder aufchieben, bis er fest am Abstandsring sitzt.
  - Den Innenring mit geeigneter Befestigungstechnik festsetzen.
  - Gehäuse anwärmen und Außenring aufchieben.

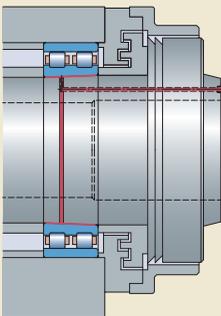
### Ein- und Ausbau mittels Druckölverfahren

Vor allem bei größeren Lagerungen müssen oft Vorkehrungen bei der Gestaltung getroffen werden, damit der Ein- und Ausbau eines Lagers vereinfacht oder überhaupt erst ermöglicht wird.

Für Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager der Reihe Super-precision mit einem Bohrungsdurchmesser  $d > 80$  mm empfiehlt SKF das Druckölverfahren. Bei diesem Verfahren wird Öl unter Hochdruck zwischen Lagerinnenring und Wellensitz eingespritzt, sodass sich ein Ölfilm bildet (→ **Bild 16**). Dieser Film trennt die Passflächen voneinander, vermindert die Reibung beträchtlich und senkt das Risiko einer Beschädigung des Lagers bzw. der Spindelwelle erheblich. Das Verfahren kommt oft beim Einbau oder Ausbau von Lagern auf kegeligen Wellensitzen zum Einsatz. Bei Lagern mit zylindrischer Bohrung wird das Druckölverfahren nur für den Ausbau angewendet.

Das SKF Druckölverfahren setzt bestimmte Bohrungen und Nuten in der Spindel voraus (→ *Vorkehrungen für den Ein- und Ausbau*, **Seite 88**).

Bild 16



# Bezeichnungsschema

**Beispiele:** N 1016 KPHA/HC5SP  
 NN 3020 KTN9/SPVR521  
 NNU 49/500 B/SPC3W33X

N	10	16	K	PHA	/	HC5	SP	
NN	30	20	K	TN9	/		SP	VR521
NNU	49	/500	B	/			SPC3	W33X

## Lagerausführung

**N** Einreihige Zylinderrollenlager  
**NN** Zweireihige Zylinderrollenlager  
**NNU** Zweireihige Zylinderrollenlager

## Maßreihe

**10** Gemäß ISO-Maßreihe 10  
**30** Gemäß ISO-Maßreihe 30  
**49** Gemäß ISO-Maßreihe 49

## Lagergröße

**05** (x 5) 25 mm Bohrungsdurchmesser  
 bis  
**92** (x 5) 460 mm Bohrungsdurchmesser  
 von  
**/500** Bohrungsdurchmesser (ohne Kennung) [mm]

## Interne Konstruktion und Bohrbild

– Zylindrische Bohrung (kein Nachsetzzeichen)  
**B** Modifizierte Innenkonstruktion  
**K** Kegelige Bohrung, Kegel 1:12

## Käfig

– Massivkäfig aus Messing, rollengeführt (kein Nachsetzzeichen)  
**PHA** Fensterkäfig aus kohlefaserverstärktem Polyetheretherketon, außenringgeführt  
**TN** PA66-Käfig, rollengeführt  
**TN9** Fensterkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid 66, rollengeführt  
**TNHA** Fensterkäfig aus glasfaserverstärktem Polyetheretherketon, außenringgeführt

## Rollenwerkstoff

– Chromstahl (kein Nachsetzzeichen)  
**HC5** Rollen aus Siliziumnitrid in Lagergüteklasse Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (Hybridlager)

## Toleranzklasse und Lagerluft

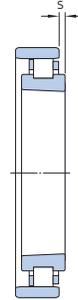
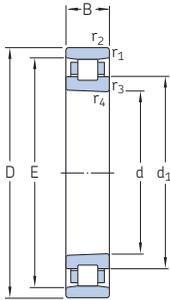
**SP** Maßgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 5, Laufgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 4  
**UP** Maßgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 4 und Laufgenauigkeit besser als ISO-Toleranzklasse 4  
 – Standard-Radialluft C1 (kein Nachsetzzeichen)  
**C2** Lagerluft größer als C1  
**CN** Normale radiale Lagerluft  
**C3** Radialluft größer als Normal

## Sonstige Varianten

**VR521** Lager werden mit Messbericht geliefert (Standard für Lager der Reihe NN 30 mit d > 130 mm)  
**VU001** Innenring-Laufbahn mit Schleifzugabe  
**W33** Umfangsnut und drei Schmierbohrungen im Außenring  
**W33X** Umfangsnut und sechs Schmierbohrungen im Außenring



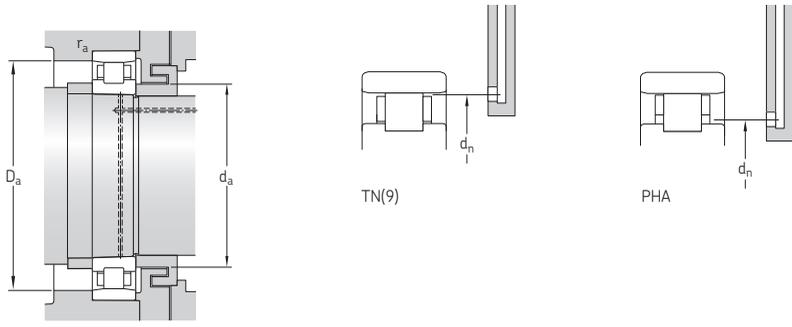
### 3.1 Einreihige Zylinderrollenlager d 40 – 60 mm



TN(9), PHA

TNHA

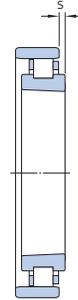
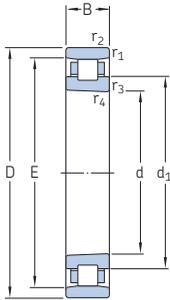
Hauptabmessungen			Tragzahlen dyn. stat.		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen Fett- schmie- rung Öl-Luft- Schmierung		Gewicht kg	Kurzzeichen Lager mit kegeliger Bohrung
d	D	B	C	$C_0$					
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	-
40	68	15	23,3	25	2,9	30 000	36 000	0,19	N 1008 KPHA/SP
	68	15	23,3	25	2,9	32 000	38 000	0,17	N 1008 KPHA/HC5SP
	68	15	24,2	26,5	3,05	22 000	32 000	0,19	N 1008 KTNHA/SP
	68	15	24,2	26,5	3,05	26 000	36 000	0,17	N 1008 KTNHA/HC5SP
	68	15	25,1	28	3,2	15 000	17 000	0,19	N 1008 KTN/SP
	68	15	25,1	28	3,2	18 000	20 000	0,17	N 1008 KTN/HC5SP
45	75	16	27	30	3,45	28 000	34 000	0,24	N 1009 KPHA/SP
	75	16	27	30	3,45	30 000	36 000	0,2	N 1009 KPHA/HC5SP
	75	16	28,1	31	3,65	20 000	28 000	0,24	N 1009 KTNHA/SP
	75	16	28,1	31	3,65	22 000	32 000	0,21	N 1009 KTNHA/HC5SP
	75	16	29,2	32,5	3,8	14 000	15 000	0,24	N 1009 KTN/SP
	75	16	29,2	32,5	3,8	16 000	18 000	0,22	N 1009 KTN/HC5SP
50	80	16	28,6	33,5	3,8	26 000	30 000	0,26	N 1010 KPHA/SP
	80	16	28,6	33,5	3,8	28 000	32 000	0,22	N 1010 KPHA/HC5SP
	80	16	29,7	34,5	4,05	19 000	26 000	0,26	N 1010 KTNHA/SP
	80	16	29,7	34,5	4,05	20 000	28 000	0,23	N 1010 KTNHA/HC5SP
	80	16	30,8	36,5	4,25	13 000	14 000	0,26	N 1010 KTN/SP
	80	16	30,8	36,5	4,25	15 000	17 000	0,23	N 1010 KTN/HC5SP
55	90	18	37,4	44	5,2	22 000	28 000	0,38	N 1011 KPHA/SP
	90	18	37,4	44	5,2	24 000	30 000	0,32	N 1011 KPHA/HC5SP
	90	18	39,1	46,5	5,5	17 000	24 000	0,39	N 1011 KTNHA/SP
	90	18	39,1	46,5	5,5	19 000	26 000	0,35	N 1011 KTNHA/HC5SP
	90	18	40,2	48	5,7	12 000	13 000	0,39	N 1011 KTN/SP
	90	18	40,2	48	5,7	13 000	15 000	0,35	N 1011 KTN/HC5SP
60	95	18	40,2	49	5,85	20 000	26 000	0,4	N 1012 KPHA/SP
	95	18	40,2	49	5,85	22 000	28 000	0,33	N 1012 KPHA/HC5SP
	95	18	41,3	51	6,1	16 000	22 000	0,41	N 1012 KTNHA/SP
	95	18	41,3	51	6,1	18 000	24 000	0,37	N 1012 KTNHA/HC5SP
	95	18	42,9	53	6,3	11 000	12 000	0,41	N 1012 KTN/SP
	95	18	42,9	53	6,3	12 000	14 000	0,37	N 1012 KTN/HC5SP



Abmessungen							Anschlussmaße					Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>
d	d <sub>1</sub>	E	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	s <sup>2)</sup>	s <sub>1</sub> <sup>2)</sup>	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	d <sub>n</sub> <sup>3)</sup>	G <sub>ref</sub>
mm							mm					cm <sup>3</sup>
40	50,6	61	1	0,6	2	–	45	62	63	1	52,1	3,1
	50,6	61	1	0,6	2	–	45	62	63	1	52,1	3,1
	50,6	61	1	0,6	2	1,5	45	62	63	1	–	2,5
	50,6	61	1	0,6	2	1,5	45	62	63	1	–	2,5
	50,6	61	1	0,6	2	–	45	62	63	1	60	2,3
	50,6	61	1	0,6	2	–	45	62	63	1	60	2,3
45	56,3	67,5	1	0,6	2	–	50	69	70	1	57,9	4,1
	56,3	67,5	1	0,6	2	–	50	69	70	1	57,9	4,1
	56,3	67,5	1	0,6	2	1,5	50	69	70	1	–	3,2
	56,3	67,5	1	0,6	2	1,5	50	69	70	1	–	3,2
	56,3	67,5	1	0,6	2	–	50	69	70	1	66,4	2,9
	56,3	67,5	1	0,6	2	–	50	69	70	1	66,4	2,9
50	61,3	72,5	1	0,6	2	–	55	74	75	1	63	4,4
	61,3	72,5	1	0,6	2	–	55	74	75	1	63	4,4
	61,3	72,5	1	0,6	2	1,5	55	74	75	1	–	3,5
	61,3	72,5	1	0,6	2	1,5	55	74	75	1	–	3,5
	61,3	72,5	1	0,6	2	–	55	74	75	1	71,4	3,2
	61,3	72,5	1	0,6	2	–	55	74	75	1	71,4	3,2
55	68,2	81	1,1	0,6	2,5	–	61,5	82	83,5	1	70,1	6,1
	68,2	81	1,1	0,6	2,5	–	61,5	82	83,5	1	70,1	6,1
	68,2	81	1,1	0,6	2,5	1,5	61,5	82	83,5	1	–	4,9
	68,2	81	1,1	0,6	2,5	1,5	61,5	82	83,5	1	–	4,9
	68,2	81	1,1	0,6	2,5	–	61,5	82	83,5	1	79,8	4,4
	68,2	81	1,1	0,6	2,5	–	61,5	82	83,5	1	79,8	4,4
60	73,3	86,1	1,1	0,6	2,5	–	66,5	87	88,5	1	75,2	6,5
	73,3	86,1	1,1	0,6	2,5	–	66,5	87	88,5	1	75,2	6,5
	73,3	86,1	1,1	0,6	2,5	1,5	66,5	87	88,5	1	–	5,2
	73,3	86,1	1,1	0,6	2,5	1,5	66,5	87	88,5	1	–	5,2
	73,3	86,1	1,1	0,6	2,5	–	66,5	87	88,5	1	85	4,7
	73,3	86,1	1,1	0,6	2,5	–	66,5	87	88,5	1	85	4,7

1) Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101  
 2) Zulässige axiale Verschiebung zwischen der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.  
 3) Informationen über Lager mit einem TNHA-Käfig erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

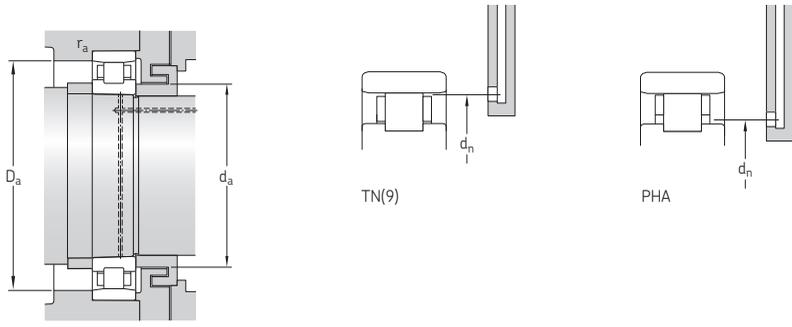
### 3.1 Einreihige Zylinderrollenlager d 65 – 90 mm



TN(9), PHA

TNHA

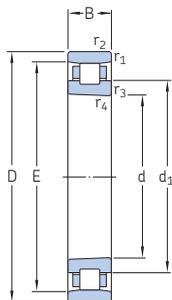
Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen Lager mit kegeliger Bohrung
d	D	B	dyn.	stat.		Fett- schmie- rung	Öl-Luft- Schmierung		
mm			kN	$C_0$	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-	
65	100	18	42,9	54	6,3	20 000	24 000	0,43	N 1013 KPHA/SP
	100	18	42,9	54	6,3	22 000	26 000	0,35	N 1013 KPHA/HC5SP
	100	18	44	56	6,55	15 000	20 000	0,44	N 1013 KTNHA/SP
	100	18	44	56	6,55	17 000	22 000	0,39	N 1013 KTNHA/HC5SP
	100	18	44,6	58,5	6,8	10 000	11 000	0,44	N 1013 KTN/SP
	100	18	44,6	58,5	6,8	11 000	13 000	0,39	N 1013 KTN/HC5SP
70	110	20	53,9	69,5	8	18 000	22 000	0,61	N 1014 KPHA/SP
	110	20	53,9	69,5	8	20 000	24 000	0,5	N 1014 KPHA/HC5SP
	110	20	55	72	8,3	13 000	19 000	0,62	N 1014 KTNHA/SP
	110	20	55	72	8,3	15 000	20 000	0,55	N 1014 KTNHA/HC5SP
	110	20	57,2	75	8,65	9 500	10 000	0,62	N 1014 KTN/SP
	110	20	57,2	75	8,65	10 000	12 000	0,55	N 1014 KTN/HC5SP
75	115	20	52,8	69,5	8,15	17 000	20 000	0,64	N 1015 KPHA/SP
	115	20	52,8	69,5	8,15	19 000	22 000	0,53	N 1015 KPHA/HC5SP
	115	20	55	72	8,5	13 000	18 000	0,65	N 1015 KTNHA/SP
	115	20	55	72	8,5	14 000	20 000	0,57	N 1015 KTNHA/HC5SP
	115	20	56,1	75	8,8	9 000	9 500	0,65	N 1015 KTN/SP
	115	20	56,1	75	8,8	9 500	11 000	0,57	N 1015 KTN/HC5SP
80	125	22	66	86,5	10,2	16 000	19 000	0,88	N 1016 KPHA/SP
	125	22	66	86,5	10,2	18 000	20 000	0,73	N 1016 KPHA/HC5SP
	125	22	67,1	90	10,6	12 000	16 000	0,88	N 1016 KTNHA/SP
	125	22	67,1	90	10,6	13 000	18 000	0,79	N 1016 KTNHA/HC5SP
	125	22	69,3	93	11	8 500	9 000	0,89	N 1016 KTN/SP
	125	22	69,3	93	11	9 000	10 000	0,79	N 1016 KTN/HC5SP
85	130	22	70,4	98	11,2	11 000	16 000	0,89	N 1017 KTNHA/SP
	130	22	70,4	98	11,2	13 000	17 000	0,79	N 1017 KTNHA/HC5SP
	130	22	73,7	102	11,6	8 000	8 500	0,9	N 1017 KTN9/SP
	130	22	73,7	102	11,6	9 000	10 000	0,8	N 1017 KTN9/HC5SP
90	140	24	76,5	104	12,5	10 000	14 000	1,2	N 1018 KTNHA/SP
	140	24	76,5	104	12,5	12 000	16 000	1,05	N 1018 KTNHA/HC5SP
	140	24	79,2	108	12,9	7 000	8 000	1,2	N 1018 KTN9/SP
	140	24	79,2	108	12,9	8 500	9 500	1,1	N 1018 KTN9/HC5SP



Abmessungen							Anschlussmaße				Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	
d	d <sub>1</sub>	E	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	s <sup>2)</sup>	s <sub>1</sub> <sup>2)</sup>	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	d <sub>n</sub> <sup>3)</sup>	G <sub>ref</sub>
mm							mm				cm <sup>3</sup>	
65	78,2	91	1,1	0,6	2,5	–	71,5	92	93,5	1	80,1	6,9
	78,2	91	1,1	0,6	2,5	–	71,5	92	93,5	1	80,1	6,9
	78,2	91	1,1	0,6	2,5	1,5	71,5	92	93,5	1	–	5,5
	78,2	91	1,1	0,6	2,5	1,5	71,5	92	93,5	1	–	5,5
	78,2	91	1,1	0,6	2,5	–	71,5	92	93,5	1	89,7	5
	78,2	91	1,1	0,6	2,5	–	71,5	92	93,5	1	89,7	5
70	85,6	100	1,1	0,6	3	–	76,5	101	103,5	1	87,7	9,2
	85,6	100	1,1	0,6	3	–	76,5	101	103,5	1	87,7	9,2
	85,6	100	1,1	0,6	3	1,5	76,5	101	103,5	1	–	7,2
	85,6	100	1,1	0,6	3	1,5	76,5	101	103,5	1	–	7,2
	85,6	100	1,1	0,6	3	–	76,5	101	103,5	1	98,5	6,7
	85,6	100	1,1	0,6	3	–	76,5	101	103,5	1	98,5	6,7
75	90,6	105	1,1	0,6	3	–	81,5	106	108,5	1	92,7	9,6
	90,6	105	1,1	0,6	3	–	81,5	106	108,5	1	92,7	9,6
	90,6	105	1,1	0,6	3	1,5	81,5	106	108,5	1	–	7,7
	90,6	105	1,1	0,6	3	1,5	81,5	106	108,5	1	–	7,7
	90,6	105	1,1	0,6	3	–	81,5	106	108,5	1	103,5	7,1
	90,6	105	1,1	0,6	3	–	81,5	106	108,5	1	103,5	7,1
80	97	113	1,1	0,6	3	–	86,5	114	118,5	1	99,3	13
	97	113	1,1	0,6	3	–	86,5	114	118,5	1	99,3	13
	97	113	1,1	0,6	3	1	86,5	114	118,5	1	–	9,8
	97	113	1,1	0,6	3	1	86,5	114	118,5	1	–	9,8
	97	113	1,1	0,6	3	–	86,5	114	118,5	1	111,4	9
	97	113	1,1	0,6	3	–	86,5	114	118,5	1	111,4	9
85	102	118	1,1	0,6	3	1	91,5	119	123,5	1	–	10
	102	118	1,1	0,6	3	1	91,5	119	123,5	1	–	10
	102	118	1,1	0,6	3	–	91,5	119	123,5	1	116,5	9,2
	102	118	1,1	0,6	3	–	91,5	119	123,5	1	116,5	9,2
90	109,4	127	1,5	1	3	1	98	129	132	1,5	–	14
	109,4	127	1,5	1	3	1	98	129	132	1,5	–	14
	109,4	127	1,5	1	3	–	98	129	132	1,5	125,4	12
	109,4	127	1,5	1	3	–	98	129	132	1,5	125,4	12

1) Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101  
 2) Zulässige axiale Verschiebung zwischen der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.  
 3) Informationen über Lager mit einem TNHA-Käfig erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

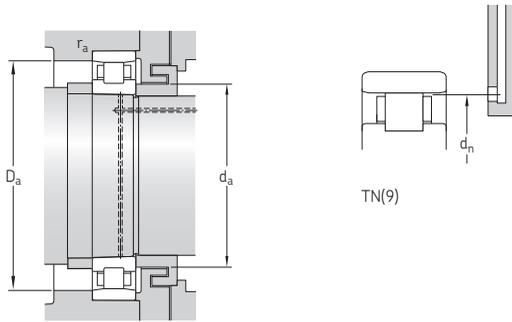
### 3.1 Einreihige Zylinderrollenlager d 95 – 120 mm



TN(9)

TNHA

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen Lager mit kegeliger Bohrung
d	D	B	dyn.	stat.		Fett- schmie- rung	Öl-Luft- Schmierung		
mm			kN	$C_0$	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-	
95	145	24	80,9	112	13,4	10 000	14 000	1,25	N 1019 KTNHA/SP
	145	24	80,9	112	13,4	11 000	15 000	1,1	N 1019 KTNHA/HC5SP
	145	24	84,2	116	14	6 700	7 500	1,25	N 1019 KTN9/SP
	145	24	84,2	116	14	8 000	9 000	1,1	N 1019 KTN9/HC5SP
100	150	24	85,8	120	14,3	9 500	13 000	1,3	N 1020 KTNHA/SP
	150	24	85,8	120	14,3	11 000	15 000	1,15	N 1020 KTNHA/HC5SP
	150	24	88	125	14,6	6 700	7 500	1,3	N 1020 KTN9/SP
	150	24	88	125	14,6	7 500	8 500	1,15	N 1020 KTN9/HC5SP
105	160	26	108	146	17,3	9 000	13 000	1,65	N 1021 KTNHA/SP
	160	26	108	146	17,3	10 000	14 000	1,45	N 1021 KTNHA/HC5SP
	160	26	110	153	18	6 300	7 000	1,65	N 1021 KTN9/SP
	160	26	110	153	18	7 000	8 000	1,45	N 1021 KTN9/HC5SP
110	170	28	125	173	20	8 500	12 000	2,05	N 1022 KTNHA/SP
	170	28	125	173	20	9 500	13 000	1,8	N 1022 KTNHA/HC5SP
	170	28	128	180	20,8	5 600	6 300	2,05	N 1022 KTN9/SP
	170	28	128	180	20,8	6 700	7 500	1,8	N 1022 KTN9/HC5SP
120	180	28	130	186	21,2	8 000	11 000	2,2	N 1024 KTNHA/SP
	180	28	130	186	21,2	9 000	12 000	1,9	N 1024 KTNHA/HC5SP
	180	28	134	196	22	5 300	6 000	2,2	N 1024 KTN9/SP
	180	28	134	196	22	6 300	7 000	1,9	N 1024 KTN9/HC5SP



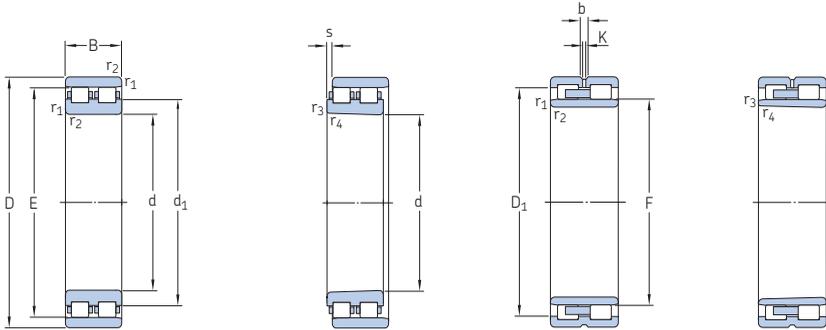
Abmessungen							Anschlussmaße				Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	
d	d <sub>1</sub>	E	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	s <sup>2)</sup>	s <sub>1</sub> <sup>2)</sup>	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	d <sub>n</sub> <sup>3)</sup>	G <sub>ref</sub>
mm							mm				cm <sup>3</sup>	
95	114,4	132	1,5	1	3	1	103	134	137	1,5	–	14
	114,4	132	1,5	1	3	1	103	134	137	1,5	–	14
	114,4	132	1,5	1	3	–	103	134	137	1,5	130,3	13
	114,4	132	1,5	1	3	–	103	134	137	1,5	130,3	13
100	119,4	137	1,5	1	3	1	108	139	142	1,5	–	14
	119,4	137	1,5	1	3	1	108	139	142	1,5	–	14
	119,4	137	1,5	1	3	–	108	139	142	1,5	135,3	13
	119,4	137	1,5	1	3	–	108	139	142	1,5	135,3	13
105	125,2	146	2	1,1	3	1	114	148	151	2	–	18
	125,2	146	2	1,1	3	1	114	148	151	2	–	18
	125,2	146	2	1,1	3	–	114	148	151	2	144,1	18
	125,2	146	2	1,1	3	–	114	148	151	2	144,1	18
110	132,6	155	2	1,1	3	1	119	157	161	2	–	21
	132,6	155	2	1,1	3	1	119	157	161	2	–	21
	132,6	155	2	1,1	3	–	119	157	161	2	153	21
	132,6	155	2	1,1	3	–	119	157	161	2	153	21
120	142,6	165	2	1,1	3	1	129	167	171	2	–	34
	142,6	165	2	1,1	3	1	129	167	171	2	–	34
	142,6	165	2	1,1	3	–	129	167	171	2	162,9	22
	142,6	165	2	1,1	3	–	129	167	171	2	162,9	22

1) Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

2) Zulässige axiale Verschiebung zwischen der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.

3) Informationen über Lager mit einem TNHA-Käfig erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### 3.2 Zweireihige Zylinderrollenlager d 25 – 105 mm



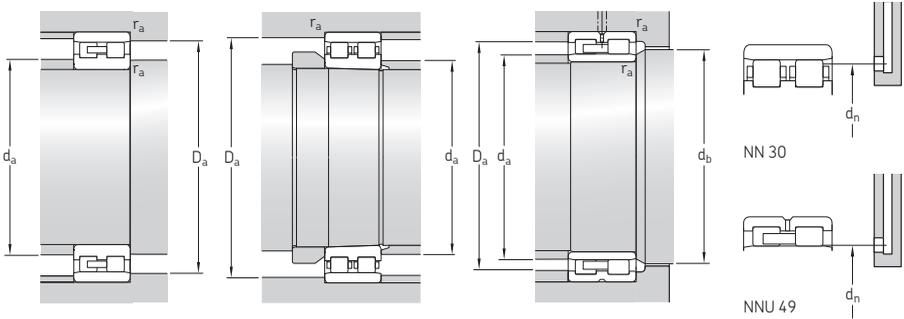
NN 30 TN(9)

NN 30 KTN(9)

NNU 49 B/W33

NNU 49 BK/W33

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht	Bezeichnungen	
d	D	B	dyn. C	stat. $C_0$		Fett- schmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung		Lager mit kegeliger Bohrung	zylindrischer Bohrung
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	-	
25	47	16	26	30	3,15	19 000	22 000	0,12	NN 3005 K/SP	NN 3005/SP
30	55	19	30,8	37,5	4	17 000	19 000	0,19	NN 3006 KTN/SP	NN 3006 TN/SP
35	62	20	39,1	50	5,4	14 000	16 000	0,25	NN 3007 K/SP	NN 3007/SP
40	68	21	42,9	56	6,4	13 000	15 000	0,3	NN 3008 KTN/SP	NN 3008 TN/SP
45	75	23	50,1	65,5	7,65	12 000	14 000	0,38	NN 3009 KTN/SP	NN 3009 TN/SP
50	80	23	52,8	73,5	8,5	11 000	13 000	0,42	NN 3010 KTN/SP	NN 3010 TN/SP
55	90	26	69,3	96,5	11,6	10 000	12 000	0,62	NN 3011 KTN/SP	NN 3011 TN/SP
60	95	26	73,7	106	12,7	9 500	11 000	0,66	NN 3012 KTN/SP	NN 3012 TN/SP
65	100	26	76,5	116	13,7	9 000	10 000	0,71	NN 3013 KTN/SP	NN 3013 TN/SP
70	110	30	96,8	150	17,3	8 000	9 000	1	NN 3014 KTN/SP	NN 3014 TN/SP
75	115	30	96,8	150	17,6	7 500	8 500	1,1	NN 3015 KTN/SP	NN 3015 TN/SP
80	125	34	119	186	22	7 000	8 000	1,5	NN 3016 KTN/SP	NN 3016 TN/SP
85	130	34	125	204	23,2	6 700	7 500	1,55	NN 3017 KTN9/SP	NN 3017 TN9/SP
90	140	37	138	216	26	6 300	7 000	1,95	NN 3018 KTN9/SP	NN 3018 TN9/SP
95	145	37	142	232	27,5	6 000	6 700	2,05	NN 3019 KTN9/SP	NN 3019 TN9/SP
100	140	40	128	255	29	5 600	6 300	1,9	NNU 4920 BK/SPW33	NNU 4920 B/SPW33
	150	37	151	250	29	5 600	6 300	2,1	NN 3020 KTN9/SP	NN 3020 TN9/SP
105	145	40	130	260	30	5 300	6 000	2	NNU 4921 BK/SPW33	NNU 4921 B/SPW33
	160	41	190	305	36	5 300	6 000	2,7	NN 3021 KTN9/SP	NN 3021 TN9/SP

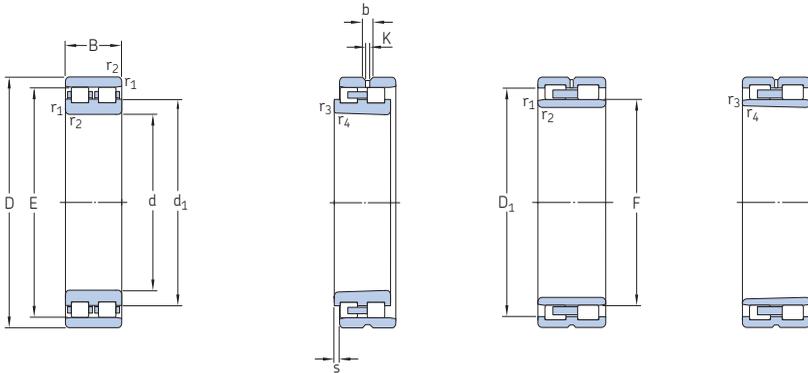


Abmessungen								Anschlussmaße						Fett- bezugs- menge <sup>1)</sup>	
d	d <sub>1</sub> , D <sub>1</sub>	E, F	b	K	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	s <sup>2)</sup>	d <sub>a</sub> min.	d <sub>a</sub> max.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>
mm								mm						cm <sup>3</sup>	
25	33,7	41,3	-	-	0,6	0,3	1	29	-	-	42	43	0,6	40,5	0,9
30	40,1	48,5	-	-	1	0,6	1,5	35	-	-	49	50	1	47,6	1
35	45,8	55	-	-	1	0,6	1,5	40	-	-	56	57	1	54	1,9
40	50,6	61	-	-	1	0,6	1,5	45	-	-	62	63	1	60	1,8
45	56,3	67,5	-	-	1	0,6	1,5	50	-	-	69	70	1	66,4	2,4
50	61,3	72,5	-	-	1	0,6	1,5	55	-	-	74	75	1	71,4	2,7
55	68,2	81	-	-	1,1	0,6	1,5	61,5	-	-	82	83,5	1	79,8	3,6
60	73,3	86,1	-	-	1,1	0,6	1,5	66,5	-	-	87	88,5	1	85	3,8
65	78,2	91	-	-	1,1	0,6	1,5	71,5	-	-	92	93,5	1	89,7	4,1
70	85,6	100	-	-	1,1	0,6	2	76,5	-	-	101	103,5	1	98,5	5,9
75	90,6	105	-	-	1,1	0,6	2	81,5	-	-	106	108,5	1	103,5	6,3
80	97	113	-	-	1,1	0,6	2	86,5	-	-	114	118,5	1	111,4	8,3
85	102	118	-	-	1,1	0,6	2	91,5	-	-	119	123,5	1	116,5	8,4
90	109,4	127	-	-	1,5	1	2	98	-	-	129	132	1,5	125,4	11
95	114,4	132	-	-	1,5	1	2	103	-	-	134	137	1,5	130,3	12
100	125,8	113	5,5	3	1,1	0,6	1,1	106	111	116	-	133,5	1	113,8	13
	119,4	137	-	-	1,5	1	2	108	-	-	139	142	1,5	135,3	12
105	130,8	118	5,5	3	1,1	0,6	1,1	111	116	121	-	138,5	1	119	15
	125,2	146	-	-	2	1,1	2	115	-	-	148	150	2	144,1	17

1) Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

2) Zulässige axiale Verschiebung zwischen der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.

### 3.2 Zweireihige Zylinderrollenlager d 110 – 240 mm



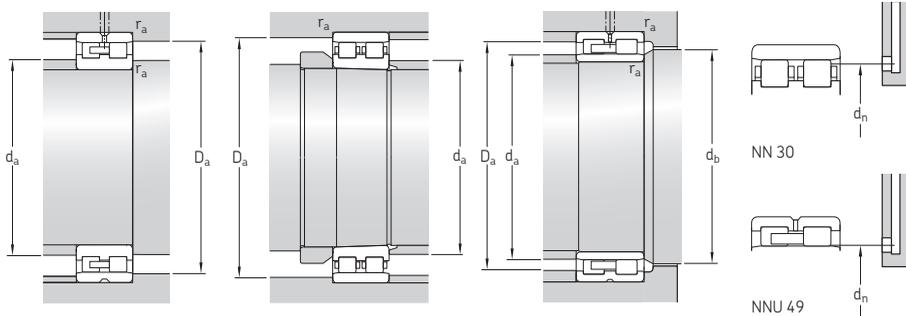
NN 30 TN9

NN 30 K/W33

NNU 49 B/W33

NNU 49 BK/W33

Hauptabmessungen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen Fett- schmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung	Gewicht	Bezeichnungen			
	dyn.	stat.					Lager mit kegeliger Bohrung	zylindrischer Bohrung		
d	D	B	C	$C_0$						
mm			kN		$\text{min}^{-1}$	kg	-			
110	150	40	132	270	30	5 300	6 000	2,05	NNU 4922 BK/SPW33	NNU 4922 B/SPW33
	170	45	220	360	41,5	5 000	5 600	3,4	NN 3022 KTN9/SP	NN 3022 TN9/SP
120	165	45	176	340	37,5	4 800	5 300	2,8	NNU 4924 BK/SPW33	NNU 4924 B/SPW33
	180	46	229	390	44	4 800	5 300	3,7	NN 3024 KTN9/SP	NN 3024 TN9/SP
130	180	50	187	390	41,5	4 300	4 800	3,85	NNU 4926 BK/SPW33	NNU 4926 B/SPW33
	200	52	292	500	55	4 300	4 800	5,55	NN 3026 KTN9/SP	NN 3026 TN9/SP
140	190	50	190	400	41,5	4 000	4 500	4,1	NNU 4928 BK/SPW33	NNU 4928 B/SPW33
	210	53	297	520	56	4 000	4 500	6	NN 3028 K/SPW33	-
150	210	60	330	655	71	3 800	4 300	6,25	NNU 4930 B/SPW33	NNU 4930 BK/SPW33
	225	56	330	570	62	3 800	4 300	7,3	NN 3030 K/SPW33	-
160	220	60	330	680	72	3 600	4 000	6,6	NNU 4932 BK/SPW33	NNU 4932 B/SPW33
	240	60	369	655	69,5	3 600	4 000	8,8	NN 3032 K/SPW33	-
170	230	60	336	695	73,5	3 400	3 800	6,95	NNU 4934 BK/SPW33	NNU 4934 B/SPW33
	260	67	457	815	83	3 200	3 600	12	NN 3034 K/SPW33	-
180	250	69	402	850	88	3 000	3 400	10,5	NNU 4936 BK/SPW33	NNU 4936 B/SPW33
	280	74	561	1 000	102	3 000	3 400	16	NN 3036 K/SPW33	-
190	260	69	402	880	90	2 800	3 200	11	NNU 4938 BK/SPW33	NNU 4938 B/SPW33
	290	75	594	1 080	108	2 800	3 200	17	NN 3038 K/SPW33	-
200	280	80	484	1 040	106	2 600	3 000	15	NNU 4940 BK/SPW33	NNU 4940 B/SPW33
	310	82	644	1 140	118	2 600	3 000	21	NN 3040 K/SPW33	-
220	300	80	512	1 140	114	2 400	2 800	16,5	NNU 4944 BK/SPW33	NNU 4944 B/SPW33
	340	90	809	1 460	143	2 400	2 800	27,5	NN 3044 K/SPW33	-
240	320	80	528	1 220	118	2 200	2 600	17,5	NNU 4948 BK/SPW33	NNU 4948 B/SPW33
	360	92	842	1 560	153	2 200	2 600	30,5	NN 3048 K/SPW33	-

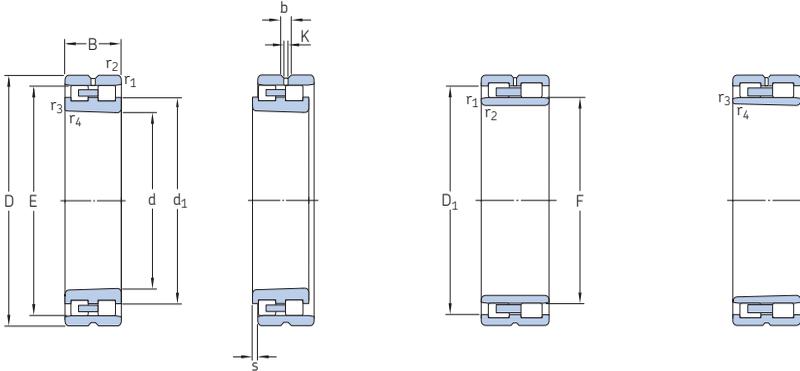


Abmessungen							Anschlussmaße							Fett- bezugs- menge <sup>1)</sup>	
d	d <sub>1</sub> , D <sub>1</sub>	E, F	b	K	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	s <sup>2)</sup>	d <sub>a</sub> min.	d <sub>a</sub> max.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>3</sup>
110	135,8	123	5,5	3	1,1	0,6	1,1	116	121	126	–	143,5	1	124	17
	132,6	155	–	–	2	1,1	3	120	–	–	157	160	2	153	20
120	150,5	134,5	5,5	3	1,1	0,6	1,1	126	133	137	–	158,5	1	136,8	27
	142,6	165	–	–	2	1,1	3	130	–	–	167	170	2	162,9	23
130	162	146	5,5	3	1,5	1	2,2	137	144	149	–	172	1,5	147	31
	156,4	182	–	–	2	1,1	3	140	–	–	183	190	2	179,6	34
140	172	156	5,5	3	1,5	1	2,2	147	154	159	–	182	1,5	157	45
	166,5	192	8,7	4,5	2	1,1	2,5	150	–	–	194	200	2	188	52
150	190,9	168,5	5,5	3	2	1	2	160	166	172	–	200	2	169,9	57
	179	206	8,7	4,5	2,1	1,1	2,5	161	–	–	208	214	2	201,7	63
160	200,9	178,5	5,5	3	2	2	2	170	176	182	–	210	2	179,8	63
	190	219	8,5	4,5	2,1	1,1	2,5	171	–	–	221	229	2	214,4	78
170	210,9	188,5	5,5	3	2	2	2	180	186	192	–	220	2	189,8	72
	204	236	8,9	4,5	2,1	1,1	2,5	181	–	–	238	249	2	230,8	105
180	226,05	202	8,3	3	2	1	1,1	190	199	205	–	240	2	203,5	81
	218,2	255	11,3	6	2,1	1,1	3	191	–	–	257	269	2	248,9	138
190	236	212	8,3	3	2	1	1,1	200	209	215	–	250	2	213	85
	228,2	265	11,3	6	2,1	1,1	3	201	–	–	267	279	2	258,9	144
200	252,2	225	11,1	3	2,1	1,1	3,7	211	222	228	–	269	2	227	117
	242	282	12,2	6	2,1	1,1	3	211	–	–	285	299	2	275,3	191
220	272,2	245	11,1	3	2,1	1,1	3,7	231	242	249	–	289	2	247	150
	265,2	310	15	7,5	3	1,1	2	233	–	–	313	327	2,5	302,4	260
240	292,2	265,3	11,1	3	2,1	1,1	3,7	251	262	269	–	309	2	267	171
	285,2	330	15,2	7,5	3	1,1	2	253	–	–	333	347	2,5	322,4	288

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

<sup>2)</sup> Zulässige axiale Verschiebung zwischen der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.

### 3.2 Zweireihige Zylinderrollenlager d 260 – 670 mm

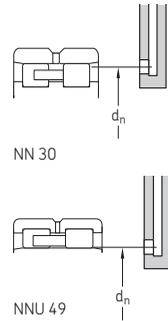
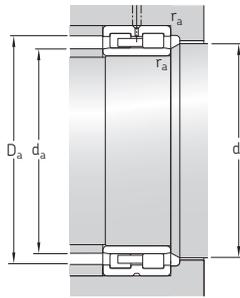
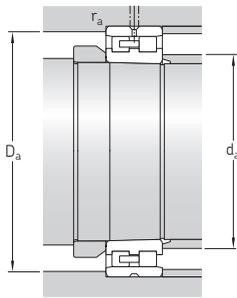


NN 30 K/W33

NNU 49 B/W33

NNU 49 BK/W33

Hauptabmessungen			Tragzahlen dyn. stat.		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht	Bezeichnungen	
d	D	B	C	$C_0$		Fett- schmie- rung	Öl-Luft- Schmie- rung		Lager mit kegeliger Bohrung	zylindrischer Bohrung
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	-	
260	360	100	748	1 700	163	2 000	2 400	30,5	NNU 4952 BK/SPW33	NNU 4952 B/SPW33
	400	104	1 020	1 930	183	2 000	2 400	44	NN 3052 K/SPW33	-
280	380	100	765	1 800	170	1 900	2 200	32,5	NNU 4956 BK/SPW33	NNU 4956 B/SPW33
	420	106	1 080	2 080	196	1 900	2 200	47,5	NN 3056 K/SPW33	-
300	420	118	1 020	2 360	224	1 800	2 000	50	NNU 4960 BK/SPW33	NNU 4960 B/SPW33
	460	118	1 250	2 400	228	1 700	1 900	66,5	NN 3060 K/SPW33	-
320	440	118	1 060	2 500	232	1 700	1 900	50	NNU 4964 BK/SPW33	NNU 4964 B/SPW33
	480	121	1 320	2 600	240	1 600	1 800	71	NN 3064 K/SPW33	-
340	460	118	1 100	2 650	245	1 500	1 700	53	NNU 4968 BK/SPW33	NNU 4968 B/SPW33
	520	133	1 650	3 250	290	1 400	1 600	94,5	NN 3068 K/SPW33	-
360	480	118	1 120	2 800	250	1 500	1 700	55	NNU 4972 BK/SPW33	NNU 4972 B/SPW33
	540	134	1 720	3 450	310	1 300	1 500	102	NN 3072 K/SPW33	-
380	520	140	1 450	3 600	320	1 300	1 500	83,5	NNU 4976 BK/SPW33	NNU 4976 B/SPW33
	560	135	1 680	3 450	305	1 300	1 500	105	NN 3076 K/SPW33	-
400	540	140	1 470	3 800	335	1 300	1 500	87,5	NNU 4980 BK/SPW33	NNU 4980 B/SPW33
	600	148	2 160	4 500	380	1 200	1 400	135	NN 3080 K/SPW33	-
420	560	140	1 510	4 000	345	1 200	1 400	91	NNU 4984 BK/SPW33	NNU 4984 B/SPW33
	620	150	2 120	4 500	380	1 100	1 300	140	NN 3084 K/SPW33	-
460	620	160	2 090	5 500	465	1 000	1 200	130	NNU 4992 BK/SPW33	NNU 4992 B/SPW33
	680	163	2 600	5 500	440	1 000	1 200	190	NN 3092 K/SPW33	-
500	670	170	2 330	6 100	490	950	1 100	165	NNU 49/500 BK/SPW33X	NNU 49/500 B/SPW33X
600	800	200	3 580	10 200	800	800	900	280	NNU 49/600 BK/SPW33X	NNU 49/600 B/SPW33X
670	900	230	4 950	13 700	930	700	800	410	NNU 49/670 BK/SPW33X	NNU 49/670 B/SPW33X



Abmessungen						Anschlussmaße						Fett- bezugs- menge <sup>1)</sup>			
d	d <sub>1</sub> , D <sub>1</sub>	E, F	b	K	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	s <sup>2)</sup>	d <sub>a</sub> min.	d <sub>a</sub> max.	d <sub>b</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>
mm															
260	325,6	292	13,9	3	2,1	1,1	4,5	271	288	296	–	349	2	294,5	366
	312,8	364	15,3	7,5	4	1,5	5	275	–	–	367	384	3	355,2	392
280	345,6	312	13,9	3	2,1	1,1	4,5	291	308	316	–	369	2	313,5	384
	332,8	384	15,3	7,5	4	1,5	5	295	–	–	387	404	3	375,3	420
300	379	339	16,7	3	3	1,1	5,5	313	335	343	–	407	2,5	362	420
	359	418	16,7	9	4	2	8,9	315	–	–	421	445	3	–	–
320	399	359	16,7	9	3	2	5,5	333	355	363	–	427	2,5	–	–
	379	438	16,7	9	4	2	8,9	335	–	–	442	465	3	–	–
340	419	379	16,7	9	3	1,5	5,5	353	375	383	–	447	2,5	–	–
	408	473	16,7	9	5	3	10,9	358	–	–	477	502	4	–	–
360	439	399	16,7	9	3	1,5	5,5	373	395	403	–	467	2,5	–	–
	428	493	16,7	9	5	2,5	10,9	378	–	–	497	520	4	–	–
380	470,8	426	16,7	9	4	2,5	5,5	395	421	431	–	505	3	–	–
	448	513	16,7	9	5	2,5	11,9	398	–	–	517	542	4	–	–
400	490,8	446	16,7	9	4	2,5	5,5	415	441	451	–	524	3	–	–
	475	549	16,7	9	5	2,5	12,4	418	–	–	553	582	4	–	–
420	510,5	466	16,7	9	4	2	5,5	435	461	471	–	544	3	–	–
	495	569	16,7	9	5	2	12,4	438	–	–	574	602	4	–	–
460	567	510	16,7	9	4	2	3,2	475	504	515	–	605	3	–	–
	542	624	22,3	12	6	3	14,4	483	–	–	627	657	5	–	–
500	611,6	554	22,3	12	5	3	3,5	548	548	559	–	652	4	–	–
600	733,2	666	22,3	12	5	2,5	5,5	648	662	672	–	782	4	–	–
670	821,2	738	22,3	12	6	3	6	693	732	744	–	877	5	–	–

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

<sup>2)</sup> Zulässige axiale Verschiebung zwischen der Ausgangsstellung eines Rings gegenüber dem anderen Ring.

<sup>3)</sup> Informationen über Lager mit D > 420 mm erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.



Super-precision bearing

# Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

<b>Lagerreihen und Ausführungsvarianten</b> .....	<b>302</b>
Lager der Grundausführung, Reihe BTW ..	303
Hochgeschwindigkeitslager, Reihe BTM ..	303
Hybridlager .....	304
Käfige .....	304
<b>Kennzeichnung von Lagern</b> .....	<b>305</b>
Kennzeichnungsnummern an den Lagern der Serie BTW .....	305
Zusätzliche Markierungen an Lagern der Reihe BTM .....	305
<b>Lagerdaten</b> .....	<b>306</b>
(Hauptabmessungen, Toleranzen)	
<b>Vorspannung</b> .....	<b>308</b>
Auswirkung der Passung auf die Vorspannung .....	308
<b>Axiale Steifigkeit</b> .....	<b>309</b>
<b>Äquivalente Lagerbelastungen</b> .....	<b>310</b>
<b>Erreichbare Drehzahlen</b> .....	<b>310</b>
<b>Montage</b> .....	<b>310</b>
<b>Bezeichnungsschema</b> .....	<b>311</b>

## Produkttable

<b>4.1</b> Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager .....	<b>312</b>
---	------------

### Weitere Informationen

Lebensdauer und Tragfähigkeit .....	33
Erforderliche Mindestbelastung .....	34
Grenzmaße für die Kantenabstände .....	47
Werkstoff .....	51
Gestaltung der Lagerungen .....	57
Schmierung .....	99
Montagehinweise .....	123
Aufbewahren von Lagern .....	125

Zweiseitig wirkende SKF Axial-Schrägkugellager dienen der Befestigung von Werkzeugmaschinenwellen in beiden Richtungen. Die Lager sind für den Einbau in Kombination mit Zylinderrollenlagern der Reihen NN 30 K oder N 10 K in derselben Gehäusebohrung konzipiert (→ **Bild 1**). Diese Lagerkombination vereinfacht die mechanische Bearbeitung der Gehäusebohrung.

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager werden mit dem gleichen Nennmaß für Bohrungs- und Außendurchmesser gefertigt wie die entsprechenden Zylinderrollenlager. Durch die Außendurchmessertoleranz der Gehäusescheiben in Kombination mit der empfohlenen Toleranz für Gehäusebohrungsdurchmesser und Geometrie bei Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlagern der Reihe „Super-precision bearings“ unter leichter bis normaler Belastung und mit Umfangslast am Innenring (→ *Empfohlene Wellen- und Gehäusepassungen*, **Seite 70**) ergibt sich jedoch eine passende radiale Lagerluft in der Gehäusebohrung. Diese Lagerluft reicht aus, um die Einwirkung von Radiallasten auf das Axiallager zu verhindern, insofern der Außenring nicht axial mit dem Gehäuse verspannt ist.

## Lagerreihen und Ausführungsvarianten

SKF bietet zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager in zwei verschiedenen Ausführungen:

- Lager der Grundauführung (Reihe BTW, → **Bild 2**) für maximale Tragfähigkeit und maximale Systemsteifigkeit für Wellendurchmesser zwischen 35 und 200 mm
- Hochgeschwindigkeitslager (Reihe BTM, → **Bild 3**) für maximale Drehzahlneigung für Wellendurchmesser zwischen 60 und 180 mm

Beide Ausführungen sind mit Stahl- oder mit Keramikugeln erhältlich (Hybridlager).

Bild 1

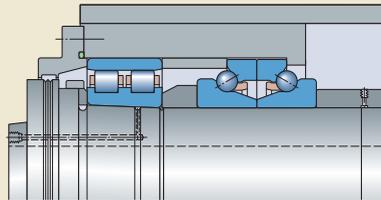
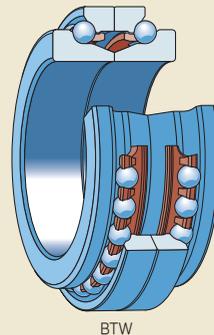


Bild 2



Die Lager der Reihen BTM und BTW haben die gleichen Bohrungs- und Außendurchmesser. Die Lagerhöhe der Lager aus der Reihe BTM ist allerdings um 25% niedriger (→ **Bild 4**), wodurch sie sich besonders gut für kompakte Anordnungen eignen. Diese Lager haben eine geringere Tragfähigkeit und axiale Steifigkeit als Lager der Reihe BTW, können aber höhere Drehzahlen aufnehmen.

### Lager der Grundausführung, Reihe BTW

Lager der Reihe BTW (→ **Bild 2**) bestehen aus zwei einreihigen Axial-Schrägkugellagern in O-Anordnung mit einem Berührungswinkel von  $60^\circ$ . Dank dieser Ausführung und der großen Anzahl Kugeln können diese Lager hohe axiale Belastungen in beide Richtungen aufnehmen und gewährleisten eine hohe Steifigkeit. Die Lager der Reihe BTW sind nicht selbsthaltend. Beim Zusammendrücken der Wellenscheiben entsteht eine Vorspannung in einem vordefinierten Bereich.

Auf Anfragen sind die Lager der Reihe BTW auch mit einer Umfangsnut und drei Schmierbohrungen in der Gehäusescheibe erhältlich (Nachsetzzeichen W33, → **Tabelle 1, Seite 304**). Es ist auch eine Ausführung mit einem größeren Bohrungsdurchmesser verfügbar, die sich direkt an der größeren Seite eines Zylinderrollenlagers mit kegeliger Bohrung (z. B. BTW 60 CATN9/SP) einbauen lässt.

### Hochgeschwindigkeitslager, Reihe BTM

Lager der Reihe BTM (→ **Bild 3**) bestehen aus zwei selbsthaltenden einreihigen Schrägkugellagern in O-Anordnung. Sie sind für die Aufnahme axialer Belastung in beiden Richtungen ausgelegt. Beim Zusammenpressen der Innenringe entsteht eine Vorspannung in einem vordefinierten Bereich.

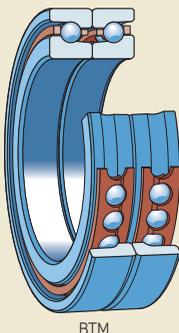
Diese Hochgeschwindigkeitslager sind mit zwei Berührungswinkeln erhältlich:

- Berührungswinkel  $30^\circ$ : Nachsetzzeichen A
- Berührungswinkel  $40^\circ$ : Nachsetzzeichen B

Lager mit einem Berührungswinkel von  $30^\circ$  können höhere Drehzahlen aufnehmen, Lager mit einem Berührungswinkel von  $40^\circ$  sind dagegen besser geeignet für Anwendungen, die eine hohe axiale Steifigkeit erfordern.

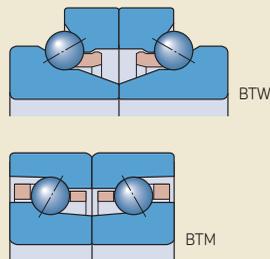
Gemäß der ISO-Definition sind Lager der Reihe BTM radiale Lager, da sie einen Berührungswinkel von  $30^\circ$  oder  $40^\circ$  haben. Da diese Lager aber ausschließlich für die Aufnahme axialer Belastungen vorgesehen sind, wird in den Produkttabellen (→ **Seite 312**) nur ihre axiale Tragzahl aufgeführt.

Bild 3



BTM

Bild 4

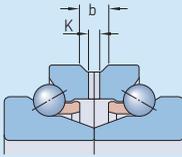


BTW

BTM

Tabelle 1

Umfangsnut und Schmierbohrungsabmessungen für Lager der Reihen BTW .. W33



Bohrungs- durchmesser d	Abmessungen	
	b	K
mm	mm	
35	5,5	3
40	5,5	3
45	5,5	3
50	5,5	3
55	5,5	3
60	5,5	3
65	5,5	3
70	5,5	3
75	5,5	3
80	8,4	4,5
85	8,4	4,5
90	8,4	4,5
95	8,4	4,5
100	8,4	4,5
110	8,4	4,5
120	8,4	4,5
130	11,2	6
140	11,2	6
150	14	7,5
160	14	7,5
170	14	7,5
180	16,8	9
190	16,8	9
200	16,8	9

## Hybridlager

Die Ringe von Hybrid-Axialschrägkugellagern (Nachsetzzeichen HC) bestehen aus Lagerstahl und ihre Wälzkörper aus Siliziumnitrid in Wälzlagerqualität (Keramik). Da Keramikugeln leichter sind und ein höheres Elastizitätsmodul sowie einen niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten haben als Stahlkugeln, können Keramikugeln folgende Vorteile bieten:

- höhere Steifigkeit
- höhere Drehzahleignung
- reduzierte Trägheits- und Fliehkräfte im Lager
- minimierte Spannung an den Wälzkontakten des Außenrings bei hohen Drehzahlen
- verringerte Reibungswärme
- niedrigerer Energieverbrauch
- längere Lager- und Fettgebrauchsdauer
- weniger anfällig für Ansmier- und Käfigschäden bei häufigem schnellem Anfahren und Stoppen
- weniger anfällig für Temperaturschwankungen im Lager
- genauere Einstellung der Vorspannung

Nähere Angaben zu Siliziumnitrid entnehmen Sie bitte dem Abschnitt *Werkstoffe für Lager-  
ringe und Wälzkörper* (→ Seite 51).

## Käfige

Lager der Reihe BTW werden serienmäßig mit folgenden Käfigen ausgestattet:

- $d \leq 130$  mm  
zwei glasfaserverstärkte Schnappkäfige aus PA66, kugelgeführt, Nachsetzzeichen TN9
- $d \geq 140$  mm  
zwei Schnappkäfige aus Messing, kugelgeführt, Nachsetzzeichen M

Lager der Reihe BTM werden serienmäßig mit folgenden Käfigen ausgestattet:

- $d \leq 130$  mm  
zwei glasfaserverstärkte Fensterkäfige aus PA66, kugelgeführt, Nachsetzzeichen TN9
- $d \geq 140$  mm  
zwei Fensterkäfige aus Messing, kugelgeführt, Nachsetzzeichen M

Die Käfige sind so ausgeführt, dass ein zuverlässiger Betrieb der vorgespannten Lager bei hohen Drehzahlen möglich ist und dass die Lager schnelle Starts, Stopps und Lastrichtungswechsel aufnehmen können. Die Käfige bieten ebenfalls einen guten Schutz gegen das Auslaufen von Schmierfett.

Weitere Hinweise zur Eignung von Käfigen finden Sie im Abschnitt *Werkstoffe für Käfige* (→ Seite 55).

## Kennzeichnung von Lagern

Alle zweiseitig wirkenden Hochgenauigkeits-Schrägkugellager der Reihe „Super-precision bearings“ haben mehrere Kennzeichen an den Außenseiten der Lagerscheiben/Ringe (→ Bild 5):

- 1 SKF Marke
- 2 Komplette Lagerbezeichnung (Kurzzeichen)
- 3 Herstellungsland
- 4 Herstellungsdatum (kodiert)

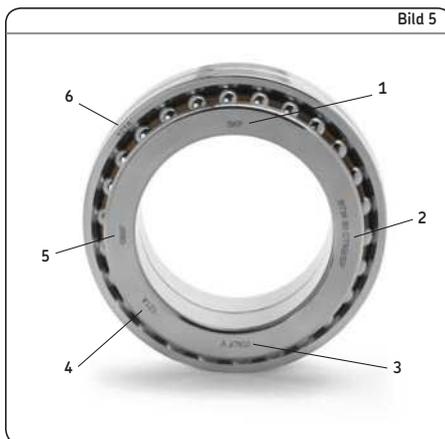


Bild 5

- 5 Kennzeichnungs-/Seriennummer der Wellenscheibe bzw. des Innenrings
- 6 Kennzeichnungsnummer an der Gehäusescheibe (gilt nur für die Reihe BTW)

## Kennzeichnungsnummern an den Lagern der Reihe BTW

Die Kennzeichnungsnummern an den Lagerscheiben liefern Aufschluss über die Lagerkomponenten, die gemäß der werksseitigen Zusammenstellung verwendet werden müssen. Die beiden Hälften der Lagerscheiben der Reihe BTW lassen sich durch „A“ und „B“ nach den Kennzeichnungsnummern unterscheiden (z. B. 121A in Bild 5).

## Zusätzliche Markierungen an Lagern der Reihe BTM

Ein V-Zeichen an der Außenseite der Außenringe (→ Bild 6) gibt an, in welcher Richtung die Lager eingebaut werden müssen, damit die korrekte Satzvorspannung eingestellt wird.

Die Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers vom Nennwert wird an der Seitenfläche des Innenrings in Mikrometern angegeben.

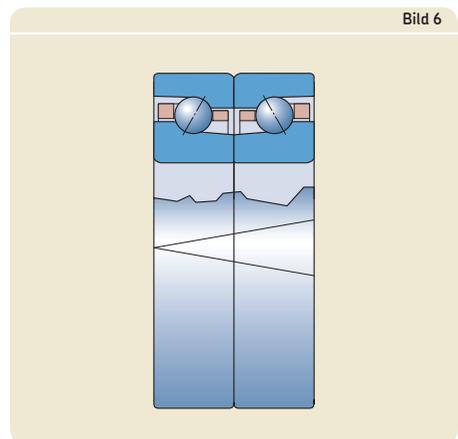


Bild 6

## Lagerdaten

<b>Hauptabmessungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bohrungs- und Außendurchmesser gemäß ISO 15, Durchmesserreihe 0 für Radiallager</li> <li>Die übrigen Hauptabmessungen sind nicht genormt, doch weit verbreitet auf dem Markt.</li> </ul>
<b>Toleranzen</b>	<p><b>Lager der Reihe BTW</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Toleranzklasse SP (→ <b>Tabelle 2</b>) serienmäßig</li> <li>Hochgenauigkeits-Toleranzklasse UP (→ <b>Tabelle 3</b>) auf Anfrage</li> </ul> <p><b>Lager der Reihe BTM</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Toleranzklasse P4C (→ <b>Tabelle 4</b>)</li> </ul>
Weiterführende Informationen (→ <b>Seite 47</b> )	

Tabelle 2

### Toleranzklasse SP

#### Wellenscheibe und Lagerhöhe

d über	bis	$\Delta_{dmp}$ ob.	unt.	$\Delta_{B1s}$ ob.	unt.	$\Delta_{T2s}$ ob.	unt.	$S_i^{1)}$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$
30	50	1	-11	0	-100	0	-200	3
50	80	2	-14	0	-100	0	-200	4
80	120	3	-18	0	-200	0	-400	4
120	180	3	-21	0	-250	0	-500	5
180	250	4	-26	0	-250	0	-500	5

#### Gehäusescheibe

D über	bis	$\Delta_{Dmp}$ ob.	unt.	$\Delta_{C1s}$ ob.	unt.	$S_e$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		
50	80	-24	-33	0	-50	Die Abmaße sind die gleichen wie für die zugehörige Wellenscheibe.
80	120	-28	-38	0	-50	
120	150	-33	-44	0	-100	
150	180	-33	-46	0	-100	
180	250	-37	-52	0	-125	
250	315	-41	-59	0	-125	

Toleranzsymbole und Definitionen → **Tabelle 4, Seite 48**

<sup>1)</sup> Die angegebenen Toleranzen sind ungefähre Werte, da die Rundlauf toleranz der Laufbahn in Richtung der Kugelbelastung gemessen wird. Nach dem Einbau des Lagers ist der Axialschlag im Allgemeinen kleiner als in der Tabelle angegeben.

Tabelle 3

## Toleranzklasse UP

## Wellenscheibe und Lagerhöhe

d über	bis	$\Delta_{dmp}$ ob.	unt.	$\Delta_{B1s}$ ob.	unt.	$\Delta_{T2s}$ ob.	unt.	$S_T^{(1)}$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$
30	50	0	-8	0	-100	0	-200	1,5
50	80	0	-9	0	-100	0	-200	2
80	120	0	-10	0	-200	0	-400	2
120	180	0	-13	0	-250	0	-500	3
180	250	0	-15	0	-250	0	-500	3

## Gehäusescheibe

D über	bis	$\Delta_{Dmp}$ ob.	unt.	$\Delta_{C1s}$ ob.	unt.	$S_e$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		
50	80	-24	-33	0	-50	Die Abmaße sind die gleichen wie für die zugehörige Wellenscheibe.
80	120	-28	-38	0	-50	
120	150	-33	-44	0	-100	
150	180	-33	-46	0	-100	
180	250	-37	-52	0	-125	
250	315	-41	-59	0	-125	

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

<sup>1)</sup> Die angegebenen Toleranzen sind ungefähre Werte, da die Rundlauf toleranz der Laufbahn in Richtung der Kugelbelastung gemessen wird. Nach dem Einbau des Lagers ist der Axialschlag im Allgemeinen kleiner als in der Tabelle angegeben.

Tabelle 4

## Toleranzklasse P4C

## Innenring

d über	bis	$\Delta_{ds}$ ob.	unt.	$\Delta_{B1s}$ ob.	unt.	$\Delta_{T2s}$ ob.	unt.	$S_T^{(1)}$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$
50	80	0	-7	0	-100	0	-200	3
80	120	0	-8	0	-200	0	-400	4
120	180	0	-10	0	-250	0	-500	4

## Außenring

D über	bis	$\Delta_{Ds}$ ob.	unt.	$\Delta_{C1s}$ ob.	unt.	$S_e$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		
80	120	-28	-38	0	-100	Die Abmaße sind die gleichen wie für den zugehörigen Innenring.
120	150	-33	-44	0	-200	
150	180	-33	-46	0	-250	
180	250	-37	-52	0	-250	

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

<sup>1)</sup> Die angegebenen Toleranzen sind ungefähre Werte, da die Rundlauf toleranz der Laufbahn in Richtung der Kugelbelastung gemessen wird. Nach dem Einbau des Lagers ist der Axialschlag im Allgemeinen kleiner als in der Tabelle angegeben.

## Vorspannung

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager werden so gefertigt, dass sie nach dem Einbau die geforderte Betriebsvorspannung bieten.

Die Lager der Reihe BTM sind mit verschiedenen Vorspannungen erhältlich:

- leichte Vorspannung, Nachsetzzeichen DBA
- starke Vorspannung, Nachsetzzeichen DBB

Die Vorspannung wird bei der Fertigung durch genaue Einstellung des Überstands der Wellenscheiben bzw. Innenringe gegenüber den Gehäusescheiben bzw. Außenringen erreicht. Die Vorspannungswerte sind in der **Tabelle 5** aufgelistet und gelten für neue Lager vor dem Einbau. Die Lagerkomponenten und -sätze müssen zusammen und in der angegebenen Reihenfolge eingebaut werden. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt *Kennzeichnung von Lagern* (→ Seite 305).

### Auswirkung der Passung auf die Vorspannung

Beim Einbau zweiseitig wirkender Axial-Schrägkugellager an einem Wellensitz, der gemäß der Durchmesser- toleranz h4 gefertigt wurde, ergibt sich eine Übergangspassung, d. h. entweder eine feste oder eine lose Passung. Eine lose Passung hat keinerlei Auswirkung auf die Vorspannung. Eine feste Passung erhöht die Vorspannung. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Tabelle 5

#### Axiale Vorspannung für nicht eingebaute Lager

Bohrungs- durchmesser d	Axiale Vorspannung				
	BTW	BTM .. A		BTM .. B	
		DBA	DBB	DBA	DBB
mm	N	N		N	
<b>35</b>	340	–	–	–	–
<b>40</b>	360	–	–	–	–
<b>45</b>	390	–	–	–	–
<b>50</b>	415	–	–	–	–
<b>55</b>	440	–	–	–	–
<b>60</b>	470	200	600	250	750
<b>65</b>	490	200	600	250	750
<b>70</b>	515	250	750	350	1 050
<b>75</b>	545	250	750	350	1 050
<b>80</b>	575	300	900	400	1 200
<b>85</b>	600	300	900	400	1 200
<b>90</b>	625	400	1 200	550	1 650
<b>95</b>	655	400	1 200	550	1 650
<b>100</b>	690	400	1 200	550	1 650
<b>110</b>	735	600	1 800	750	2 250
<b>120</b>	800	600	1 800	850	2 550
<b>130</b>	870	800	2 400	1 050	3 150
<b>140</b>	940	800	2 400	1 050	3 150
<b>150</b>	1 015	1 000	3 000	1 300	3 900
<b>160</b>	1 100	1 100	3 300	1 500	4 500
<b>170</b>	1 185	1 350	4 050	1 800	5 400
<b>180</b>	1 290	1 600	4 800	2 100	6 300
<b>190</b>	1 385	–	–	–	–
<b>200</b>	1 525	–	–	–	–

# Axiale Steifigkeit

Die axiale Steifigkeit hängt davon ab, wie sich das Lager bei Belastung elastisch verformt. Sie wird als Verhältnis zwischen Belastung und Verformung angegeben. Da dieses Verhältnis nicht linear ist, lassen sich nur Richtwerte angeben (→ **Tabelle 6**). Diese Werte beziehen sich auf eingebaute Lager unter statischen Bedingungen und bei mittleren Belastungen. Genauere Werte für die axiale Steifigkeit lassen sich mit komplexen Formeln berechnen. Weitere Informationen erhalten Sie im Abschnitt *Lagersteifigkeit* (→ **Seite 68**) bzw. vom Technischen SKF Beratungsservice.

Tabelle 6

## Statische axiale Steifigkeit

Bohrungs- durchmesser d	Statische axiale Steifigkeit		BTM .. A/DBA		BTM .. A/DBB		BTM .. B/DBA		BTM .. B/DBB	
	BTW mit Stahl- kugeln	mit Keramik- kugeln	mit Stahl- kugeln	mit Keramik- kugeln	mit Stahl- kugeln	mit Keramik- kugeln	mit Stahl- kugeln	mit Keramik- kugeln	mit Stahl- kugeln	mit Keramik- kugeln
mm	N/μm		N/μm		N/μm		N/μm		N/μm	
35	455	500	-	-	-	-	-	-	-	-
40	481	529	-	-	-	-	-	-	-	-
45	513	564	-	-	-	-	-	-	-	-
50	559	614	-	-	-	-	-	-	-	-
55	580	639	-	-	-	-	-	-	-	-
60	618	680	196	218	296	328	321	356	484	537
65	653	719	206	229	313	347	342	380	510	566
70	673	741	227	252	342	380	389	432	587	651
75	714	786	234	259	354	393	402	447	603	670
80	735	809	252	280	380	422	426	472	635	705
85	763	840	259	287	390	432	435	483	656	728
90	792	871	292	324	441	490	495	550	747	829
95	822	904	299	331	453	503	509	565	767	852
100	880	968	315	350	476	529	534	593	809	898
110	893	982	357	396	541	600	591	656	886	983
120	979	1077	377	419	571	634	649	720	985	1093
130	1032	1135	428	475	649	720	719	798	1082	1202
140	1089	1198	440	488	667	740	739	821	1113	1236
150	1125	1238	483	536	733	814	807	896	1219	1353
160	1220	1341	516	573	784	870	882	979	1331	1478
170	1225	1348	551	612	833	925	928	1030	1399	1553
180	1314	1445	597	663	902	1002	1000	1110	1504	1669
190	1361	1497	-	-	-	-	-	-	-	-
200	1395	1535	-	-	-	-	-	-	-	-



## Äquivalente Lagerbelastungen

### Äquivalente dynamische Lagerbelastung

Für Lager, die nur Axialbelastungen aufnehmen, gilt:

$$P = F_a$$

### Äquivalente statische Lagerbelastung

Für Lager, die nur Axialbelastungen aufnehmen, gilt:

$$P_0 = F_a$$

## Erreichbare Drehzahlen

Die erreichbaren Drehzahlen in den Produkttabellen (→ **Seite 312**) sind Richtwerte. Sie gelten unter bestimmten Bedingungen. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Erreichbare Drehzahlen* auf **Seite 44**.

Bei Lagern der Reihe BTM mit starker Vorspannung (Nachsetzzeichen DBB) beträgt die erreichbare Drehzahl 75% vom Wert desselben Lagers mit leichter Vorspannung (Nachsetzzeichen DBA).

## Montage

Die Lagerkomponenten und -sätze müssen zusammen und in der angegebenen Reihenfolge eingebaut werden. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt *Kennzeichnung von Lagern* (→ **Seite 305**).

# Bezeichnungsschema

**Beispiele:** BTW 70 CTN9/SPW33  
BTM 150 AM/HCP4CDBA

BTW	70	C	TN9	/		SP	W33		
BTM	150	A	M	/	HC	P4C		DB	A

## Lagerreihe

**BTW** Grundauführung für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager  
**BTM** Hochgeschwindigkeitsauführung für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

## Lagergröße

**35 bis 200** Bohrungsdurchmesser [mm]

## Innere Konstruktion

**A** Berührungswinkel 30°  
**B** Berührungswinkel 40°  
**C** Berührungswinkel 60°  
**A** Als zweiter Buchstabe nach der Angabe des Berührungswinkels (ausschließlich für die Reihe BTW): Lager mit größerer Bohrung zum Einbau an der größeren Seite der kegeligen Bohrung eines Zylinderrollenlagers.

## Käfig

**M** Zwei Massivkäfige aus Messing, Schnappausführung (für Reihe BTW), Fensterausführung (für Reihe BTM), kugelgeführt  
**TN9** Zwei Käfige aus glasfaserverstärktem Polyamid 66, Schnappausführung (für Reihe BTW), Fensterausführung (für Reihe BTM), kugelgeführt

## Kugelwerkstoff

**-** Chromstahl (kein Nachsetzzeichen)  
**HC** Kugeln aus speziellem Lager-Siliziumnitrid Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (Hybridlager)

## Genauigkeit

**P4C** Maßgenauigkeit ungefähr nach ISO-Toleranzklasse 4 und Laufgenauigkeit besser als ISO-Toleranzklasse 4 für Radiallager (nur für Lager der Reihe BTM).  
**SP** Maßgenauigkeit ungefähr nach ISO-Toleranzklasse 5 und Laufgenauigkeit besser als ISO-Toleranzklasse 4 für Axiallager (nur für Lager der Reihe BTW).  
**UP** Maßgenauigkeit ungefähr nach ISO-Toleranzklasse 4 und Laufgenauigkeit besser als ISO-Toleranzklasse 4 für Axiallager (nur für Lager der Reihe BTW).

## Schmierfunktion (nur für Lager der Reihe BTW)

**W33** Umfangsnut und drei Schmierbohrungen in der Gehäusescheibe

## Anordnung (nur für Lager der Reihe BTM)

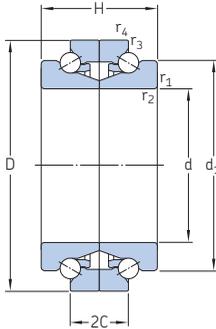
**DB** Zwei in 0-Anordnung zusammengepasste Lager

## Vorspannung (nur für Lager der Reihe BTM)

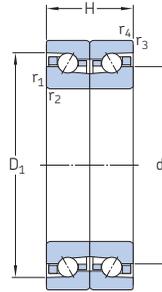
**A** Leichte Vorspannung  
**B** Hohe Vorspannung  
**G...** Sondervorspannung, angegeben in daN, z. B. G240



## 4.1 Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager d 35 – 80 mm



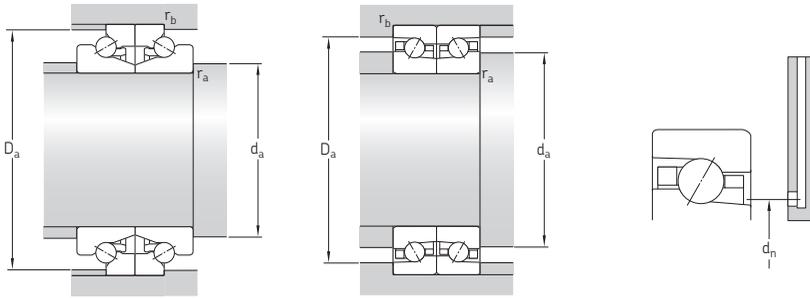
BTW



BTM

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen <sup>1)</sup>		Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	dyn. C	stat. $C_0$		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmierung		
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	-
35	62	34	16,8	39	1,83	11 000	14 000	0,35	BTW 35 CTN9/SP
40	68	36	19,5	46,5	2,24	10 000	13 000	0,42	BTW 40 CTN9/SP
45	75	38	22,1	54	2,6	9 500	12 000	0,53	BTW 45 CTN9/SP
50	80	38	22,5	60	2,85	9 000	11 000	0,58	BTW 50 CTN9/SP
55	90	44	30,2	80	3,8	7 500	9 000	0,87	BTW 55 CTN9/SP
60	95	33	21,6	43	1,86	10 100	12 900	0,85	BTM 60 ATN9/P4CDB
	95	33	21,6	43	1,86	12 700	15 200	0,8	BTM 60 ATN9/HCP4CDB
	95	33	25	50	2,12	9 000	11 500	0,85	BTM 60 BTN9/P4CDB
	95	33	25	50	2,12	11 100	13 300	0,8	BTM 60 BTN9/HCP4CDB
	95	44	30,7	83	4	7 500	9 000	0,93	BTW 60 CTN9/SP
65	100	33	22	47,5	2	9 500	12 100	0,9	BTM 65 ATN9/P4CDB
	100	33	22	47,5	2	11 900	14 200	0,85	BTM 65 ATN9/HCP4CDB
	100	33	26	54	2,32	8 400	10 900	0,9	BTM 65 BTN9/P4CDB
	100	33	26	54	2,32	10 400	12 400	0,85	BTM 65 BTN9/HCP4CDB
	100	44	31,9	90	4,3	7 000	8 500	1	BTW 65 CTN9/SP
70	110	36	27,5	58,5	2,45	8 700	11 100	1,2	BTM 70 ATN9/P4CDB
	110	36	27,5	58,5	2,45	10 900	13 000	1,15	BTM 70 ATN9/HCP4CDB
	110	36	32	67	2,85	7 700	9 900	1,2	BTM 70 BTN9/P4CDB
	110	36	32	67	2,85	9 500	11 300	1,15	BTM 70 BTN9/HCP4CDB
	110	48	39	112	5,3	6 700	8 000	1,35	BTW 70 CTN9/SP
75	115	36	27,5	61	2,6	8 200	10 400	1,3	BTM 75 ATN9/P4CDB
	115	36	27,5	61	2,6	10 300	12 300	1,2	BTM 75 ATN9/HCP4CDB
	115	36	32,5	69,5	2,9	7 300	9 400	1,3	BTM 75 BTN9/P4CDB
	115	36	32,5	69,5	2,9	9 000	10 700	1,2	BTM 75 BTN9/HCP4CDB
	115	48	39,7	116	5,6	6 300	7 500	1,45	BTW 75 CTN9/SP
80	125	40,5	33,5	73,5	3,1	7 600	9 700	1,75	BTM 80 ATN9/P4CDB
	125	40,5	33,5	73,5	3,1	9 600	11 500	1,65	BTM 80 ATN9/HCP4CDB
	125	40,5	39	85	3,55	6 800	8 700	1,75	BTM 80 BTN9/P4CDB
	125	40,5	39	85	3,55	8 400	10 000	1,65	BTM 80 BTN9/HCP4CDB
	125	54	47,5	140	6,55	5 600	6 700	1,95	BTW 80 CTN9/SP

<sup>1)</sup> Die Drehzahlwerte für Lager der Reihe BTM gelten für Ausführungen mit leichter Vorspannung (Nachsetzzeichen DBA). Für Lager mit hoher Vorspannung (Nachsetzzeichen DBB) liegen die erreichbaren Drehzahlen bei etwa 75% der angegebenen Werte.

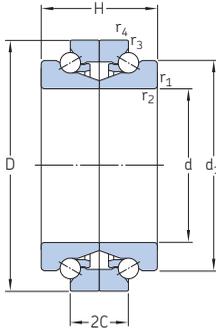


Abmessungen				Anschlussmaße								Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>
d	d <sub>1</sub>	2C	D <sub>1</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>
mm						mm						cm <sup>3</sup>
35	50,8	17	50,2	1	0,3	45	57,3	58	1	0,3	–	1,9
40	56,4	18	55,9	1	0,3	50	63,4	64	1	0,3	–	2,5
45	62,5	19	61,9	1	0,3	56	69,9	71	1	0,3	–	3,1
50	67,5	19	66,9	1	0,3	61	74,9	76	1	0,3	–	3,3
55	75,2	22	74,4	1,1	0,6	68	84	85	1	0,6	–	4,8
60	75,9	–	81,5	1,1	0,6	66	–	91,8	1	0,6	74	7,8
	75,9	–	81,5	1,1	0,6	66	–	91,8	1	0,6	74	7,8
	75,9	–	81,5	1,1	0,6	66	–	91,8	1	0,6	74	7,8
	75,9	–	81,5	1,1	0,6	66	–	91,8	1	0,6	74	7,8
	80,2	22	79,4	1,1	0,6	73	89	90	1	0,6	–	5,2
65	80,9	–	86,5	1,1	0,6	71	–	96,8	1	0,6	79	8,4
	80,9	–	86,5	1,1	0,6	71	–	96,8	1	0,6	79	8,4
	80,9	–	86,5	1,1	0,6	71	–	96,8	1	0,6	79	8,4
	80,9	–	86,5	1,1	0,6	71	–	96,8	1	0,6	79	8,4
	85,2	22	84,4	1,1	0,6	78	94	95	1	0,6	–	5,6
70	88,55	–	94,9	1,1	0,6	76	–	106	1	0,6	86	11
	88,55	–	94,9	1,1	0,6	76	–	106	1	0,6	86	11
	88,55	–	94,9	1,1	0,6	76	–	106	1	0,6	86	11
	88,55	–	94,9	1,1	0,6	76	–	106	1	0,6	86	11
	93,5	24	92,5	1,1	0,6	85	103,4	105	1	0,6	–	7,4
75	93,55	–	99,9	1,1	0,6	81	–	111	1	0,6	91	11,8
	93,55	–	99,9	1,1	0,6	81	–	111	1	0,6	91	11,8
	93,55	–	99,9	1,1	0,6	81	–	111	1	0,6	91	11,8
	93,55	–	99,9	1,1	0,6	81	–	111	1	0,6	91	11,8
	98,5	24	97,5	1,1	0,6	90	108,4	110	1	0,6	–	7,8
80	100,8	–	107,8	1,1	0,6	86	–	121	1	0,6	98	16
	100,8	–	107,8	1,1	0,6	86	–	121	1	0,6	98	16
	100,8	–	107,8	1,1	0,6	86	–	121	1	0,6	98	16
	100,8	–	107,8	1,1	0,6	86	–	121	1	0,6	98	16
	106,2	27	105	1,1	0,6	97	117,3	119	1	0,6	–	11

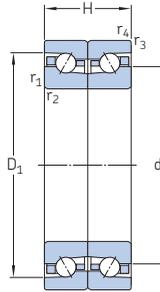
<sup>1)</sup> Zur Berechnung der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101.

## 4.1 Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

d 85 – 120 mm



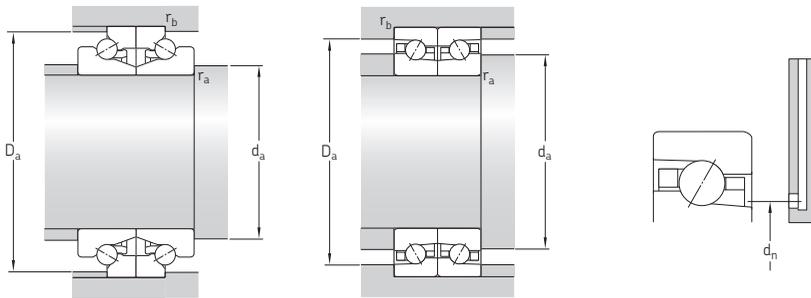
BTW



BTM

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen <sup>1)</sup>		Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	dyn.	stat.		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmierung		
mm			C	$C_0$	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-	
85	130	40,5	33,5	78	3,15	7 300	9 300	1,85	BTM 85 ATN9/P4CDB
	130	40,5	33,5	78	3,15	9 100	10 900	1,7	BTM 85 ATN9/HCP4CDB
	130	40,5	40	88	3,6	6 400	8 300	1,85	BTM 85 BTN9/P4CDB
	130	40,5	40	88	3,6	8 000	9 500	1,7	BTM 85 BTN9/HCP4CDB
	130	54	48,8	146	6,7	5 600	6 700	2,05	BTW 85 CTN9/SP
90	140	45	39	91,5	3,55	6 800	8 700	2,45	BTM 90 ATN9/P4CDB
	140	45	39	91,5	3,55	8 500	10 100	2,3	BTM 90 ATN9/HCP4CDB
	140	45	46,5	102	4	6 000	7 700	2,45	BTM 90 BTN9/P4CDB
	140	45	46,5	102	4	7 400	8 800	2,3	BTM 90 BTN9/HCP4CDB
	140	60	55,9	173	7,65	5 000	6 000	2,7	BTW 90 CTN9/SP
95	145	45	40	93	3,6	6 500	8 300	2,55	BTM 95 ATN9/P4CDB
	145	45	40	93	3,6	8 200	9 800	2,4	BTM 95 ATN9/HCP4CDB
	145	45	46,5	106	4,05	5 800	7 400	2,55	BTM 95 BTN9/P4CDB
	145	45	46,5	106	4,05	7 200	8 600	2,4	BTM 95 BTN9/HCP4CDB
	145	60	57,2	180	7,8	5 000	6 000	2,8	BTW 95 CTN9/SP
100	150	45	41,5	102	3,8	6 300	7 900	2,65	BTM 100 ATN9/P4CDB
	150	45	41,5	102	3,8	7 900	9 400	2,5	BTM 100 ATN9/HCP4CDB
	150	45	48	116	4,3	5 600	7 100	2,65	BTM 100 BTN9/P4CDB
	150	45	48	116	4,3	6 900	8 200	2,5	BTM 100 BTN9/HCP4CDB
	150	60	59,2	193	8,15	5 000	6 000	2,95	BTW 100 CTN9/SP
110	170	54	57	137	4,8	5 600	7 100	4,25	BTM 110 ATN9/P4CDB
	170	54	57	137	4,8	7 000	8 300	3,95	BTM 110 ATN9/HCP4CDB
	170	54	65,5	153	5,5	4 900	6 400	4,25	BTM 110 BTN9/P4CDB
	170	54	65,5	153	5,5	6 100	7 300	3,95	BTM 110 BTN9/HCP4CDB
	170	72	81,9	260	10,4	4 300	5 000	4,7	BTW 110 CTN9/SP
120	180	54	58,5	146	5	5 200	6 700	4,55	BTM 120 ATN9/P4CDB
	180	54	58,5	146	5	6 500	7 700	4,2	BTM 120 ATN9/HCP4CDB
	180	54	69,5	166	5,7	4 600	5 900	4,55	BTM 120 BTN9/P4CDB
	180	54	69,5	166	5,7	5 700	6 800	4,2	BTM 120 BTN9/HCP4CDB
	180	72	85,2	280	10,8	4 000	4 800	5,05	BTW 120 CTN9/SP

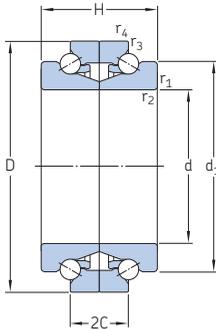
<sup>1)</sup> Die Drehzahlwerte für Lager der Reihe BTM gelten für Ausführungen mit leichter Vorspannung (Nachsetzzeichen DBA). Für Lager mit hoher Vorspannung (Nachsetzzeichen DBB) liegen die erreichbaren Drehzahlen bei etwa 75% der angegebenen Werte.



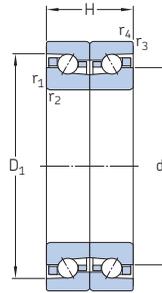
Abmessungen					Anschlussmaße						Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	
d	d <sub>1</sub>	2C	D <sub>1</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>
mm												cm <sup>3</sup>
85	105,8	–	112,8	1,1	0,6	91	–	126	1	0,6	103	16,8
	105,8	–	112,8	1,1	0,6	91	–	126	1	0,6	103	16,8
	105,8	–	112,8	1,1	0,6	91	–	126	1	0,6	103	16,8
	105,8	–	112,8	1,1	0,6	91	–	126	1	0,6	103	16,8
	112	27	110	1,1	0,6	102	122,3	124	1	0,6	–	11
90	113	–	120,6	1,5	1	97	–	135	1,5	1	110	22
	113	–	120,6	1,5	1	97	–	135	1,5	1	110	22
	113	–	120,6	1,5	1	97	–	135	1,5	1	110	22
	113	–	120,6	1,5	1	97	–	135	1,5	1	110	22
	119	30	117,5	1,5	0,6	109	130,9	132	1,5	0,6	–	14
95	118	–	125,6	1,5	1	102	–	140	1,5	1	115	22
	118	–	125,6	1,5	1	102	–	140	1,5	1	115	22
	118	–	125,6	1,5	1	102	–	140	1,5	1	115	22
	118	–	125,6	1,5	1	102	–	140	1,5	1	115	22
	124	30	122,5	1,5	0,6	114	135,9	137	1,5	0,6	–	15
100	123	–	130,6	1,5	1	107	–	145	1,5	1	120	22
	123	–	130,6	1,5	1	107	–	145	1,5	1	120	22
	123	–	130,6	1,5	1	107	–	145	1,5	1	120	22
	123	–	130,6	1,5	1	107	–	145	1,5	1	120	22
	129	30	127,5	1,5	0,6	119	140,9	142	1,5	0,6	–	16
110	137,9	–	147,1	2	1	119	–	165	2	1	134	38
	137,9	–	147,1	2	1	119	–	165	2	1	134	38
	137,9	–	147,1	2	1	119	–	165	2	1	134	38
	137,9	–	147,1	2	1	119	–	165	2	1	134	38
	145	36	143,1	2	1	132	159,8	161	2	1	–	27
120	147,7	–	157,1	2	1	129	–	175	2	1	144	40
	147,7	–	157,1	2	1	129	–	175	2	1	144	40
	147,7	–	157,1	2	1	129	–	175	2	1	144	40
	147,7	–	157,1	2	1	129	–	175	2	1	144	40
	155	36	153,1	2	1	142	169,8	171	2	1	–	28

<sup>1)</sup> Zur Berechnung der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101.

## 4.1 Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager d 130 – 200 mm



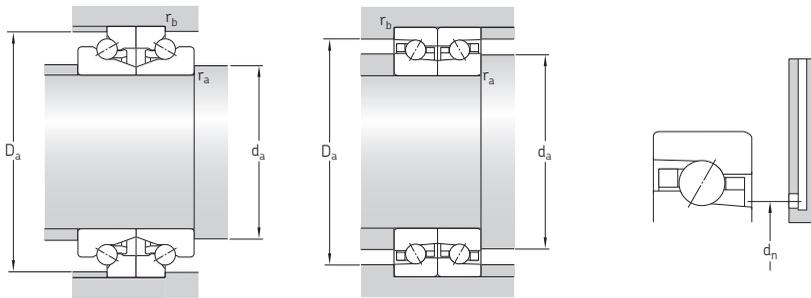
BTW



BTM

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen <sup>1)</sup>		Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	dyn. C	stat. $C_0$		Fettschmie- rung	Öl-Luft- Schmierung		
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	–
130	200	63	73,5	186	6,1	4 700	6 000	6,9	BTM 130 ATN9/P4CDB
	200	63	73,5	186	6,1	5 900	7 000	6,45	BTM 130 ATN9/HCP4CDB
	200	63	85	208	6,8	4 200	5 400	6,9	BTM 130 BTN9/P4CDB
	200	63	85	208	6,8	5 100	6 100	6,45	BTM 130 BTN9/HCP4CDB
	200	84	106	360	13,2	3 600	4 300	7,6	BTW 130 CTN9/SP
140	210	63	73,5	190	6,1	4 400	5 700	7,85	BTM 140 AM/P4CDB
	210	63	73,5	190	6,1	5 600	6 700	7,4	BTM 140 AM/HCP4CDB
	210	63	86,5	216	6,95	3 900	5 100	7,85	BTM 140 BM/P4CDB
	210	63	86,5	216	6,95	4 900	5 800	7,4	BTM 140 BM/HCP4CDB
	210	84	106	375	13,2	3 200	3 800	8,6	BTW 140 CM/SP
150	225	67,5	86,5	228	7,1	4 100	5 300	9,6	BTM 150 AM/P4CDB
	225	67,5	86,5	228	7,1	5 200	6 200	9	BTM 150 AM/HCP4CDB
	225	67,5	104	260	8	3 700	4 800	9,6	BTM 150 BM/P4CDB
	225	67,5	104	260	8	4 500	5 300	9	BTM 150 BM/HCP4CDB
	225	90	127	440	15,3	3 000	3 600	10,5	BTW 150 CM/SP
160	240	72	98	260	7,8	3 900	5 000	12	BTM 160 AM/P4CDB
	240	72	98	260	7,8	4 900	5 800	11	BTM 160 AM/HCP4CDB
	240	72	114	290	8,8	3 400	4 500	12	BTM 160 BM/P4CDB
	240	72	114	290	8,8	4 300	5 100	11	BTM 160 BM/HCP4CDB
	240	96	140	510	16,6	2 800	3 400	13	BTW 160 CM/SP
170	260	81	118	315	9,15	3 600	4 700	16	BTM 170 AM/P4CDB
	260	81	118	315	9,15	4 500	5 300	15	BTM 170 AM/HCP4CDB
	260	81	140	360	10,4	3 200	4 100	16	BTM 170 BM/P4CDB
	260	81	140	360	10,4	3 900	4 600	15	BTM 170 BM/HCP4CDB
	260	108	174	610	19,6	2 400	3 000	17,5	BTW 170 CM/SP
180	280	90	140	365	10,4	3 400	4 400	21,5	BTM 180 AM/P4CDB
	280	90	140	365	10,4	4 200	5 000	20	BTM 180 AM/HCP4CDB
	280	90	163	425	11,8	3 000	3 800	21,5	BTM 180 BM/P4CDB
	280	90	163	425	11,8	3 600	4 300	20	BTM 180 BM/HCP4CDB
	280	120	199	710	22,4	2 000	2 600	23	BTW 180 CM/SP
190	290	120	203	735	22,8	2 000	2 600	24	BTW 190 CM/SP
200	310	132	238	865	25,5	1 900	2 400	31	BTW 200 CM/SP

<sup>1)</sup> Die Drehzahlwerte für Lager der Reihe BTM gelten für Ausführungen mit leichter Vorspannung (Nachsetzzeichen DBA). Für Lager mit hoher Vorspannung (Nachsetzzeichen DBB) liegen die erreichbaren Drehzahlen bei etwa 75% der angegebenen Werte.

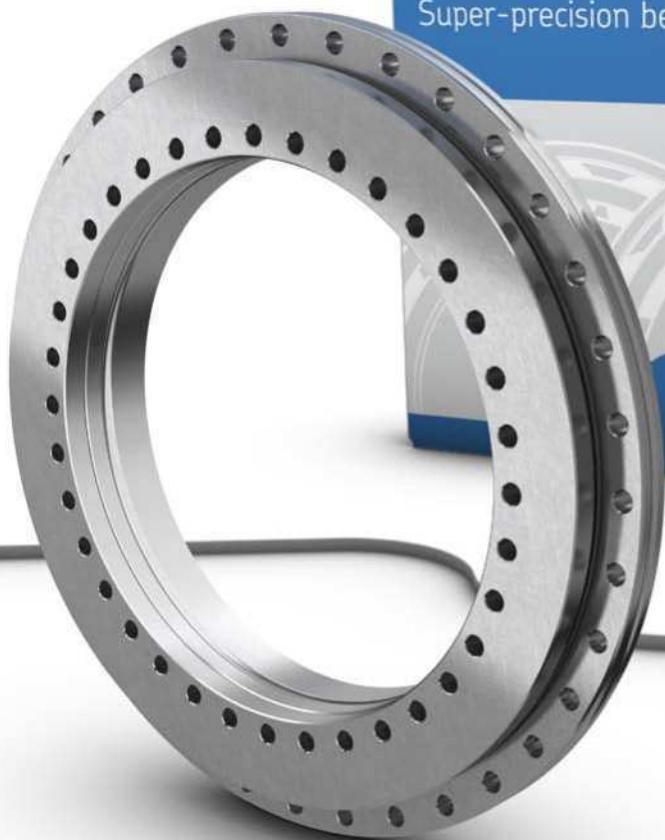


Abmessungen					Anschlussmaße						Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>	
d	d <sub>1</sub>	2C	D <sub>1</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.	d <sub>n</sub>	G <sub>ref</sub>
mm												cm <sup>3</sup>
130	162,6	–	173,3	2	1	139	–	195	2	1	158	58
	162,6	–	173,3	2	1	139	–	195	2	1	158	58
	162,6	–	173,3	2	1	139	–	195	2	1	158	58
	162,6	–	173,3	2	1	139	–	195	2	1	158	58
	171	42	168,6	2	1	156	187,5	190	2	1	–	40
140	172,6	–	183,3	2,1	1	151	–	205	2	1	168	62
	172,6	–	183,3	2,1	1	151	–	205	2	1	168	62
	172,6	–	183,3	2,1	1	151	–	205	2	1	168	62
	172,6	–	183,3	2,1	1	151	–	205	2	1	168	62
	181	42	178,6	2,1	1	166	197,7	200	2	1	–	45
150	184,9	–	196,4	2,1	1,1	161	–	219	2	1	180	80
	184,9	–	196,4	2,1	1,1	161	–	219	2	1	180	80
	184,9	–	196,4	2,1	1,1	161	–	219	2	1	180	80
	184,9	–	196,4	2,1	1,1	161	–	219	2	1	180	80
	194	45	191,2	2,1	1	178	212,4	213	2	1	–	56
160	196,8	–	209,2	2,1	1,1	171	–	234	2	1	192	94
	196,8	–	209,2	2,1	1,1	171	–	234	2	1	192	94
	196,8	–	209,2	2,1	1,1	171	–	234	2	1	192	94
	196,8	–	209,2	2,1	1,1	171	–	234	2	1	192	94
	207	48	203,7	2,1	1	190	226	227	2	1	–	67
170	211,3	–	225,6	2,1	1,1	181	–	254	2	1	205	126
	211,3	–	225,6	2,1	1,1	181	–	254	2	1	205	126
	211,3	–	225,6	2,1	1,1	181	–	254	2	1	205	126
	211,3	–	225,6	2,1	1,1	181	–	254	2	1	205	126
	223	54	219,3	2,1	1	204	244,9	246	2	1	–	90
180	226,5	–	241,7	2,1	1,1	191	–	274	2	1	220	160
	226,5	–	241,7	2,1	1,1	191	–	274	2	1	220	160
	226,5	–	241,7	2,1	1,1	191	–	274	2	1	220	160
	226,5	–	241,7	2,1	1,1	191	–	274	2	1	220	160
	239	60	234,8	2,1	1	214	262,6	264	2	1	–	117
190	249	60	244,8	2,1	1	224	272,6	274	2	1	–	122
200	264	66	259,9	2,1	1	236	291	292	2	1	–	157

<sup>1)</sup> Zur Berechnung der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101.

Super-precision bearing

SKF



# Axial-Radial- Zylinderrollenlager

<b>Lagerreihen und Ausführungsvarianten</b> . . . . .	<b>320</b>	<b>Produkttable</b>	
<b>Lagerdaten</b> . . . . .	<b>321</b>	<b>5.1 Axial-Radial-Zylinderrollenlager</b> . . . . .	<b>334</b>
(Hauptabmessungen, Toleranzen)			
<b>Vorspannung und Steifigkeit</b> . . . . .	<b>322</b>		
<b>Reibung</b> . . . . .	<b>322</b>		
<b>Schmierung</b> . . . . .	<b>324</b>		
<b>Gestaltung der Lagerungen</b> . . . . .	<b>324</b>		
<b>Tragfähigkeit</b> . . . . .	<b>327</b>		
<b>Äquivalente Lagerbelastungen</b> . . . . .	<b>327</b>		
<b>Zulässige Momentbelastung</b> . . . . .	<b>328</b>		
<b>Montage</b> . . . . .	<b>330</b>		
<b>Bezeichnungsschema</b> . . . . .	<b>333</b>		

## Weitere Informationen

Lebensdauer und Tragfähigkeit . . . . .	33
Erforderliche Mindestbelastung . . . . .	34
Grenzmaße für die Kantenabstände . . . . .	47
Werkstoff . . . . .	51
Gestaltung der Lagerungen . . . . .	57
Schmierung . . . . .	99
Montagehinweise . . . . .	123
Aufbewahren von Lagern . . . . .	125

Axial-Radial-Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“ werden häufig für Drehtische und Teilapparate bzw. Mehrspindelbohrköpfe von Bearbeitungszentren eingesetzt. SKF fertigt Axial-Radial-Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“ für Wellendurchmesser zwischen 80 und 850 mm an. Aufgrund Ihrer Innenkonstruktion und Ihrer Fertigung mit genauen Toleranzen können diese Lager einen besseren radialen Rundlauf als Toleranzklasse P4 und einen ungefähren axialen Rundlauf wie in P4 erzielen.

## Lagerreihen und Ausführungsvarianten

Axial-Radial-Zylinderrollenlager können radiale und axiale Belastungen in beiden Richtungen sowie Momentbelastungen aufnehmen, sowohl als Einzelkräfte und gleichzeitig wirkende Kräfte als auch in jeder denkbaren Kombination.

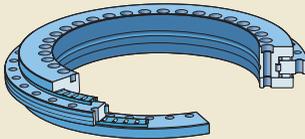
Diese Lager bestehen aus (→ Bild 1):

- zwei Axial-Rollenkränzen und einem vollrolligen Rollensatz,
- einem Innenring mit L-förmigem Querschnitt und zwei Laufbahnen. Eine Laufbahn nimmt den Axial-Rollenkranz auf und die andere den vollrolligen Rollensatz. Der Innenring hat Bohrungen für Befestigungsschrauben.
- Ein loser Bordring, der als Laufbahn für den zweiten Axial-Rollenkranz dient. Der Bordring wird von Transportschrauben am Innenring gehalten, die erst nach dem Einbau des Lagers zu entfernen sind. Der Bordring hat Bohrungen für Befestigungsschrauben.
- Einen Außenring mit drei Laufbahnen zur gleichzeitigen Aufnahme von Axial-Rollenkränzen und vollrolligem Rollensatz.

Die Lager werden serienmäßig ohne Schmierstoff ausgeliefert (kein Nachsetzzeichen), sind aber auch in geschmierter Ausführung erhältlich (Nachsetzzeichen G).

Lager ohne Schmierstoff sind über die Schmierbohrungen in den Lagerringen mit Fett oder Öl zu schmieren. Lager mit werksseitiger Schmierung werden mit Fett befüllt, das für die meisten Anwendungen oberhalb der normalen Lagerdrehzahl geeignet ist.

Bild 1



# Lagerdaten

Haupt-  
abmessungen

Nicht genormt

Toleranzen  
Weiterführende  
Informationen  
(→ Seite 47)

- mit den Toleranzen aus **Tabelle 1** gefertigt
- auf Anfrage mit verbessertem Rund- und Planlauf (50% enger)

Tabelle 1

## Toleranzen von Axial-Radial-Zylinderrollenlagern

### Innenring

d über	bis	$\Delta_{ds}$ ob.	unt.	$V_{dp}$ max.	$V_{dmp}$ max.	$\Delta_{Hs}$ ob.	unt.	$\Delta_{H1s}$ ob.	unt.	$K_{ia}$ max.	$S_i$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
50	80	0	-9	5	3,5	0	-175	25	-25	3	3
80	120	0	-10	6	4	0	-175	25	-25	3	3
120	150	0	-13	8	5	0	-175	30	-30	3	3
150	180	0	-13	8	5	0	-175	30	-30	4	4
180	250	0	-15	9	6	0	-200	30	-30	4	4
250	315	0	-18	11	8	0	-400	40	-40	6	6
315	400	0	-23	14	10	0	-400	50	-50	6	6
400	500	0	-27	17	12	0	-450	60	-60	6	6
500	630	0	-33	20	14	0	-500	75	-75	10	10
630	800	0	-40	24	16	0	-700	100	-100	10	10
800	1 000	0	-50	30	20	0	-850	120	-120	12	12

### Außenring

D über	bis	$\Delta_{Ds}$ ob.	unt.	$V_{Dp}$ max.	$V_{Dmp}$ max.	$K_{ea}$ max.	$S_e$ max.
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		
120	150	0	-11	7	5	Die Abmaße sind die gleichen wie für den zugehörigen Innenring.	
150	180	0	-13	8	5		
180	250	0	-15	8	6		
250	315	0	-18	10	7		
315	400	0	-20	11	8		
400	500	0	-23	14	9		
500	630	0	-28	17	11		
630	800	0	-35	20	13		
800	1 000	0	-45	26	17		
1 000	1 250	0	-55	34	20		

Toleranzsymbole und Definitionen → **Tabelle 4, Seite 48**

### Vorspannung und Steifigkeit

Aufgrund der großen Anzahl von Zylinderrollen in jeder Reihe (mit Linienberührung zwischen Rollen und Laufbahnen) kommt es im Lager bei Belastungen aus beliebiger Richtung zu einer minimalen elastischen Verformung.

Für maximale Steifigkeit werden die Rollen bei der Montage so kalibriert, dass hinterher zwischen den einzelnen Reihen eine Vorspannung entsteht. Eine angemessene Vorspannung verlängert die Lagergebrauchsdauer, erhöht die Steifigkeit sowie die Laufgenauigkeit und minimiert dabei das Laufgeräusch.

Aufgrund der intensiv kontrollierten Vorspannung kann die Steifigkeit in allen Richtungen als konstant betrachtet werden.

In Fällen, bei denen eine hohe Axiallast auf ein Axial-Radial-Zylinderrollenlager einwirkt, kann der belastete Rollensatz deformiert und so die Vorspannung am zweiten Axialrollensatz reduzieren werden. In extremen Fällen kann der zweite Axialrollensatz vollständig unbelastet werden, wodurch die Rollen aufgrund von Gleitbewegungen die Laufbahnen beschädigen bzw. den Käfig übermäßiger Beanspruchung aussetzen können. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Die Vorspannung für die Axialrollensätze und die Steifigkeitswerte sind zusammen mit der axialen Abhebekraft in **Tabelle 2** aufgelistet. Sie gelten für korrekt eingebaute Lager, deren Befestigungsschrauben mit dem empfohlenen Anzugsmoment (→ **Tabelle 7, Seite 332**) angezogen wurden.

### Reibung

Die Reibungsverluste in Axial-Radial-Zylinderrollenlagern hängen, genau wie bei anderen Rollenlagern, von mehreren Faktoren ab. Allgemeine Informationen enthält der Abschnitt *Reibung* (→ **Seite 37**).

Die Werte für das Reibmoment in **Tabelle 3** sind Durchschnittswerte, die bei Funktionstests ermittelt wurden. Sie sollten ausschließlich als Richtwerte gesehen werden. Die Tests wurden unter den folgenden Betriebsbedingungen durchgeführt:

- Schmierung: Schmierstoff, kinematische Ölviskosität 150 mm<sup>2</sup>/s bei 40 °C
- Drehzahl: 5 min<sup>-1</sup>
- Umgebungstemperatur: 30 bis 40 °C
- Befestigungsschrauben mit den empfohlenen Anzugsmomenten (→ **Tabelle 7, Seite 332**)

Tabelle 2

## Vorspannung und Steifigkeit

Lager	Axiale Vorspannung <sup>1)</sup>	Axiale Abhebekraft <sup>1)</sup>	Axiale Steifigkeit <sup>2)</sup>	Radiale Steifigkeit <sup>2)</sup>	Momentsteifigkeit <sup>2)</sup>
–	kN	kN	kN/μm	kN/μm	kNm/mrad
NRT 80 A	1,3	2,8	4,9	3,1	7
NRT 100 A	1,7	3,8	7,2	3,7	15
NRT 120 A	1,9	4,3	8,1	4,5	22
NRT 150 A	2,2	4,8	9	5,5	35
NRT 180 A	2,5	5,5	10,3	5,8	53
NRT 200 A	2,8	6,2	11,6	6,5	73
NRT 260 A	7,2	16	14,5	8,3	150
NRT 325 A	12	26	28,6	8,9	413
NRT 395 A	14	30	33,6	10,6	672
NRT 460 A	16	34	38,5	12,1	1 036
NRT 580 A	25	55	43,5	18,6	1 838
NRT 650 A	27	59	60	17,2	3 209
NRT 850 A	47	103	77	22,4	7 011

<sup>1)</sup> Diese Werte sind Durchschnittsangaben.

<sup>2)</sup> Die Steifigkeit hängt vom Rollensatz ab.

Tabelle 3

## Reibmoment

Lager Reibmoment  
 $C_{RL}$

–	Nm
NRT 80 A	3
NRT 100 A	3
NRT 120 A	6
NRT 150 A	12
NRT 180 A	13
NRT 200 A	14
NRT 260 A	25
NRT 325 A	45
NRT 395 A	55
NRT 460 A	70
NRT 580 A	140
NRT 650 A	200
NRT 850 A	300

Hierbei handelt es sich nur um Richtwerte.

## Schmierung

Ob für die Schmierung einer Anwendung Öl oder Fett verwendet werden soll, muss von der Drehzahl und der Betriebstemperatur abhängig gemacht werden. Bei Axial-Radial-Zylinderrollenlagern erfolgt die Schmierung in der Regel mit einer Ölbad- oder einer Ölumlaufschmierung. Schmierfett wird normalerweise nur bei Anwendungen mit niedrigeren Drehzahlen und Temperaturen eingesetzt.

Fett und Öl können über die Schmierbohrungen in den Lagerringen zugeführt werden. Beachten Sie bitte, dass durch eine zu starke Schmierung des Lagers übermäßige Reibungswärme entsteht, die die Betriebstemperatur des Lagers erhöht.

Die Eigenschaften des Standard-Schmierfetts in fettgeschmierten Axial-Radial-Zylinderrollenlagern (Nachsetzzeichen G) sind **Tabelle 4** zu entnehmen.

Zur Erzielung des geringsten Reibmoments und der niedrigsten Temperatur müssen Axial-Radial-Zylinderrollenlager korrekt eingelaufen werden. Zu einem typischen Einlaufverfahren gehört das einstündige Drehen des Lagers mit verschiedenen Drehzahlstufen: von zunächst ~ 15% der maximalen Betriebsdrehzahl und mit einer anschließenden Steigerung von jeweils 10%. Während der Einlaufphase darf die Betriebstemperatur des Lagers 70 °C nicht überschreiten.

Tabelle 4

Eigenschaften des Standard-Schmierfetts in fettgeschmierten Lagern (Nachsetzzeichen G)

Eigenschaften	Fetteigenschaften
Dickungsmittel	Lithium-Komplekseife
Grundöl	Mineralöl
NLGI-Konsistenzklasse	2
Temperaturbereich [°C]	-30 bis +140
Kinematische Viskosität [mm <sup>2</sup> /s]	
bei 40 °C	185
bei 100 °C	15

## Gestaltung der Lagerungen

### Empfohlene Wellen- und Gehäusepassungen

Bei Hochgenauigkeits-Axial-Radial-Zylinderrollenlagern der Reihe „Super-precision bearings“ sollten die Sitze in Gehäusen und auf Wellen gemäß den folgenden Toleranzklassen gefertigt werden:

- h5 für die Welle (→ **Tabelle 5**)
- J6 für die Gehäusebohrung (→ **Tabelle 6, Seite 326**)

### Genauigkeit von Lagersitzen und Anlageflächen

Ein Hochgenauigkeits-Axial-Radial-Zylinderrollenlager der Reihe „Super-precision bearings“ kann nur dann eine hohe Laufgenauigkeit und niedrige Betriebstemperaturen bieten, wenn seine Anschlussteile mit einem ähnlich hohen Präzisionsgrad gefertigt werden.

Empfehlungen für geometrische Toleranzen und Oberflächenrauheit sind in folgenden Abschnitten zu finden:

- **Tabelle 5** für die Welle
- **Tabelle 6, Seite 326** für das Gehäuse

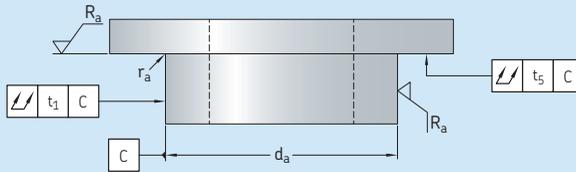
Bei Einhaltung der empfohlenen Toleranzen für Wellen- und Gehäusedurchmesser im Verhältnis zu den Toleranzen für Lagerbohrungs- und Außendurchmesser kommt es zu einer Übergangspassung mit Tendenz zum Spiel. In manchen Fällen kann jedoch entweder für den Innen- oder den Außenring des Lagers eine feste Passung entstehen. Ist dies der Fall, nimmt die Vorspannung am Radialrollensatz zu – ebenso wie die Kontaktbelastung, die Reibung und die Reibungswärme.

Zur Optimierung der Betriebsbedingungen und der Laufgenauigkeit von Anwendungen mit rotierendem Innenring, sollte die Passung zwischen Welle und Innenring lose sein und nahezu null betragen. Bei rotierendem Außenring sollte die Passung zwischen Außenring und Gehäuse nahezu null betragen.

Zur Erzielung dieser möglichst losen Passung an einer Welle bietet SKF Axial-Radial-Zylinderrollenlager mit Abnahmeprotokoll. Das Abnahmeprotokoll umfasst die gemessene Abweichung vom Nenndurchmesser der Innenringbohrung und die gemessene Abweichung von der Nennhöhe des Lagers sowie die gemessene Laufgenauigkeit.

Tabelle 5

## Geometrische Genauigkeit für Lagersitze auf Wellen



Wellendurchmesser		Toleranz			Gesamtrundlauf	Gesamtplanlauf	Oberflächenrauheit
$d_a$ über	bis	h5 ob.	unt.	$r_a$ max.	$t_1$ max.	$t_5$ max.	$R_a$ max.
mm		$\mu\text{m}$		mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
50	80	0	-13	0,2	3	3	0,8
80	120	0	-15	0,2	4	4	0,8
120	150	0	-18	0,2	5	5	0,8
150	180	0	-18	0,2	5	5	0,8
180	250	0	-20	0,2	7	7	0,8
250	315	0	-23	0,5	8	8	0,8
315	400	0	-25	0,5	9	9	0,8
400	500	0	-27	0,9	10	10	0,8
500	630	0	-32	0,9	11	11	0,8
630	800	0	-36	1,3	13	13	0,8
800	1 000	0	-40	1,3	15	15	0,8

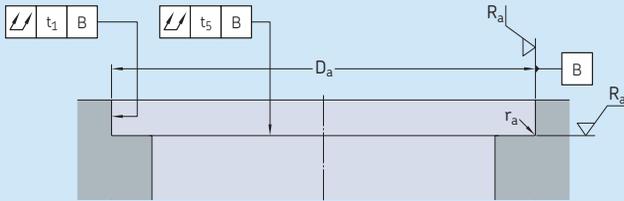
Oberflächenrauheit  $R_a$  gemäß ISO 1302

## Bohrungen für Befestigungsschrauben

Welle und Gehäuse von Axial-Radial-Zylinderrollenlagern müssen mit Gewindebohrungen für Befestigungsschrauben versehen sein. Ausführliche Informationen über Abstand und Gewindegröße entnehmen Sie bitte der Produktabelle (→ Seite 334). An den Halteschrauben und Demontagegewinden sind keine Befestigungsschrauben erforderlich.

Das Lager NRT 80 A ist mit je 12 Befestigungsschrauben an Innen- und Außenring zu befestigen. Bei diesem Lager befinden sich Halteschrauben und Demontagegewinde zwischen den Bohrungen für die Befestigungsschrauben, mit einem gleichmäßigen Abstand und einem Winkel von 120°.

Geometrische Genauigkeit für Gehäusesitze



Gehäusedurchmesser		Toleranz			Gesamtrundlauf	Gesamtplanlauf	Oberflächenrauheit
$D_a$ über	bis	J6 ob.	unt.	$r_a$ max.	$t_1$ max.	$t_5$ max.	$R_a$ max.
mm		$\mu\text{m}$		mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
120	150	18	-7	0,2	5	5	0,8
150	180	18	-7	0,5	5	5	0,8
180	250	22	-7	0,5	7	7	0,8
250	315	25	-7	0,5	8	8	0,8
315	400	29	-7	0,5	9	9	0,8
400	500	33	-7	0,5	10	10	0,8
500	630	34	-10	0,9	11	11	0,8
630	800	38	-12	0,9	13	13	0,8
800	1 000	44	-12	0,9	15	15	0,8
1 000	1 250	52	-14	1,3	18	18	0,8

Oberflächenrauheit  $R_a$  gemäß ISO 1302

## Tragfähigkeit

Axial-Radial-Zylinderrollenlager können radiale und axiale Belastungen in beiden Richtungen sowie Momentbelastungen aufnehmen, sowohl als Einzelkräfte und gleichzeitig wirkende Kräfte als auch in jeder denkbaren Kombination. Da das Lager vorgespannt wird und in der Regel zum Abstützen axialer und radialer Belastungen verwendet wird, welche versetzt bzw. exzentrisch zur Lagerachse wirken, lassen sich die äquivalenten Lagerbelastungen mit manuellen Verfahren nur näherungsweise ermitteln. Äquivalente Lagerbelastungen in radialer und axialer Richtung sind separat zu ermitteln. Davon ausgehend kann die Lebensdauer für die einzelnen Rollenreihen berechnet werden. Sollte eine genauere Analyse der Lagerbelastung und eine genauere Berechnung der Lebensdauer erforderlich sein, wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

Basistragzahlen sind in der Produkttabelle aufgelistet (→ **Seite 334**).

## Äquivalente Lagerbelastungen

Die äquivalente dynamische Lagerbelastung lässt sich folgendermaßen berechnen:

- für den Radialrollensatz mit Hilfe von  $P = F_r$
- für den Axialrollensatz mit Hilfe von  $P = F_a + 4,4 M/d_1$

Die äquivalente statische Lagerbelastung lässt sich folgendermaßen berechnen:

- für den Radialrollensatz mit Hilfe von  $P_0 = F_r$
- für den Axialrollensatz mit Hilfe von  $P_0 = F_a + 4,4 M/d_1$

Hierin sind

$P$  = die äquivalente dynamische Lagerbelastung [kN]

$P_0$  = die äquivalente statische Lagerbelastung [kN]

$d_1$  = der Außendurchmesser des Innenrings [mm] (→ **Produkttable, Seite 334**)

$F_a$  = die Axialbelastung [kN]

$F_r$  = die Radialbelastung [kN]

$M$  = die Momentbelastung [kNm]

# Zulässige Momentbelastung

Für Axial-Radial-Zylinderrollenlager gilt im Allgemeinen, dass sie sich langsam drehen, langsame Drehbewegungen ausführen oder im Stillstand Belastungen ausgesetzt sind. Unter diesen Bedingungen wird die maximal zulässige Momentbelastung durch die statische Belastungsgrenze eingeschränkt. Sie kann folgendermaßen ermittelt werden

$$M_{\text{perm}} = 0,23 d_1 (C_{0a}/s_0 - F_a)$$

Hierin sind

$M_{\text{perm}}$  = das zulässige Drehmoment [kNm]

$C_{0a}$  = die statische Tragzahl des Axialrollensatzes [kN]

(→ **Produkttable**, Seite 334)

$d_1$  = der Außendurchmesser des Innenrings [mm] (→ **Produkttable**)

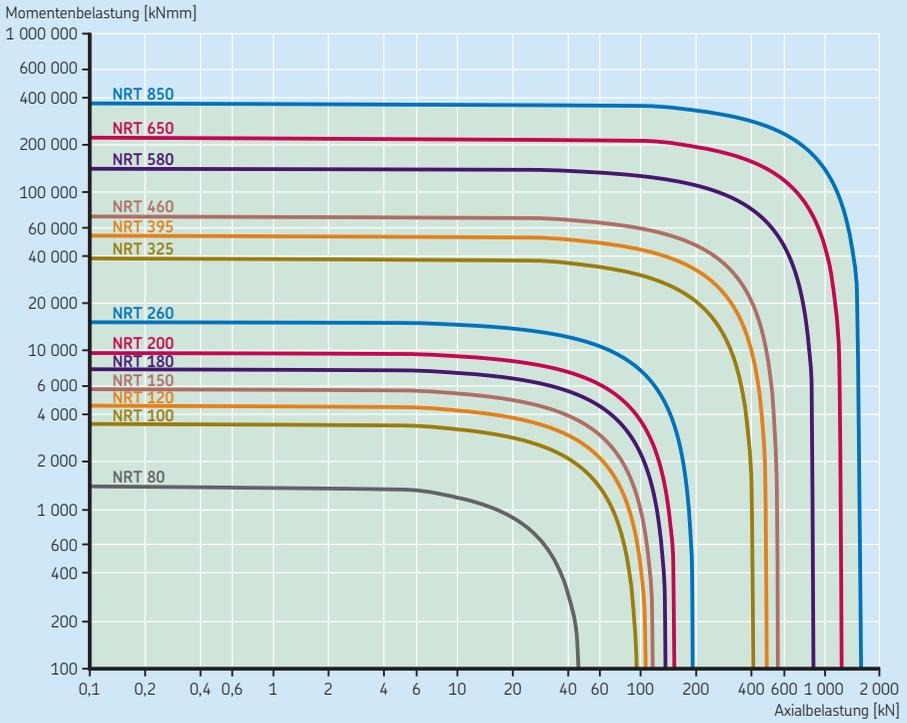
$F_a$  = die zentrisch wirkende Axialbelastung [kN]

$s_0$  = der Sicherheitsfaktor (→ *Zulässige statische Belastungen*, Seite 36)  
= 4

Bei häufig auftretender Rotation oder Schwingung kann die Lebensdauer die zulässige Momentbelastung einschränken. In solchen Fällen empfiehlt es sich jedoch, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Anhand von **Diagramm 1** lässt sich schnell prüfen, ob eine bestimmte Lagergröße bei überwiegend statischer Belastung geeignet ist.

Zulässige Momentbelastung – statische Grenzbelastung



5

# Montage

Axial-Radial-Zylinderrollenlager sind hochgenaue Maschinenelemente mit langer Gebrauchsdauer, vorausgesetzt sie werden ordnungsgemäß eingebaut und gewartet. Ordnungsgemäßer Einbau verlangt Sachkenntnis und Sorgfalt einen sauberen Arbeitsplatz sowie die richtigen Werkzeuge.

### Montageanleitung

Allgemeine Informationen zum Einbau von Lagern enthält der Abschnitt *Ein- und Ausbau* (→ **Seite 123**).

Beim Einbau eines Axial-Radial-Zylinderrollenlagers kann der Innenring frei liegend (→ **Bild 2**) oder gestützt sein (→ **Bild 3**). Bei Verwendung eines Stützrings sollte dieser den Innenring über seine gesamte Breite stützen. Der Stützring sollte etwa die doppelte Stärke des Flansches haben.

**WARNUNG:** Um die Beschädigungsgefahr für das Lager zu verringern, sollte keine Kraft über die Wälzkörper ausgeübt werden. Kräfte dürfen nur direkt über den einzubauenden Ring einwirken.

### Montage

- 1 Versehen Sie alle Passflächen an Welle und Innenring mit einem leichten Ölfilm.
- 2 Lösen Sie die Halteschrauben (mit denen das Lager beim Transport gesichert wird) um eine halbe Umdrehung.
- 3 Befestigen Sie das Lager an der Welle. Lösen Sie zunächst den Flansch und bringen Sie die Bohrungen für die Befestigungsschrauben am Lager mit den Gewindebohrungen an der Welle auf eine Linie. Diesen Vorgang können Sie mit einem Induktions-Anwärmgerät erleichtern und/oder durch Einführen eines Führungsbolzens in eine der Befestigungsbohrungen an der Welle. Die Anwärmtemperatur für Axial-Radial-Zylinderrollenlager sollte 80 °C nicht überschreiten.
- 4 Liegt das Lager (und evtl. der Stützring) erst einmal an der Wellenanlauffläche an und ist die Anordnung auf Umgebungstemperatur gebracht, sind die Befestigungsschrauben bei gleichzeitigem Drehen des Außenrings einzuführen und von Hand anzuziehen. Diese Vorgehensweise erleichtert das Ausrichten der Rollen und das Zentrieren der Innenringanordnung.

- 5 Ziehen Sie bei zentriertem Innenring nach und nach die Befestigungsschrauben an. Gehen Sie dabei in drei Schritten wechselweise über Kreuz vor (→ **Bild 4**): Ziehen Sie die Schrauben erst zu 35%, dann zu 70% und schließlich zu 100% des empfohlenen Anzugsmoments aus **Tabelle 7** (→ **Seite 332**) an.
- 6 Nach dem Befestigen des Lagers sind die Halteschrauben entweder mit dem empfohlenen Anzugsmoment anzuziehen oder komplett zu entfernen.
- 7 Eine ähnliche Vorgehensweise bietet sich auch für die Befestigung des Außenrings an. Versehen Sie alle Passflächen an Gehäuse und Außenring mit einem leichten Ölfilm.
- 8 Einpassen der Lager-/Wellenanordnung in das Gehäuse (→ **Bild 5**).
- 9 Führen Sie die Befestigungsschrauben bei gleichzeitigem Drehen der Lager-/Wellenanordnung ein und ziehen Sie sie von Hand an. Ziehen Sie die Befestigungsschrauben in drei Schritten wechselweise über Kreuz an (→ **Bild 6**), gemäß Schritt 5.

### Laufgenauigkeit und Reibung prüfen

Nach erfolgtem Einbau müssen die Laufgenauigkeit und die Reibung überprüft werden. Für Fälle mit besonders hoher Reibung gibt es drei mögliche Erklärungen:

- Die Anlageflächen wurden nicht gemäß der Spezifikation gefertigt.
- Die Befestigungsschrauben sind zu stark angezogen.
- Es ist zu viel Schmierstoff im Lager.

Zur Beseitigung eventueller Belastungen, die beim Einbau aufgetreten sein können, müssen Sie alle Befestigungsschrauben lösen und anschließend gemäß der oben beschriebenen Vorgehensweise in drei Schritten wechselweise über Kreuz wieder anziehen.

### Lagerung/Transport

Axial-Radial-Zylinderrollenlager sollten immer flach liegend gelagert werden.

Bild 2

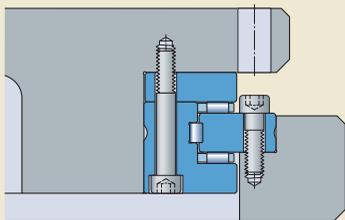


Bild 3

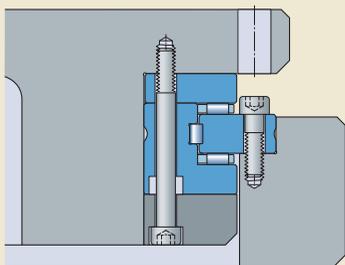


Bild 4

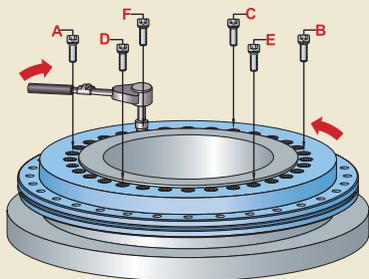


Bild 5

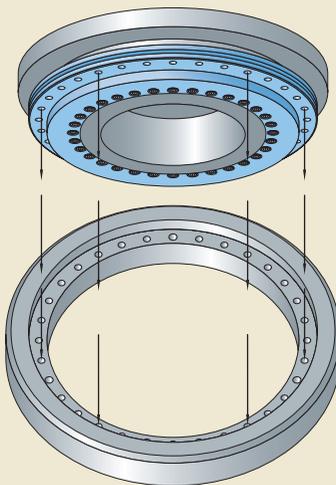


Bild 6

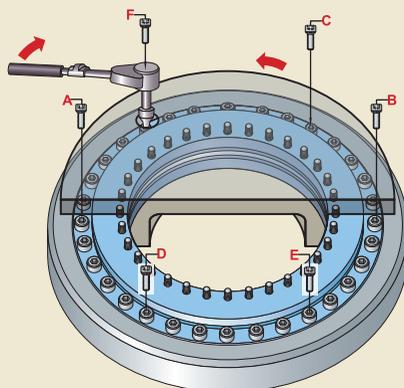


Tabelle 7

Empfohlenes Schraubenanzugsmoment

Lager	Anzugs- moment	Schraubengröße Qualität 10,9
–	Nm	–
NRT 80 A	4,5	M4
	8,5	M5
NRT 100 A	8,5	M5
NRT 120 A	14	M6
NRT 150 A	14	M6
NRT 180 A	14	M6
NRT 200 A	14	M6
NRT 260 A	34	M8
NRT 325 A	34	M8
NRT 395 A	34	M8
NRT 460 A	34	M8
NRT 580 A	68	M10
NRT 650 A	116	M12
NRT 850 A	284	M16

Ein stärkeres Drehmoment könnte die Lagervorspannung erhöhen und ist zu vermeiden.

# Bezeichnungsschema

Beispiel: NRT 260 A/G



**Lagerreihe**

NRT Axial-Radial-Zylinderrollenlager

**Lagergröße**

80 bis 850 Bohrungsdurchmesser [mm]

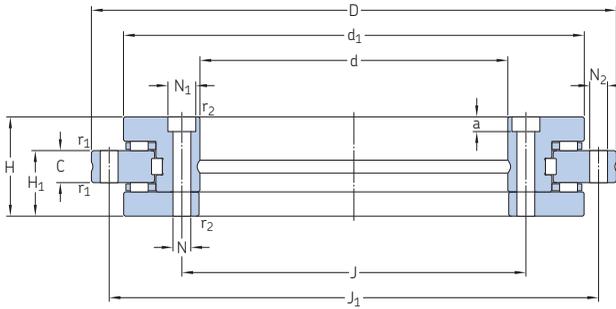
**Innere Konstruktion**

A Grundaussführung der Innenkonstruktion  
 B Modifizierte Innenkonstruktion

**Andere Merkmale**

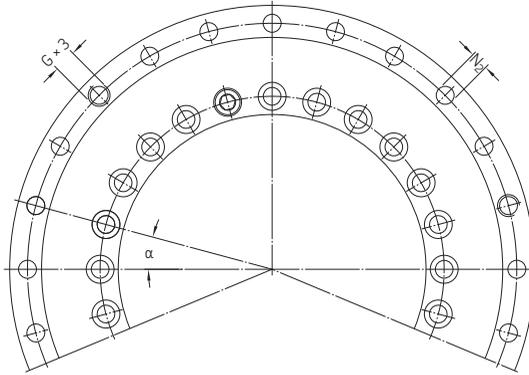
G Werkseitig geschmiertes Lager

## 5.1 Axial-Radial-Zylinderrollenlager d 80 – 850 mm



Hauptabmessungen					Tragzahlen		axial		Erreichbare		Gewicht	Geeg-	Kurz-			
d <sup>1)</sup>	D	H	H <sub>1</sub>	C	d <sub>1</sub>	r <sub>1</sub> min.	r <sub>2</sub> min.	radial dyn. C	stat. C <sub>0</sub>	dyn. C	stat. C <sub>0</sub>	Drehzahlen Fett- schmie- rung	Ölschmie- rung	netter Dreh- tisch	zeichen	
mm								kN				min <sup>-1</sup>	kg	mm	-	
80	146	35	23,35	12	130	0,3	0,3	55	102	37,5	200	350	700	2,4	200	NRT 80 A
100	185	38	25	12	160	0,6	0,3	58,3	116	68	390	280	560	4,1	260	NRT 100 A
120	210	40	26	12	184	0,6	0,3	64,4	140	72	440	230	460	5,3	315	NRT 120 A
150	240	40	26	12	214	0,6	0,3	67,1	160	75	480	210	420	6,2	350	NRT 150 A
180	280	43	29	15	244	0,6	0,3	89,7	236	80	560	190	380	7,7	400	NRT 180 A
200	300	45	30	15	274	0,6	0,3	93,5	270	85	630	170	340	9,7	500	NRT 200 A
260	385	55	36,5	18	345	0,6	0,6	108	355	95	780	130	260	18,5	630	NRT 260 A
325	450	60	40	20	415	0,6	0,6	134	450	153	1 660	110	220	25	700	NRT 325 A
395	525	65	42,5	20	486	1	1	147	530	166	1 960	90	180	33	800	NRT 395 A
460	600	70	46	22	560	1	1	201	765	180	2 240	80	160	45	1 000	NRT 460 A
580	750	90	60	30	700	1	1	229	965	285	3 550	60	120	89	1 250	NRT 580 A
650	870	122	78	34	800	1	1	413	1 600	365	5 000	55	110	170	1 450	NRT 650 A
850	1 095	124	80,5	37	1 018	1,5	1,5	473	2 120	415	6 400	40	80	253	1 800	NRT 850 A

<sup>1)</sup> Andere Wellendurchmesser auf Wunsch lieferbar. Wenden Sie sich bitte an Ihren SKF Ansprechpartner.



Befestigungsbohrungen Innenring				Außenring				Teilung		Befestigungsschrauben <sup>1)</sup>		
J	N	N <sub>1</sub>	a	Befestigungs- bohrungen Anz.	J <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Befestigungs- bohrungen Anz.	Ausbau- gewinde G	Ausbau- gewinde Anz.	nr. x α [°]	Größe	Anz.
mm				mm				-		-		
92	5,6	10 <sup>2)</sup>	4	12	3	138	4,6	12	M5	3	12 x 30	M5
112	5,6	10	5,4	16	2	170	5,6	15	M5	3	18 x 20	M5
135	7	11	6,2	22	2	195	7	21	M8	3	24 x 15	M6
165	7	11	6,2	34	2	225	7	33	M8	3	36 x 10	M6
194	7	11	6,2	46	2	260	7	45	M8	3	48 x 7,5	M6
215	7	11	6,2	46	2	285	7	45	M8	3	48 x 7,5	M6
280	9,3	15	8,2	34	2	365	9,3	33	M12	3	36 x 10	M8
342	9,3	15	8,2	34	2	430	9,3	33	M12	3	36 x 10	M8
415	9,3	15	8,2	46	2	505	9,3	45	M12	3	48 x 7,5	M8
482	9,3	15	8,2	46	2	580	9,3	45	M12	3	48 x 7,5	M8
610	11,4	18	11	46	2	720	11,4	42	M12	6	48 x 7,5	M10
680	14	20	13	46	2	830	14	42	M12	6	48 x 7,5	M12
890	18	26	17	58	2	1 055	18	54	M16	6	60 x 6	M16

<sup>1)</sup> In die lose Bordscheibe geschraubte Befestigungsschrauben.

<sup>2)</sup> Gefräste Schlitzte offen zur Lagerbohrung.

Super-precision bearing

SKF



# Axial-Schrägkugellager für Gewindetribe

<b>Lagerreihen und Ausführungsvarianten</b> . . . . .	<b>338</b>	<b>Axiale Belastbarkeit</b> . . . . .	<b>362</b>
Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager . . . . .	340	<b>Montage</b> . . . . .	<b>362</b>
Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager . . . . .	341	<b>Erreichbare Drehzahlen</b> . . . . .	<b>363</b>
Kartuschen mit Flanschlagergehäuse . . . . .	342	<b>Bezeichnungsschema</b> . . . . .	<b>364</b>
Kundenspezifische Lösungen . . . . .	342	<b>Produkttabellen</b>	
Käfige . . . . .	344	<b>6.1</b> Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager . . . . .	366
Abgedichtete Lager . . . . .	344	<b>6.2</b> Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager . . . . .	368
<b>Gestaltung der Lagerung</b> . . . . .	<b>346</b>	<b>6.3</b> Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager zum Anflanschen . . . . .	370
Lageranordnungen . . . . .	346	<b>6.4</b> Kartuschen mit Flanschlagergehäuse . . . . .	372
Loslager . . . . .	347		
Zugehörige Komponenten . . . . .	349		
Anwendungsbeispiele . . . . .	350		
<b>Kennzeichnung von Lagern</b> . . . . .	<b>352</b>		
<b>Lagerdaten</b> . . . . .	<b>353</b>		
(Hauptabmessungen, Toleranzen)			
<b>Lagervorspannung</b> . . . . .	<b>355</b>		
<b>Axiale Steifigkeit</b> . . . . .	<b>358</b>		
<b>Reibungsmoment</b> . . . . .	<b>360</b>		
<b>Abhebekraft</b> . . . . .	<b>360</b>		
<b>Tragfähigkeit von Lagersätzen</b> . . . . .	<b>361</b>		
<b>Äquivalente Lagerbelastungen</b> . . . . .	<b>361</b>		
Äquivalente dynamische Lagerbelastung . . . . .	361		
Äquivalente statische Lagerbelastung . . . . .	362		

## Weitere Informationen

Lebensdauer und Tragfähigkeit . . . . .	33
Erforderliche Mindestbelastung . . . . .	34
Grenzmaße für die Kantenabstände . . . . .	47
Werkstoff . . . . .	51
Gestaltung der Lagerungen . . . . .	57
Schmierung . . . . .	99
Montagehinweise . . . . .	123
Aufbewahren von Lagern . . . . .	125
Präzisions-Wellenmuttern . . . . .	375

Werkzeugmaschinen nutzen Gewindetriebe zur schnellen und genauen Ausrichtung der Werkstücke und Maschinenkomponenten. Um diese Anforderungen zu erfüllen, können Gewindetriebe an beiden Enden mit SKF Hochgenauigkeits-Axial-Schrägkugellagern der Reihe Super-precision unterstützt werden. Die Lager bieten einen hohen Grad an axialer Steifigkeit und Tragfähigkeit, nehmen hohe Drehzahlen und hohe Beschleunigungen auf und zeichnen sich durch eine hohe Laufgenauigkeit aus.

Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe sind sehr gut für Spindeltriebe geeignet. Sie sind aber auch in anderen Anwendungen vorteilhaft, in denen eine zuverlässige radiale und axiale Führung bei extrem genauer Axialführung der Welle gefordert wird.

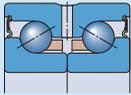
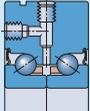
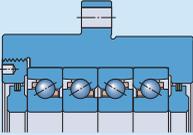
## Lagerreihen und Ausführungsvarianten

Das SKF Sortiment an Hochgenauigkeits-Axial-Schrägkugellagern der Reihe Super-precision für Gewindetriebe erfüllt praktisch alle Anforderungen, die an Stützlager für Gewindetriebe gestellt werden. SKF liefert drei Arten von Stützlagern:

- einseitig wirkende Lager
- zweiseitig wirkende Lager
- Kartuschen mit Flanschlagergehäuse

Axiale Steifigkeit, Tragfähigkeit, Laufgenauigkeit, Drehzahl und Reibungsmoment sind die wichtigsten Kriterien bei der Auswahl eines Lagers für Gewindetriebe. Weitere Kriterien sind die Momentsteifigkeit der Lageranordnung und die Unempfindlichkeit für Fluchtungsfehler. Die Montage- und Dichtungsanforderungen sind ebenfalls zu berücksichtigen. **Tabelle 1** zeigt, welche Kriterien von den einzelnen Lagerreihen erfüllt werden.

## Auswahlkriterien für Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe

Lagerart	Einseitig wirkende Lager	Zweiseitig wirkende Lager	Zweiseitig wirkende Lager zum Anflanschen	Kartuschen
				
Lagerreihe	BSA, BSD	BEAS	BEAM	FBSA

## Auswahlkriterien

Axiale Steifigkeit	++	+	+	++
Axiale Belastbarkeit	++	++	++	++
Laufgenauigkeit	++	++	++	++
Höheres Drehvermögen	++	+	+	+
Reibungsmoment	++	+	+	++
Flexibilität der Anordnung	+	o	o	++
Einfache Montage	o	+	++	++
Dichtungen	berührungsfreie Dichtungen (optional)	berührungsfreie oder berührende Dichtungen	berührungsfreie oder berührende Dichtungen	Lamellenringe

Symbole: ++ sehr gut + gut o geeignet

### Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

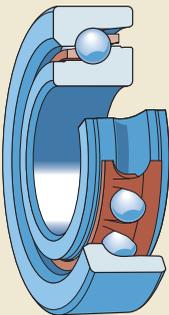
SKF liefert einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (→ Bild 1) in den Reihen BSA und BSD für Wellendurchmesser von 12 bis 75 mm. Die Lager sind selbsthaltend und haben einen Berührungswinkel von  $62^\circ$ . Der Übergangsradius zwischen Laufbahn und Schulter an beiden Ringen ist geschliffen. Dadurch werden Randspannungen um ca. 30% reduziert und die Lager können hohe Axiallasten und gelegentliche Überbelastungen besser aufnehmen als herkömmliche Bauformen.

Einseitig wirkende Lager nehmen Axialbelastungen in nur einer Richtung auf und werden daher gegen ein zweites Lager angestellt oder als Lagersätze eingebaut. Die Lager sind serienmäßig universell kombinierbar und können in Sätzen von bis zu vier Lagern montiert werden. Sie eignen sich für eine Vielzahl von Lageranordnungen und erreichen die Leistungsfähigkeit von zusammengepassten Lagersätzen. Durch eine besondere Wärmebehandlung wird eine konstante Lagervorspannung über die gesamte Gebrauchsdauer der Lager aufrechterhalten.

### Zusammengepasste Lagersätze

Einseitig wirkende Lager sind auf Anfrage als zusammengepasste Sätze lieferbar. Da sich die Standardlager universell kombinieren lassen, empfiehlt SKF, die Bestände zu reduzieren und nur einzelne Lager zu bestellen, um sie nach Bedarf in Sätzen anzuordnen.

Bild 1



## Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager wurden für Anwendungen entwickelt, in denen der Einbauraum begrenzt ist und ein einfacher Einbau gefordert wird. Zweiseitig wirkende SKF Lager sind serienmäßig geschmiert und abgedichtet. Diese einbaufertigen Lager sind in zwei Reihen erhältlich:

- zweiseitig wirkende Lager der Reihe BEAS (→ **Bild 2**), für Wellendurchmesser von 8 bis 30 mm
- zweiseitig wirkende Lager zum Anflanschen der Reihe BEAM (→ **Bild 3**), für Wellendurchmesser von 12 bis 60 mm

### Reihe BEAS

Die Bauform der BEAS Lager entspricht zwei einseitig wirkenden Lagern in O-Anordnung. Sie sind selbsthaltend und haben einen ungeteilten Außenring, einen zweiteiligen Innenring und einen Berührungswinkel von  $60^\circ$ . Die Lager nehmen Radiallasten auf sowie Axiallasten in beiden Richtungen. Die werkseitig eingestellte Vorspannung wird z. B. mithilfe einer Präzisionswellenmutter erzielt, mit der die Innenringhälften auf die Gewindetriebwelle geklemmt werden (→ **Präzisionswellenmuttern, Seite 375**).

BEAS Lager haben serienmäßig eine Umfangsnut und Schmierbohrungen im Außenring, können also schnell und einfach nachgeschmiert werden.

### Reihe BEAM

Lager der Reihe BEAM entsprechen in ihrer Konstruktion der Reihe BEAS, haben aber einen deutlich stärkeren Außenring und Bohrungen für Befestigungsschrauben. Die direkte Verschraubung mit dem Gegenstück vereinfacht die Lagerkonstruktion und den Einbau. M6-Gewindebohrungen für Schmiernippel an einer Seitenfläche bzw. auf der Außenseite ermöglichen das Nachschmieren. Die Bohrungen werden vor der Auslieferung mit Gewindestiften verschlossen. Die Seitenfläche mit der Gewindebohrung muss sich gegenüber der Maschinenwand befinden. Lager mit größeren Toleranzen (Nachsetzzeichen PE) haben keine Gewindebohrung auf der Außenseite und können nur über die Gewindebohrung in der Seitenfläche nachgeschmiert werden.

Lager der Reihe BEAM haben eine Umfangsnut auf der Außenseite, die beim Ausbau der Lager vom Sitz auf der Gewindetriebwelle genutzt werden kann.

Bild 2

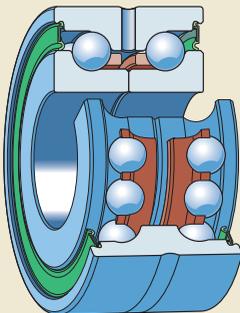
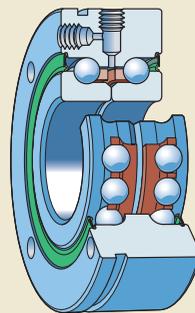


Bild 3



### Kartuschen mit Flanschlagergehäuse

Kartuschen der Reihe FBSA (→ **Bild 4**) lassen sich dank ihres Flanschlagergehäuses schnell und mühelos einbauen. Diese einbaufertigen Einheiten sind für Wellendurchmesser von 20 bis 60 mm erhältlich und enthalten einseitig wirkende SKF Axial-Schrägkugellager (→ **Seite 340**). Mit Ausnahme der geschliffenen Flächen sind die Einheiten brüniert.

Die Einheiten sind mit unterschiedlichen Lagerungen erhältlich (→ **Bild 5**):

- zwei Lager in O-Anordnung, Nachsetzzeichen DB
- zwei Lager in X-Anordnung, Nachsetzzeichen DF
- zwei Lagerpaare in Tandem- und O-Anordnung, Nachsetzzeichen QBC
- zwei Lagerpaare in Tandem- und X-Anordnung, Nachsetzzeichen QFC

Einheiten mit zwei Lagerpaaren sind auch mit dem Flansch am Ende der Kartusche erhältlich (Nachsetzzeichen A). Weitere Lageranordnungen sind auf Anforderung lieferbar.

Kartuschen sind mit einer SKF Präzisionswellenmutter auf der Gewindetriebwelle zu verspannen und an der Maschinenwand zu verschrauben (→ **Seite 375**).

### Kundenspezifische Lösungen

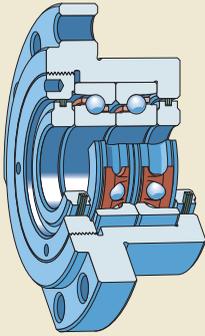
Das SKF Sortiment an Stützlagern eignet sich für eine Vielzahl an Anwendungsbedingungen. SKF stellt darüber hinaus angepasste Lösungen für besondere Anwendungen zur Verfügung. Mithilfe aufwändiger virtueller Tests und Modellierungsdienstleistungen unterstützen Sie die SKF Experten in allen Phasen der Produktentwicklung. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

#### Fettgeschmierte Lager

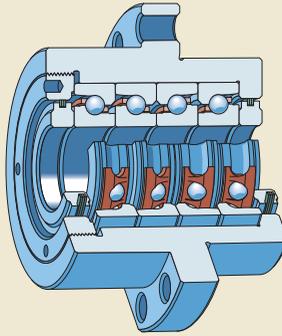
Offene, einseitig wirkende Lager sind auf Anfrage geschmiert lieferbar, mit dem Standardfett für abgedichtete Lager (Nachsetzzeichen GMM, → *Dichtungssysteme*, **Seite 344**).

Kundenspezifische Fette oder Füllmengen können ebenfalls angewandt werden, um die Anforderungen einer bestimmten Anwendung zu erfüllen.

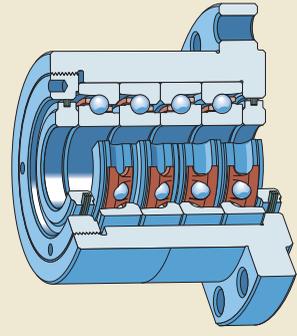
Bild 4



FBSA2../DB

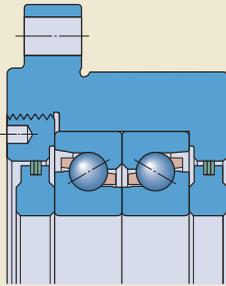


FBSA 2../QBC

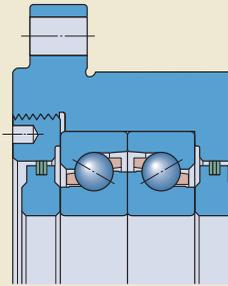


FBSA 2.. A/QBC

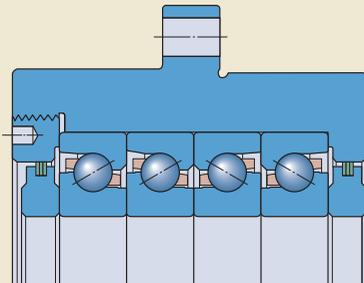
Bild 5



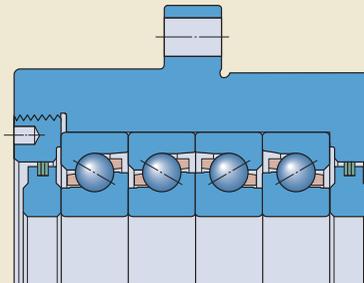
DB



DF



QBC



QFC

### Käfige

Je nach Lagerreihe sind Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe serienmäßig mit den nachstehend aufgeführten Käfigen erhältlich:

- Fensterkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid 66, kugelgeführt, kein Nachsetzzeichen
- Schnappkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid 66, kugelgeführt, kein Nachsetzzeichen

Diese robusten, äußerst leichten Käfige minimieren die Zentrifugalkräfte und sind für schnelles Beschleunigen und Abbremsen geeignet.

Weitere Hinweise zu den Werkstoffen finden Sie unter *Werkstoffe für Käfige* (→ **Seite 55**).

### Abgedichtete Lager

Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager sind mit einer beidseitigen, integrierten berührungsfreien Dichtung (Nachsetzzeichen 2RZ, (→ **Bild 6**) lieferbar. Die Dichtungen bilden einen extrem engen Dichtspalt mit der Innenringschulter, sodass die zulässige Höchstdrehzahl nicht herabgesetzt werden muss.

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager sind serienmäßig abgedichtet (→ **Bild 7**). Sie sind mit einer beidseitigen Berührungsdichtung (Nachsetzzeichen 2RS) oder berührungsfreien Dichtung (Nachsetzzeichen 2RZ) lieferbar. Berührungsfreie Dichtungen bilden einen extrem engen Dichtspalt mit der Innenringschulter, sodass die zulässige Höchstdrehzahl nicht herabgesetzt werden muss.

Die verschiedenen stahlblechverstärkten Dichtungen sind aus öl- und verschleißfestem Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR). Der Dichtungswerkstoff NBR lässt Betriebstemperaturen zwischen  $-40$  und  $+100$  °C zu. Kurzzeitig sind auch Temperaturen bis  $120$  °C zulässig. Weitere Hinweise zu den Werkstoffen finden Sie unter *Werkstoffe für Dichtungen* (→ **Seite 56**).

Um das Eindringen von Verunreinigungen und den Austritt von Schmierfett zu verhindern, sind die Kartuschen auf beiden Seiten mit schützenden Lamellenringen versehen (→ **Bild 8**). Diese Dichtungen haben keine beschränkende Wirkung auf die Betriebsdrehzahl einseitig wirkender Axial-Schrägkugellager innerhalb der Einheit.

Abgedichtete Lager werden serienmäßig vorgeschmiert: mit einem niedrigviskosen Premiumfett mit einem Dickungsmittel aus Lithiumseife und entweder einem Ester/PAO-Grundöl (bei einseitig wirkenden Lagern und Kartuschen) oder einem Ester-Grundöl (bei zweiseitig wirkenden Lagern). Die Fettmenge nimmt ca. 25 bis 35% des Lagers in Anspruch. Der Temperaturbereich für die Schmierfette ist:

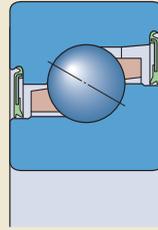
- $-40$  bis  $+120$  °C für einseitig wirkende Lager
- $-55$  bis  $+110$  °C für zweiseitig wirkende Lager

Unter normalen Betriebsbedingungen hält die Erstfüllung länger als das Lager. Wenn zweiseitig wirkende Lager hohe Belastungen aufnehmen und über längere Zeiträume bei hohen Drehzahlen laufen müssen, kann Nachschmieren erforderlich sein. Beim Nachschmieren sollte das Fett langsam aufgetragen werden, während sich das

Lager bei normaler Betriebstemperatur dreht. Starken Druck vermeiden, um die Dichtungen nicht zu beschädigen.

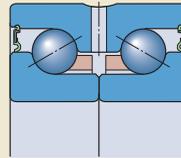
Abgedichtete Lager dürfen deshalb vor dem Einbau nicht über 80 °C erwärmt oder ausgewaschen werden. Wenn ein abgedichtetes Lager für den Einbau angewärmt werden muss, ist ein Induktions-Anwärmgerät zu verwenden und das Lager nach dem Anwärmen sofort einzubauen.

Bild 6

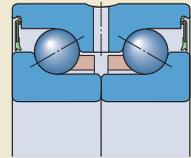


2RZ

Bild 7

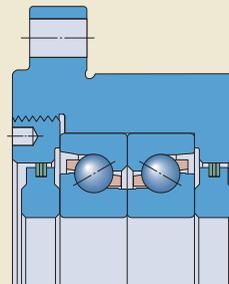


2RS



2RZ

Bild 8



# Gestaltung der Lagerung

Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe ermöglichen flexible Lageranordnungen. Die Lager sind universell kombinierbar für den Einbau als Sätze von maximal vier Lagern.

Universallager für den satzweisen Einbau werden bereits bei der Fertigung so aufeinander abgestimmt, dass bei beliebiger Lageranordnung unmittelbar nebeneinander eine Vorspannung in einem festgelegten Bereich und eine effektive Lastverteilung sichergestellt sind, ohne dass Passscheiben benötigt werden. Die Toleranzen für Bohrung, Außendurchmesser und Radialschlag sind sehr eng.

# Lageranordnungen

## Lagersatz in O-Anordnung

Bei Lagern in O-Anordnung (→ **Bild 9**) laufen die Berührungslinien entlang der Lagerachse auseinander. Axialbelastungen werden in beiden Richtungen, aber jeweils nur von einem Lager bzw. Lagersatz aufgenommen.

Lager in O-Anordnung ergeben eine relativ starre Lagerung. Dank des großen Abstands zwischen den wirksamen Lagermitten eignet sich diese Anordnung besonders gut für das Aufnehmen von Momentbelastungen.

## Lagersatz in X-Anordnung

Bei Lagern in X-Anordnung (→ **Bild 10**) laufen die Berührungslinien entlang der Lagerachse aufeinander zu. Axialbelastungen werden in beiden Richtungen, aber jeweils nur von einem Lager bzw. Lagersatz aufgenommen.

Durch den kürzeren Abstand zwischen den effektiven Lagermitten sind X-Anordnungen weniger für die Aufnahme von Momentbelastungen geeignet als Lager in einer O-Anordnung.

## Lagersätze in Tandem-Anordnung

Tandem-Anordnungen bieten eine erhöhte axiale und radiale Tragfähigkeit als Einzellager. Bei der Tandem-Anordnung (→ **Bild 11**) verlaufen die Berührungslinien parallel zueinander. Die Axial- und Radialbelastung verteilt sich auf beide Lager.

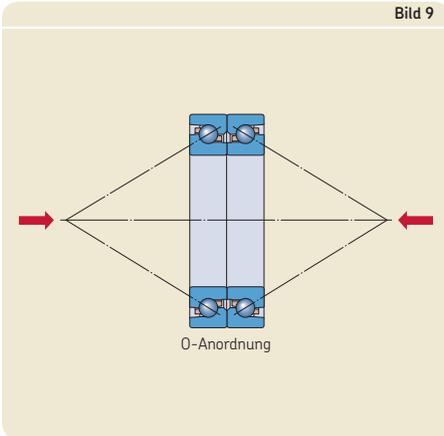
Der Lagersatz kann nur einseitig wirkende Axialbelastungen aufnehmen. Bei beidseitig wirkenden Axialbelastungen bzw. bei kombinierten Belastungen müssen weitere Lager hinzugefügt und gegen die Tandem-Anordnung angestellt werden.

## Beispiele

Universell kombinierbare, einseitig wirkende Lager können, je nach geforderter Steifigkeit und auftretender Axialbelastung, in einer Vielzahl unterschiedlicher Anordnungen eingebaut werden. Die möglichen Anordnungen, einschließlich der Nachsetzzeichen für zusammengepasste Lagersätze, sind in **Bild 12** (→ **Seite 348**) angegeben.

Können Fluchtungsfehler zwischen den Lagern nicht vermieden werden, sind Lagerungen in X-Anordnung zu verwenden. Sie sind

Bild 9



weniger empfindlich für Schiefstellungen als Lager in einer O-Anordnung.

Kombinationen aus Tandem-Anordnungen und O- oder X-Anordnungen werden gewählt, wenn die Steifigkeit oder Tragfähigkeit eines Lagersatzes in einer bestimmten Richtung maximiert werden soll. Das ist zum Beispiel der Fall bei verlängerten, vorgespannten, senkrecht oder fliegend angeordneten Gewindetrieben.

### Loslager

Wenn die Temperaturunterschiede zwischen Gewindtrieb und Maschinenbett ein Loslager erfordern, empfehlen sich u.a. Nadellager. In diesem Fall wird das Lager nur vom Antriebsge-  
wicht belastet. Weiterführende Informationen über Nadellager finden Sie unter [skf.com](http://skf.com).

Bild 10

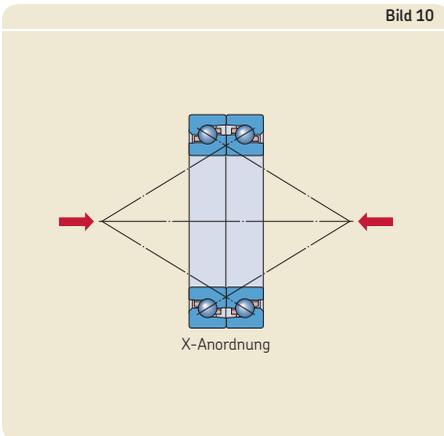
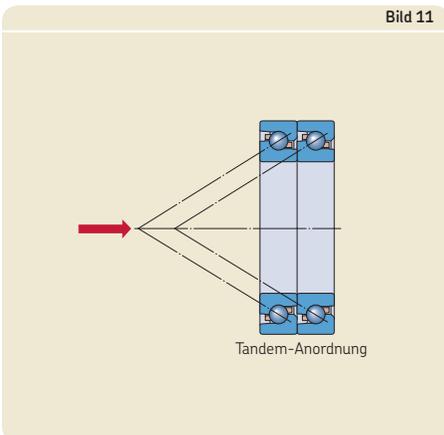


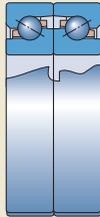
Bild 11



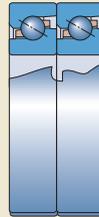
Lagersätze mit 2 Lagern



Lagerpaare in O-Anordnung  
Nachsetzzeichen DB

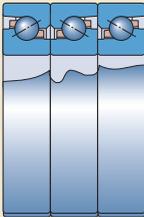


Lagerpaare in X-Anordnung  
Nachsetzzeichen DF

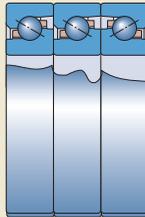


Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen DT

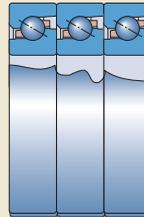
Lagersätze mit 3 Lagern



Tandem-O-Anordnung  
Nachsetzzeichen TBT

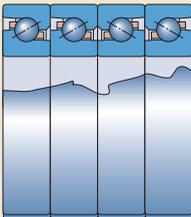


Tandem-X-Anordnung  
Nachsetzzeichen TFT

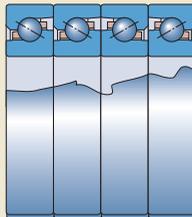


Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen TT

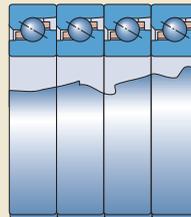
Lagersätze mit 4 Lagern



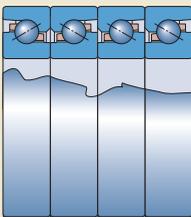
Tandem-O-Tandem-  
Anordnung  
Nachsetzzeichen QBC



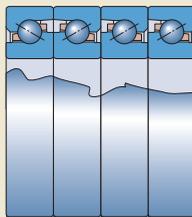
Tandem-X-Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen QFC



Tandem-Anordnung  
Nachsetzzeichen QT



Tandem-O-Anordnung  
Nachsetzzeichen QBT



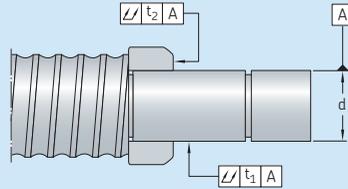
Tandem-X-Anordnung  
Nachsetzzeichen QFT

### Zugehörige Komponenten

Ihre spezifizierte Laufgenauigkeit erreichen Hochgenauigkeits-Axial-Schrägkugellager der Reihe Super-precision nur bei maßgenauen Anschlussteilen. Die Maß- und Formabweichungen dürfen nur minimal sein. Die Lagersitze auf der Welle und im Gehäuse müssen die in den **Tabellen 2 bis 4** empfohlenen Toleranzen einhalten.

Tabelle 2

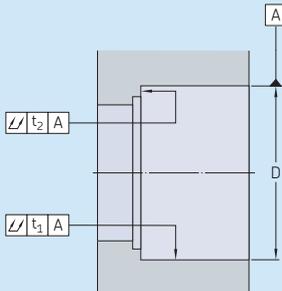
#### Geometrische Genauigkeit von Lagersitzen auf Wellen



Wellendurchmesser d		Toleranz h4 <sup>Ⓔ</sup>		Gesamt- rundlauf t <sub>1</sub> max.	Gesamt- planlauf t <sub>2</sub> max.
über	bis	ob.	unt.		
mm		μm		μm	μm
10	18	0	-5	2	2
18	30	0	-6	2,5	2,5
30	50	0	-7	2,5	2,5
50	80	0	-8	3	3

Tabelle 3

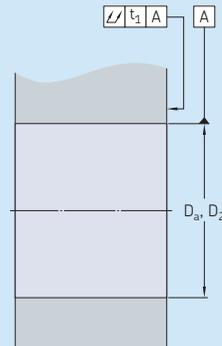
#### Geometrische Genauigkeit von Lagersitzen in Gehäusen



Gehäusedurchmesser D		Toleranz H5 <sup>Ⓔ</sup>		Gesamt- rundlauf t <sub>1</sub> max.	Gesamt- planlauf t <sub>2</sub> max.
über	bis	ob.	unt.		
mm		μm		μm	μm
-	50	11	0	2,5	4
50	80	13	0	3	5
80	120	15	0	4	6
120	150	18	0	5	8

Tabelle 4

#### Geometrische Genauigkeit der Gehäusebohrung und der Seitenflächen für Lager zum Anflanschen und für Kartuschen



Gehäusebohrung D <sub>a</sub> , D <sub>2</sub>		Toleranz H6 <sup>Ⓔ</sup>		Gesamtplanlauf t <sub>1</sub> max.
über	bis	ob.	unt.	
mm		μm		μm
50	80	19	0	5
80	120	22	0	6
120	150	25	0	8

### Anwendungsbeispiele

Gewindetriebe werden meist beidseitig von Lagersätzen in O- oder X-Anordnung geführt (→ Bild 13). Mit universell kombinierbaren, einseitig wirkenden Lagern lässt sich die Anordnung an die Anwendung anpassen. Abgedichtete Lager (→ Bild 14) bieten zusätzliche Vorteile: Es müssen weniger Komponenten installiert werden, das Lager wird vor Verunreinigungen geschützt, und es ist kein zusätzlicher Schmierstoff erforderlich.

Bei kurzen Gewindetriebe reicht meist eine fliegend angeordnete Lagerung an einem Ende aus (→ Bild 15). Dafür sind O-Anordnungen am besten geeignet.

Zweiseitig wirkende Lager (→ Bild 16) ermöglichen eine weitere Verringerung der Komponentenanzahl. Lager zum Anflanschen (→ Bild 17) erfordern kein Gehäuse und lassen sich einfach einbauen.

Für verlängerte Gewindetriebe lassen sich besonders steife Lageranordnungen planen: Die Welle wird an beiden Enden von Tandem-Anordnungen getragen, die gegeneinander angestellt sind.

Für diese Gewindetriebkonstruktionen empfehlen sich Kartuschen mit Flanschlagerrgehäuse (→ Bild 18).

Bild 14

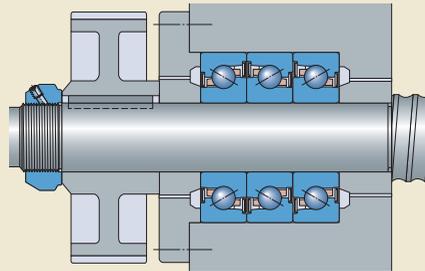


Bild 13

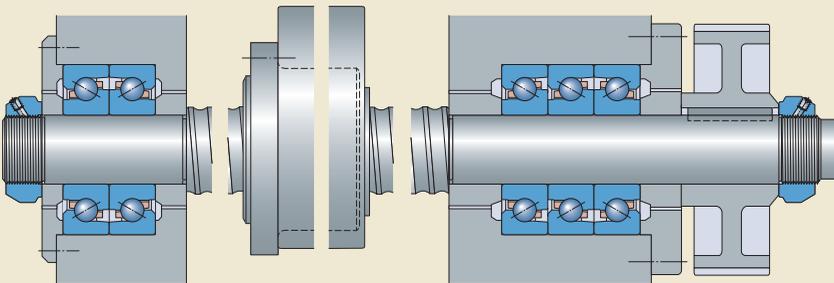


Bild 15

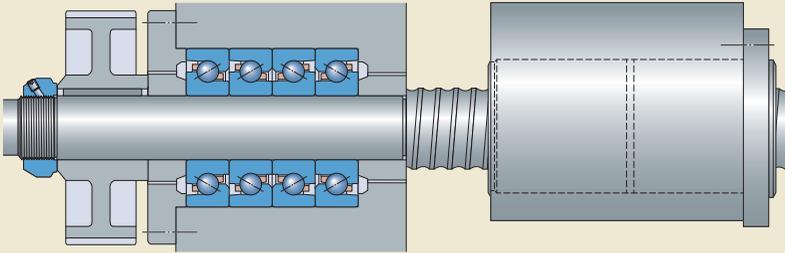


Bild 16

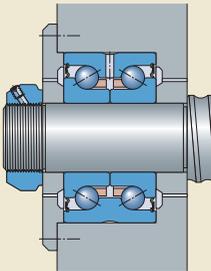


Bild 17

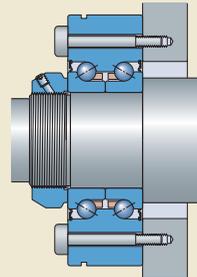
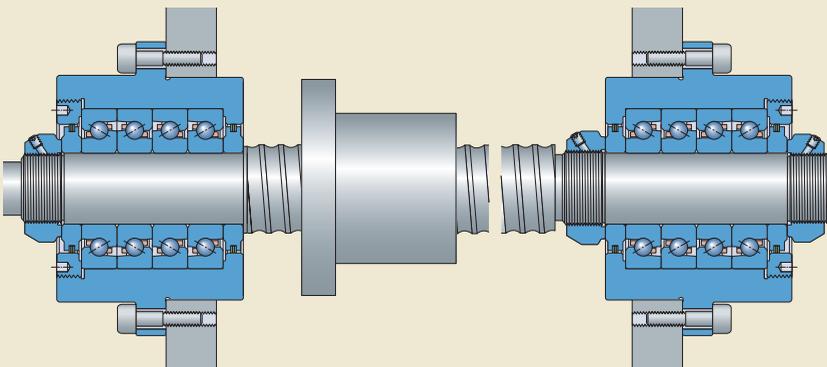


Bild 18



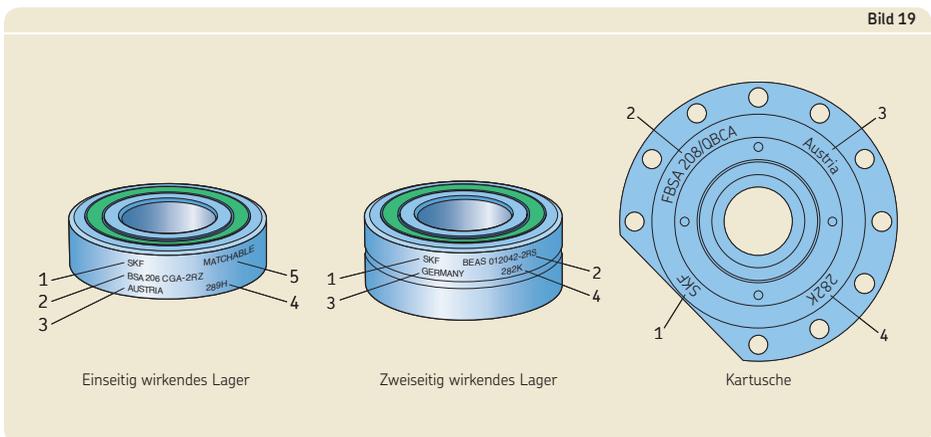
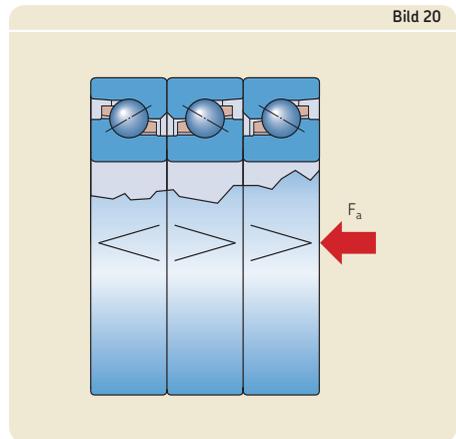
## Kennzeichnung von Lagern

Alle Hochgenauigkeits-Axial-Schrägkugellager der Reihe Super-precision und Kartuschen sind mit verschiedenen Markierungen an den Außenflächen gekennzeichnet (→ Bild 19):

- 1 SKF Marke
- 2 Komplette Lager-/Einheitsbezeichnung (Kurzzeichen)
- 3 Herstellungsland
- 4 Herstellungsdatum (kodiert)
- 5 Aufschrift MATCHABLE (nur bei einseitig wirkenden Lagern)

### „V-Zeichen“

Eine V-förmige Markierung an der Außenfläche der Außenringe von einseitig wirkenden Universallagern für den satzweisen Einbau gibt an, wie der Lagersatz im Verhältnis zur Axialbelastung montiert werden soll. Das „V“ zeigt auf die Innenring-Stirnseite, die die Axialbelastung aufnehmen kann. Bei Lagersätzen sollte die große Innenring-Stirnseite des äußeren Lagers die Axialbelastung aufnehmen und so montiert werden, dass das „V“ in die gegenüberliegende Richtung der Axialbelastung zeigt (→ Bild 20). Wenn in beiden Richtungen Axialbelastungen auftreten, die von X- oder O-Anordnungen unterstützt werden, sollte die Innenring-Stirnseite des äußeren Lagers, auf die die meisten V-Zeichen zeigen, die höhere der axialen Belastungen aufnehmen.



## Lagerdaten

	Einseitig wirkende Lager	Zweiseitig wirkende Lager	Kartuschen
<b>Hauptabmessungen</b>	ISO 15, nur für die Reihen BSA 2 und BSA 3, die mit den ISO-Maßreihen 02 bzw. 03 übereinstimmen Lager der Reihe BSD entsprechen teilweise den ISO-Maßreihen	Nicht genormt	Nicht genormt
<b>Toleranzen</b>  Weiterführende Informationen (→ Seite 47)	Maßgenauigkeit P4 Laufgenauigkeit P2 Werte: ISO 492 (→ <b>Tabelle 5, Seite 354</b> ) Die Werte gelten für Einzellager. Bei zusammengepassten Lagersätzen beträgt der Axialschlag meist weniger als 2,5 µm, sofern die Lagersitze präzise geschliffen und die Lager ordnungsgemäß eingebaut sind.	Laufgenauigkeit P4 Werte: ISO 492 (→ <b>Tabelle 5, Seite 354</b> ) Maßgenauigkeit Werte: → <b>Tabelle 5, Seite 354</b>	Werte: → <b>Tabelle 6, Seite 354</b>

Tabelle 5

Toleranzen von ein- und zweiseitig wirkenden Lagern

Innenring und Lagerbauhöhe

d		Einseitig wirkende Lager				Zweiseitig wirkende Lager				S <sub>ia</sub> max.	
über	bis	$\Delta_{ds}, \Delta_{dmp}$		$\Delta_{Ts}$		$\Delta_{ds}, \Delta_{dmp}$		$\Delta_{Bs}$			
		ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.		
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	
10	18	0	-4	0	-80	1,5	0	-5	0	-250	2
18	25	0	-4	0	-120	2,5	0	-5	0	-250	2
25	30	0	-4	0	-120	2,5	0	-5	0	-250	2,5
30	50	0	-5	0	-120	2,5	0	-5	0	-250	2,5
50	60	0	-5	0	-120	2,5	0	-8	0	-250	2,5
60	80	0	-5	0	-120	2,5	0	-8	0	-250	3

Außenring

D		Einseitig wirkende Lager			Zweiseitig wirkende Lager				S <sub>ea</sub> max.
über	bis	$\Delta_{Ds}, \Delta_{Dmp}$		S <sub>ea</sub> max.	$\Delta_{Ds}, \Delta_{Dmp}$		$\Delta_{Cs}$		
		ob.	unt.		ob.	unt.	ob.	unt.	
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$
30	50	0	-5	2,5	0	-10	0	-250	8
50	80	0	-6	4	0	-10	0	-250	10
80	110	0	-6	5	0	-10	0	-250	11
110	120	0	-6	5	0	-15	0	-250	11
120	150	0	-7	5	0	-15	0	-250	13

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

Tabelle 6

Toleranzen von Kartuschen

d		$\Delta_{ds}, \Delta_{dmp}$		$\Delta_{D2}$		$\Delta_{Ts}$		S <sub>ia</sub> <sup>1)</sup> max.
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	
mm		$\mu\text{m}$		$\mu\text{m}$		mm		$\mu\text{m}$
18	30	0	-4	0	-13	0	-1,5	2,5
30	50	0	-5	0	-15	0	-1,5	2,5
50	60	0	-5	0	-18	0	-1,5	2,5

Toleranzsymbole und Definitionen → Tabelle 4, Seite 48

<sup>1)</sup> Axialschlag des Einzellagers. Die Rechtwinkligkeitstoleranz der Borde zum Gehäusesitzdurchmesser D<sub>2</sub> beträgt je nach Größe 5 bis 10  $\mu\text{m}$ .

# Lagervorspannung

## Einseitig wirkende Lager

Ein einzelnes einseitig wirkendes Axial-Schrägkugellager kann erst vorgespannt werden, wenn ein zweites Lager die Festsetzung in entgegengesetzter Richtung übernimmt

Einseitig wirkende SKF Lager sind serienmäßig universell kombinierbar und werden mit zwei verschiedenen Vorspannungsklassen gefertigt:

- Klasse A, leichte Vorspannung
- Klasse B, mittlere Vorspannung

Der Grad der Vorspannung hängt von mehreren Faktoren ab und gilt für Lagersätze in O- oder X-Anordnungen. Die Vorspannungen sind nicht genormt und in **Tabelle 7 (→ Seite 356)** angegeben. Die Passungen sowie die Betriebsbedingungen sind in den Angaben nicht berücksichtigt.

Auf Wunsch sind auch Lagersätze mit nicht-serienmäßigen Vorspannungen lieferbar. Diese Lager erkennt man am Nachsetzzeichen G mit einer anschließenden Zahl. Die Zahl steht für den Vorspannungswert des Satzes in daN.

Sätze aus drei oder vier Lagern haben eine höhere Vorspannung als Sätze aus zwei Lagern. Die Vorspannung eines Lagersatzes wird durch Multiplikation des in **Tabelle 7** angegebenen Werts mit einem Faktor in **Tabelle 8 (→ Seite 356)** berechnet.

## Zweiseitig wirkende Lager

Die Vorspannungswerte für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager sind nicht genormt und in **Tabelle 9 (→ Seite 357)** angegeben. Die Passungen sowie die Betriebsbedingungen sind in den Angaben nicht berücksichtigt.

Auf Wunsch sind auch Lager mit anderen Vorspannungen lieferbar.

## Kartuschen

Die Kartuschen enthalten einseitig wirkende Lager mit der serienmäßigen Vorspannungsklasse A oder B (→ **Tabelle 7, Seite 356**). Auf Wunsch sind auch Einheiten lieferbar, die Lager mit nicht-serienmäßigen Vorspannungen enthalten. Lagersätze ohne serienmäßige Vorspannung sind mit dem Nachsetzzeichen G, gefolgt von einer Zahl, gekennzeichnet. Die Zahl steht für den Vorspannungswert des Satzes in daN.

Tabelle 7

**Axiale Vorspannung, axiale Steifigkeit, Reibungsmoment und maximale Axialbelastung einseitig wirkender Lager**

Kurzzeichen	Axiale Vorspannung für Vorspannungsklasse		Axiale Steifigkeit für Vorspannungsklasse		Reibungsmoment für Vorspannungsklasse		Maximale Axialbelastung
	A	B	A	B	A	B	
–	N		N/μm		Nm		kN
BSA 201	650	1 300	400	510	0,016	0,028	6,25
BSA 202	770	1 540	460	580	0,022	0,038	8,5
BSA 203	1 040	2 080	550	700	0,04	0,072	10,3
BSA 204	1 480	2 960	680	860	0,05	0,091	14,5
BSA 205	1 580	3 160	725	925	0,069	0,12	18
BSA 206	2 150	4 300	870	1 110	0,12	0,21	22,6
BSA 207	2 950	5 900	1 080	1 370	0,18	0,32	29,6
BSA 208	3 400	6 800	1 130	1 440	0,212	0,46	37,9
BSA 209	3 750	7 500	1 290	1 640	0,23	0,52	40,2
BSA 210	4 100	8 200	1 410	1 800	0,31	0,68	42,5
BSA 212	6 050	12 100	1 640	2 080	0,54	1,05	65
BSA 215	6 850	13 700	1 870	2 380	0,65	1,4	76
BSA 305	2 150	4 300	870	1 110	0,12	0,2	22,6
BSA 306	3 000	6 000	1 010	1 280	0,175	0,32	46
BSA 307	4 100	8 200	1 120	1 430	0,26	0,46	65
BSA 308	5 100	10 200	1 340	1 710	0,35	0,62	78,2
BSD 2047	1 480	2 960	680	860	0,05	0,091	14,5
BSD 2562	2 150	4 300	870	1 110	0,115	0,21	22,6
BSD 3062	2 150	4 300	870	1 110	0,125	0,215	22,6
BSD 3572	2 950	5 900	1 080	1 370	0,18	0,32	29,6
BSD 4072	2 950	5 900	1 080	1 370	0,18	0,32	29,6
BSD 4090	5 100	10 200	1 340	1 710	0,35	0,61	78,2
BSD 4575	2 900	5 800	1 180	1 500	0,25	0,41	40,2
BSD 45100	5 850	11 700	1 470	1 870	0,5	0,97	107,4
BSD 50100	6 200	12 400	1 550	1 970	0,52	0,97	107,4
BSD 55100	6 200	12 400	1 550	1 970	0,52	0,97	107,4
BSD 55120	7 300	14 600	1 800	2 300	0,72	1,26	130
BSD 60120	7 300	14 600	1 800	2 300	0,72	1,26	130

Tabelle 8

**Beiwerte zur Berechnung der Vorspannung und des Reibungsmoments in einem Lagersatz**

Anzahl der Lager	Anordnung	Nachsetzzeichen	Faktor
3	Tandem-O-Tandem-Anordnung	TBT	1,35
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	TFT	1,35
4	Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBT	1,55
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFT	1,55
	Tandem-O-Anordnung	QBC	2
	Tandem-X-Anordnung	QFC	2

Tabelle 9

## Axiale Vorspannung, Steifigkeit und Reibungsmoment zweiseitig wirkender Lager

Kurzzeichen	Axiale Vorspannung	Steifigkeit		Reibungsmoment <sup>1)</sup>
		Axial	Moment	
–	N	N/μm	Nm/mrad	Nm
BEAS 008032	300	250	20	0,08
BEAS 012042	600	350	80	0,16
BEAS 015045	650	400	65	0,2
BEAS 017047	720	420	80	0,24
BEAS 020052	1 650	650	150	0,3
BEAS 025057	1 920	770	200	0,4
BEAS 030062	2 170	870	300	0,5
BEAM 012055	600	350	80	0,16
BEAM 017062	720	420	80	0,24
BEAM 020068	1 650	650	150	0,3
BEAM 025075	1 920	770	200	0,4
BEAM 030080	2 170	870	300	0,5
BEAM 030100	3 900	950	470	0,8
BEAM 035090	2 250	900	400	0,6
BEAM 040100	2 550	1 000	570	0,7
BEAM 040115	4 750	1 150	720	1,3
BEAM 050115	3 100	1 250	1 000	0,69
BEAM 050140	5 720	1 350	1 500	2,6
BEAM 060145	4 700	1 400	1 750	2

<sup>1)</sup> Die Richtwerte gelten für Lager mit Berührungsdichtungen (Nachsetzzeichen 2RS). Für Lager mit berührungsfreien Dichtungen (Nachsetzzeichen 2RZ) beträgt das Reibungsmoment 50% der o. g. Werte.

## Axiale Steifigkeit

### Einseitig wirkende Lager

Die Werte für die axiale Steifigkeit einseitig wirkender Lager sind in **Tabelle 7** (→ **Seite 356**) angegeben. Die Werte gelten für nicht eingebaute Sätze aus zwei Lagern in O- oder X-Anordnung.

Lagersätze aus drei oder vier Lagern sind axial steifer als Sätze aus zwei Lagern. Die axiale Steifigkeit eines Lagersatzes wird durch Multiplikation des in **Tabelle 7** angegebenen Werts mit einem Faktor in **Tabelle 10** berechnet. Der untere Grenzwert des Faktors gilt bei niedriger Axialbelastung ( $P = 0,05 C$ ) und der obere Wert bei hoher Axialbelastung ( $P > 0,1 C$ ). Zur Ermittlung der äquivalenten dynamischen Lagerbelastung  $P$ , siehe **Seite 361**.

Lagersätze mit höherer Vorspannung erhöhen die Steifigkeit. Dies sollte allerdings vermieden werden, da eine höhere Vorspannung die Reibung im Lager (und damit die Wärme) deutlich erhöht. In Fällen, bei denen eine extrem hohe Steifigkeit erforderlich ist, kann das Reibungsverhalten bei erhöhter Vorspannung mithilfe des Simulationsprogramms „SKF Spindle Simulator“ angenähert ermittelt werden. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

### Zweiseitig wirkende Lager

Die Werte für die axiale und die Momentsteifigkeit zweiseitig wirkender Axial-Schrägkugellager sind in **Tabelle 9** (→ **Seite 357**) angegeben und beziehen sich auf die werkseitig eingestellte

Vorspannung. Die Passungen sowie die Betriebsbedingungen sind in den Angaben nicht berücksichtigt.

### Kartuschen

Die axiale Steifigkeit von Kartuschen ist in **Tabelle 11** angegeben. Die Werte entsprechen jenen für die enthaltenen einseitig wirkenden Lager, multipliziert mit den in **Tabelle 10** angegebenen Faktoren.

Tabelle 10

#### Beiwerte zur Berechnung der axialen Steifigkeit in einem Lagersatz

Anzahl der Lager	Anordnung	Nachsetzzeichen	Faktor
3	Tandem-O-Tandem-Anordnung	TBT	1,45 bis 1,65
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	TFT	1,45 bis 1,65
4	Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBT	1,8 bis 2,25
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFT	1,8 bis 2,25
	Tandem-O-Anordnung	QBC	2
	Tandem-X-Anordnung	QFC	2

Tabelle 11

**Axiale Steifigkeit und Reibungsmoment von Kartuschen**

Kurzzeichen	Axiale Steifigkeit für Vorspannungsklasse		Reibungsmoment für Vorspannungsklasse	
	A	B	A	B
–	N/μm		Nm	
FBSA 204/DB	680	860	0,05	0,091
FBSA 204/DF	680	860	0,05	0,091
FBSA 204/QBC	1 360	1 720	0,1	0,182
FBSA 204/QFC	1 360	1 720	0,1	0,182
FBSA 205/DB	725	925	0,069	0,12
FBSA 205/DF	725	925	0,069	0,12
FBSA 205/QBC	1 450	1 850	0,138	0,24
FBSA 205/QFC	1 450	1 850	0,138	0,24
FBSA 206/DB	870	1 110	0,12	0,21
FBSA 206/DF	870	1 110	0,12	0,21
FBSA 206/QBC	1 740	2 220	0,24	0,42
FBSA 206/QFC	1 740	2 220	0,24	0,42
FBSA 206 A/QBC	1 740	2 220	0,24	0,42
FBSA 206 A/QFC	1 740	2 220	0,24	0,42
FBSA 207/DB	1 080	1 370	0,18	0,32
FBSA 207/DF	1 080	1 370	0,18	0,32
FBSA 207/QBC	2 160	2 740	0,36	0,64
FBSA 207/QFC	2 160	2 740	0,36	0,64
FBSA 208/DB	1 130	1 440	0,212	0,46
FBSA 208/DF	1 130	1 440	0,212	0,46
FBSA 208/QBC	2 260	2 880	0,424	0,92
FBSA 208/QFC	2 260	2 880	0,424	0,92
FBSA 208 A/QBC	2 260	2 880	0,424	0,92
FBSA 208 A/QFC	2 260	2 880	0,424	0,92
FBSA 209/DB	1 290	1 640	0,23	0,52
FBSA 209/DF	1 290	1 640	0,23	0,52
FBSA 209/QBC	2 580	3 280	0,46	1,04
FBSA 209/QFC	2 580	3 280	0,46	1,04
FBSA 210/DB	1 410	1 800	0,31	0,68
FBSA 210/DF	1 410	1 800	0,31	0,68
FBSA 210/QBC	2 820	3 600	0,62	1,36
FBSA 210/QFC	2 820	3 600	0,62	1,36
FBSA 210 A/QBC	2 820	3 600	0,62	1,36
FBSA 210 A/QFC	2 820	3 600	0,62	1,36
FBSA 212 A/QBC	3 280	4 160	1,08	2,1
FBSA 212 A/QFC	3 280	4 160	1,08	2,1

### Reibungsmoment

Alle SKF Axial-Schrägkugellager für Gewindetriebe sind für einen reibungsarmen Betrieb ausgelegt. Das Reibungsmoment hängt von der Vorspannung, der Drehzahl und der Schmierstoffmenge im Lagersatz ab. Das Anlaufmoment ist üblicherweise doppelt so hoch wie das Reibungsmoment.

#### Einseitig wirkende Lager

Die in **Tabelle 7** (→ **Seite 356**) gelisteten Richtwerte für das Reibungsmoment einseitig wirkender Lager gelten für unmontierte Lagersätze mit zwei Lagern in O- oder X-Anordnung, die bei niedrigen Drehzahlen arbeiten.

Sätze aus drei oder vier Lagern haben ein höheres Reibungsmoment als Sätze aus zwei Lagern. Das Reibungsmoment eines Lagersatzes wird durch Multiplikation des in **Tabelle 7** angegebenen Werts mit einem Faktor in **Tabelle 8** (→ **Seite 356**) berechnet.

#### Zweiseitig wirkende Lager

Die Richtwerte für das Reibungsmoment zweiseitig wirkender Lager sind in **(Tabelle 9** (→ **Seite 357**) gelistet und gelten für unmontierte Lager, die bei niedrigen Drehzahlen arbeiten.

#### Kartuschen

Die in **Tabelle 11** (→ **Seite 359**) gelisteten Richtwerte für das Reibungsmoment von Kartuschen gelten für unmontierte Lager, die bei niedrigen Drehzahlen arbeiten.

### Abhebekraft

Führt die externe Axialbelastung auf einen vorgespannten Lagersatz oder ein zweiseitig wirkendes Lager dazu, dass ein Kugelsatz komplett unbelastet ist, wird dies als Abhebekraft bezeichnet (→ *Einfluss externer Belastung auf vorgespannte Lagersätze*, **Seite 91**). Die Abhebekraft für Sätze mit einseitig wirkenden Lagern in O- oder X-Anordnung sowie zweiseitig wirkende Lager kann überschlägig errechnet werden aus

$$K_{a1} = 2,83 F_0$$

Hierin sind

$K_{a1}$  = die Abhebekraft

$F_0$  = die Vorspannung der Lager vor einer externen axialen Belastung (→ **Tabelle 7**, **Seite 356** und **Tabelle 9**, **Seite 357**)

Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

## Tragfähigkeit von Lagersätzen

Die dynamische Tragzahl C und die statische Tragzahl C<sub>0</sub> sowie die Ermüdungsgrenzbelastung P<sub>u</sub> aus den Produkttabellen für einseitig wirkende Lager gelten für Axialbelastungen an Einzellagern. Für Lagersätze werden die entsprechenden Werte ermittelt, indem die Faktoren aus **Tabelle 12** auf die Werte für Einzellager angewandt werden.

## Äquivalente Lagerbelastungen

### Äquivalente dynamische Lagerbelastung

Wenn einseitig wirkende Einzellager, Lagersätze oder zweiseitig wirkende Lager Radial-Axial-Kombibelastungen aufnehmen müssen, wird die äquivalente dynamische Lagerbelastung für beide Axialbelastungsrichtungen folgendermaßen bestimmt:

$$F_a/F_r \leq 2,35 \rightarrow P = X F_r + Y F_a$$

$$F_a/F_r > 2,35 \rightarrow P = 0,97 F_r + F_a$$

Für Lager, die nur Axialbelastungen aufnehmen, gilt:

$$P = F_a$$

Tabelle 12

### Tragzahlen, Ermüdungsgrenzbelastung und Berechnungsfaktoren für Sätze aus einseitig wirkenden Lagern

Anzahl der Lager	Anordnung	Nachsetzzeichen	Graphische Darstellung	Lastrichtung	Tragzahl des Lagersatzes		Ermüdungsgrenzbelastung des Lagersatzes	Berechnungswerte	
					dyn.	stat.		X	Y
2	O-Anordnung	DB	<>	→	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	2,04	0,54
	X-Anordnung	DF	>>	→	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	2,04	0,54
	Tandem	DT	<<	→	1,63 C	2 C <sub>0</sub>	2 P <sub>u</sub>	–	–
3	Tandem-O-Tandem-Anordnung	TBT	<>>	→	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	1,54	0,75
			<>>	←	1,63 C	2 C <sub>0</sub>	2 P <sub>u</sub>	2,5	0,33
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	TFT	>><	←	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	1,54	0,75
	Tandem	TT	>><	→	1,63 C	2 C <sub>0</sub>	2 P <sub>u</sub>	2,5	0,33
			<<<	→	2,16 C	3 C <sub>0</sub>	3 P <sub>u</sub>	–	–
4	Tandem-O-Tandem-Anordnung	QBT	<<<>	←	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	1,26	0,87
			<<<>	→	2,16 C	3 C <sub>0</sub>	3 P <sub>u</sub>	2,71	0,25
	Tandem-X-Tandem-Anordnung	QFT	>><<	←	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	1,26	0,87
			>><<	→	2,16 C	3 C <sub>0</sub>	3 P <sub>u</sub>	2,71	0,25
	Tandem-O-Anordnung	QBC	<<>>	→	1,63 C	2 C <sub>0</sub>	2 P <sub>u</sub>	2,04	0,54
	Tandem-X-Anordnung	QFC	>><<	→	1,63 C	2 C <sub>0</sub>	2 P <sub>u</sub>	2,04	0,54
	Tandem	QT	<<<<	→	2,64 C	4 C <sub>0</sub>	4 P <sub>u</sub>	–	–

Hierin sind

$P$  = die äquivalente dynamische Belastung [kN]

$F_r$  = die Radialbelastung [kN]

$F_a$  = die Axialbelastung [kN]

$X$  = der Radiallastfaktor

– für einseitig wirkende Lager:

→ **Tabelle 12, Seite 361**

– für zweiseitig wirkende Lager: 1,9

$Y$  = Axiallastfaktor

– für einseitig wirkende Lager:

→ **Tabelle 12**

– für zweiseitig wirkende Lager: 0,55

Die Vorspannung ist als Axialbelastung zu betrachten. Für Lagersätze in beliebiger Anordnung ist die äquivalente dynamische Lagerbelastung für jede Belastungsrichtung separat zu bestimmen.

### Äquivalente statische Lagerbelastung

Wenn einseitig wirkende Einzellager, Lagersätze oder zweiseitig wirkende Lager Radial-Axial-Kombibelastungen aufnehmen müssen, wird die äquivalente statische Lagerbelastung für beide Axialbelastungsrichtungen folgendermaßen bestimmt:

$$P_0 = F_a + 4,35 F_r$$

Hierin sind

$P_0$  = die äquivalente statische Belastung [kN]

$F_r$  = die Radialbelastung [kN]

$F_a$  = die Axialbelastung [kN]

Die Vorspannung ist als Axialbelastung zu betrachten. Für Lagersätze in beliebiger Anordnung ist die äquivalente statische Lagerbelastung für beide Belastungsrichtungen separat zu bestimmen.

Die Gleichung für die äquivalente statische Lagerbelastung gilt für Einzellager und für Lager in Tandem-Anordnungen, wenn das Belastungsverhältnis  $F_a/F_r$  nicht kleiner als 4 ist. Für  $F_a/F_r$  zwischen 4 und 2,5 können Näherungswerte mit der Gleichung bestimmt werden.

## Axiale Belastbarkeit

Bei höherer Axialbelastung ändern sich die Kontaktbedingungen im Lager. Der Berührungswinkel und besonders die Größe der Berührungselipsen nehmen zu, und es kann zu einer erhöhten Spannung an den Übergängen von Ringschulter und Laufbahn kommen. Diese Spannung wird in den SKF Hochgenauigkeitslagern auf ein Minimum reduziert, u. a. durch geschliffene und gerundete Übergangszonen. Dennoch sollten die Richtwerte für die maximale Axialbelastung (→ **Tabelle 7, Seite 356**) nicht überschritten werden.

## Montage

Die Einbauanleitung ist entweder innen auf der Verpackung aufgedruckt oder liegt als Druckschrift bei. Allgemeine Informationen über den Ein- und Ausbau von Hochgenauigkeitslagern enthält das Kapitel *Ein- und Ausbau* (→ **Seite 123**).

## Erreichbare Drehzahlen

Die erreichbaren Drehzahlen in den Produkttabellen sind Richtwerte. Sie gelten unter bestimmten Bedingungen. Weitergehende Informationen enthält der Abschnitt *Erreichbare Drehzahlen* auf **Seite 44**.

### Einseitig wirkende Lager

Die Angaben für die Ölschmierung beziehen sich auf Öl-Luft-Schmierung. Bei anderen Ölschmierv Verfahren sind die Werte nach unten zu korrigieren.

Die Werte für Fettschmierung lassen sich bei abgedichteten bzw. offenen Lagern mit der richtigen Menge an geeignetem, niedrigviskosem Premiumfett erzielen. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Wenn Lagersätze mit zwei oder mehreren Lagern unmittelbar nebeneinander montiert werden, sind die in der Produkttabelle (→ **Seite 366**) gelisteten erreichbaren Drehzahlen zu reduzieren. Die in diesen Fällen zulässigen Höchstdrehzahlen lassen sich durch Multiplikation des Richtwerts in den Produkttabellen mit dem Reduktionsfaktor (→ **Tabelle 13**) ermitteln (der Reduktionsfaktor ist abhängig von der Vorspannung und der Anzahl der Lager in der Anordnung).

### Zweiseitig wirkende Lager

Die in den Produkttabellen (→ **Seiten 368** und **370**) für zweiseitig wirkende Lager angegebenen erreichbaren Drehzahlen richten sich nach dem Dichtungstyp und werden wie folgt begrenzt:

- für Lager mit Berührungsdichtungen (Nachsetzzeichen 2RS) durch die zulässige Gleitgeschwindigkeit an der Dichtlippe
- für Lager mit berührungslosen Dichtungen (Nachsetzzeichen 2RZ) durch die zulässigen Drehzahlen bei Fettschmierung

### Kartuschen

Die erreichbaren Drehzahlen in der Produkttabelle (→ **Seite 372**) für Kartuschen gelten für fettgeschmierte Einheiten im eingebauten Zustand.

Tabelle 13

#### Drehzahlreduktionsfaktoren für Lagersätze

Anzahl der Lager	Drehzahlreduktionsbeiwert für Vorspannungsklasse	
	A	B
2	0,8	0,4
3	0,65	0,3
4	0,5	0,25

# Bezeichnungsschema

**Beispiele:** Einseitig wirkendes Lager – BSA 205 CGB/GMM  
 Zusammengepasster Satz aus einseitig wirkenden Lagern – BSA 208 C/TFTA  
 Zweiseitig wirkendes Lager – BEAM 030080-2RS/PE  
 Kartusche – FBSA 206 A/QBCA

BSA 2	05	C	GB	/	
BSA 2	08	C		/	
BEAM	030080			-2RS	
FSBA 2	06	A			

## Lagerreihe

**BSA 2** Einseitig wirkendes Lager der ISO-Maßreihe 02  
**BSA 3** Einseitig wirkendes Lager der ISO-Maßreihe 03  
**BSD** Einseitig wirkendes Lager  
**BEAS** Zweiseitig wirkendes Lager  
**BEAM** Zweiseitig wirkendes Lager zum Anflanschen  
**FBSA 2** Kartusche mit Flanschlagergehäuse

## Lagergröße

Für einseitig wirkende Lager gemäß einer ISO-Maßreihe

**01** 12 mm Bohrungsdurchmesser  
**02** 15 mm Bohrungsdurchmesser  
**03** 17 mm Bohrungsdurchmesser  
**04** (x 5) 20 mm Bohrungsdurchmesser  
 bis  
**15** (x 5) 75 mm Bohrungsdurchmesser

Für einseitig wirkende Lager, nicht genormt

**2047** 20 mm Bohrungsdurchmesser und 47 mm Außendurchmesser  
 bis  
**60120** 60 mm Bohrungsdurchmesser und 120 mm Außendurchmesser

Für zweiseitig wirkende Lager

**008032** 8 mm Bohrungsdurchmesser und 32 mm Außendurchmesser  
 bis  
**060145** 60 mm Bohrungsdurchmesser und 145 mm Außendurchmesser

## Konstruktive Merkmale

**C** Verbesserte Innenkonstruktion (nur einseitig wirkende Lager)  
**A** Unterschiedliche Flanschposition (nur Kartuschen)

## Einseitig wirkendes Lager – Ausführung und Vorspannung

**GA** Universell kombinierbar, leichte Vorspannung  
**GB** Universell kombinierbar, mittlere Vorspannung  
**G...** Universallager, Sondervorspannung, angegeben in daN, z. B. G240

## Abgedichtete Lager

**-2RS** Berührende Dichtung auf beiden Seiten, NBR  
**-2RZ** Berührungsfreie Dichtung auf beiden Seiten, NBR

GMM			
		TFT	A
	PE		
		QBC	A

**Lagersatz – Vorspannung**

- A** Leichte Vorspannung
- B** Mittlere Vorspannung
- G...** Sondervorspannung, angegeben in daN, z. B. G240

**Lageranordnung**

- DB** Satz aus zwei Lagern in O-Anordnung <>
- DF** Satz aus zwei Lagern in X-Anordnung ><
- DT** Satz aus zwei Lagern in Tandem-Anordnung <<
- TBT** Satz aus drei Lagern in Tandem-O-Anordnung <>>
- TFT** Satz aus drei Lagern in Tandem-X-Anordnung ><<
- TT** Satz aus drei Lagern in Tandem-Anordnung <<<
- QBC** Satz aus vier Lagern in Tandem-O-Tandem-Anordnung <>>>
- QFC** Satz aus vier Lagern in Tandem-X-Tandem-Anordnung >><<
- QBT** Satz aus vier Lagern in Tandem-O-Anordnung <>>>
- QFT** Satz aus vier Lagern in Tandem-X-Anordnung ><<<
- QT** Satz aus vier Lagern in Tandem-Anordnung <<<<

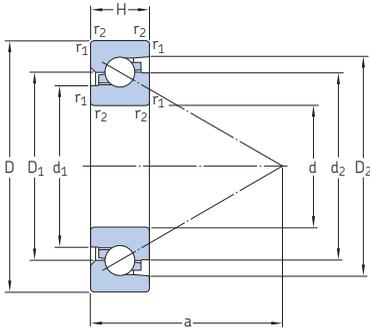
**Toleranz**

- Maßgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 4, Laufgenauigkeit nach ISO-Toleranzklasse 2
- PE** Vergrößerte Durchmesser-toleranz und Axialschlag mit der Genauigkeit P5 für Radiallager (nur Reihen BEAM/BEAS)

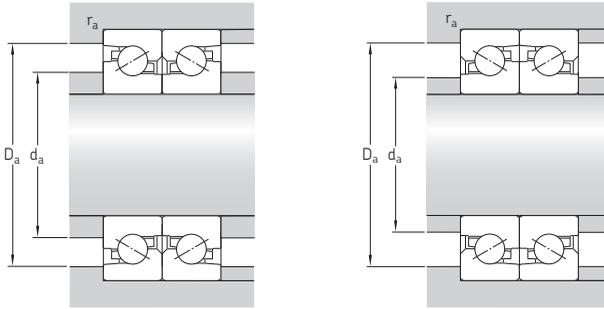
**Fettfüllungen**

- GMM** Offenes einseitig wirkendes Lager, gefüllt mit Standardfett

## 6.1 Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager d 12 – 75 mm



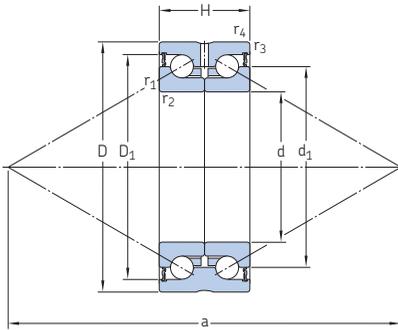
Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	C	stat. $C_0$		Fett- schmie- rung	Öl-Luft-Schmie- rung		
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	-
12	32	10	11,8	21,2	0,8	14 000	17 000	0,043	BSA 201 C
15	35	11	12,7	25,5	0,95	12 000	15 000	0,054	BSA 202 C
17	40	12	16,6	34,5	1,27	11 000	15 000	0,078	BSA 203 C
20	47	14	22	49	1,8	9 500	12 000	0,12	BSA 204 C
	47	15	22	49	1,8	9 500	12 000	0,13	BSD 2047 C
25	52	15	22,4	52	1,93	9 000	11 000	0,15	BSA 205 C
	62	15	28,5	71	2,65	8 000	9 500	0,24	BSD 2562 C
	62	17	28,5	71	2,65	8 000	9 500	0,27	BSA 305 C
30	62	15	28,5	71	2,65	8 000	9 500	0,22	BSD 3062 C
	62	16	28,5	71	2,65	8 000	9 500	0,23	BSA 206 C
	72	19	41,5	104	3,9	7 000	9 500	0,41	BSA 306 C
35	72	15	36,5	98	3,65	7 500	9 000	0,3	BSD 3572 C
	72	17	36,5	98	3,65	7 500	9 000	0,33	BSA 207 C
	80	21	57	146	5,4	6 700	9 500	0,56	BSA 307 C
40	72	15	36,5	98	3,65	7 500	9 000	0,26	BSD 4072 C
	80	18	42,5	112	4,15	6 300	7 500	0,43	BSA 208 C
	90	20	64	170	6,3	6 000	7 000	0,68	BSD 4090 C
	90	23	67	180	6,7	5 300	7 000	0,77	BSA 308 C
45	75	15	32,5	98	3,65	7 500	9 000	0,26	BSD 4575 C
	85	18	45	134	4,9	6 300	7 500	0,51	BSA 209 C
	100	20	65,5	183	6,7	5 600	6 700	0,77	BSD 45100 C
50	90	20	46,5	146	5,4	6 000	7 000	0,56	BSA 210 C
	100	20	67	193	7,2	5 600	6 700	0,71	BSD 50100 C
55	100	20	67	193	7,2	5 600	6 700	0,66	BSD 55100 C
	120	20	69,5	228	8,5	5 000	6 000	1,15	BSD 55120 C
60	110	22	69,5	216	8	5 000	6 000	0,95	BSA 212 C
	120	20	69,5	228	8,5	5 000	6 000	1,05	BSD 60120 C
75	130	25	72	245	9,15	4 300	5 000	1,45	BSA 215 C



Abmessungen							Anschlussmaße			Fettbezugs- menge <sup>1)</sup>
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	a	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	G <sub>ref</sub>
mm							mm			cm <sup>3</sup>
12	17,8	22	22,1	26,7	0,6	26	17	29	0,6	0,4
15	20,8	25	25,1	29,6	0,6	29	20	32	0,6	0,5
17	24,1	29	29,1	34,4	0,6	33	23	37	0,6	0,5
20	29,4	34,5	29,1	40,7	1	40	24	42	1	1,2
	29,4	34,5	34,6	40,7	1	40	27	42,5	1	1,4
25	33,4	38,5	38,6	44,7	1	44	32	47,5	1	1,5
	39,9	46	46,1	53	1	51	34	57	1	2
	39,9	46	46,1	53	1	52	34	57	1	2,4
30	39,9	46	46,1	53	1	51	38	57	1	2
	39,9	46	46,1	53	1	51	37	57	1	2,2
	43,9	51	51,1	59,5	1	57	40	65,5	1	3,5
35	48,6	55	55,1	62,7	1,1	59	44	64,8	1	2,5
	48,6	55	55,1	62,7	1,1	60	44	66	1	3
	50,1	58,5	58,6	68,6	1	66	47	72,5	1	4,2
40	48,6	55	55,1	62,7	1,1	59	47,5	65	1	2,5
	50,3	58	58,1	66,5	1,1	64	48	74	1	3,7
	57,5	66,5	66,6	77,3	1,5	73	53	81	1,5	5,2
	57,5	66,5	66,6	77,3	1,5	74	53	81	1,5	6,4
45	54,3	60	60,1	66,9	1,1	64	53	69	1	2,7
	59,4	67	67,1	75,5	1,1	73	53	79,5	1	4,5
	61,7	71,5	71,6	82,3	1,5	77	59	90	1,5	5,9
50	64,4	72	72,1	80,5	1,1	78	59	84	1	5,2
	66,9	77	77,1	87,8	1,5	82	65	90,5	1,5	6,5
55	66,9	77	77,1	87,8	1,5	82	67	91	1,5	6,5
	80,9	91	91,1	101,8	1,5	96	69	110	1,5	7,5
60	76,9	87	87,1	97,8	1,1	93	71	102	1,5	8,5
	80,9	91	91,1	101,8	1,5	96	73	111	1,5	7,5
75	91,2	100	100,1	110,8	1,5	107	85	122	1,5	11

<sup>1)</sup> Spezifikationen der Fettmenge für die Erstfüllung → Seite 101

## 6.2 Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager d 8 – 30 mm

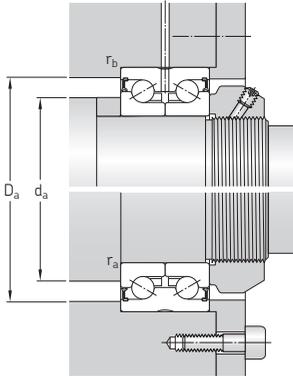


2RS



2RZ

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen	Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	dyn.	stat.				
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$	kg	–
8	32	20	12,5	16,3	0,6	5 300	0,09	BEAS 008032-2RS
	32	20	12,5	16,3	0,6	8 800	0,09	BEAS 008032-2RZ
12	42	25	16,8	24,5	0,915	4 000	0,2	BEAS 012042-2RS
	42	25	16,8	24,5	0,915	6 700	0,2	BEAS 012042-2RZ
15	45	25	18	28	1,04	3 900	0,21	BEAS 015045-2RS
	45	25	18	28	1,04	6 500	0,21	BEAS 015045-2RZ
17	47	25	18	31	1,16	3 800	0,22	BEAS 017047-2RS
	47	25	19	31	1,16	6 300	0,22	BEAS 017047-2RZ
20	52	28	26	46,5	1,73	3 400	0,31	BEAS 020052-2RS
	52	28	26	46,5	1,73	6 000	0,31	BEAS 020052-2RZ
	52	28	26	46,5	1,73	6 000	0,31	BEAS 020052-2RZ/PE
25	57	28	27,6	55	2,04	3 400	0,34	BEAS 025057-2RS
	57	28	27,6	55	2,04	5 600	0,34	BEAS 025057-2RZ
30	62	28	29	64	2,36	3 200	0,39	BEAS 030062-2RS
	62	28	29	64	2,36	5 300	0,39	BEAS 030062-2RZ

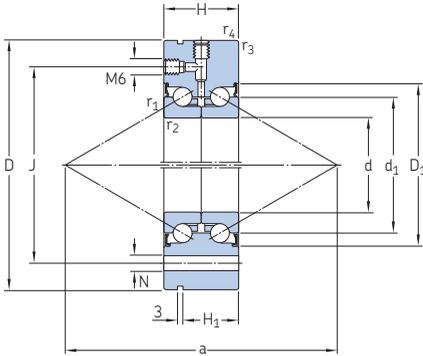


### Abmessungen

### Anschlussmaße

d	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	b	K	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	a	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	r <sub>b</sub> max.
mm								mm			
8	19	26,5	3,1	1,2	0,3	0,6	43	12	26	0,3	0,6
	19	26,5	3,1	1,2	0,3	0,6	43	12	26	0,3	0,6
12	25	33,5	3,1	2,5	0,3	0,6	56	16	35	0,3	0,6
	25	33,5	3,1	2,5	0,3	0,6	56	16	35	0,3	0,6
15	28	36	3,1	2,5	0,3	0,6	61	20	35	0,3	0,6
	28	36	3,1	2,5	0,3	0,6	61	20	35	0,3	0,6
17	30	38	3,1	2,5	0,3	0,6	65	23	40	0,3	0,6
	30	38	3,1	2,5	0,3	0,6	65	23	40	0,3	0,6
20	34,5	44	3,1	3	0,3	0,6	74	26	45	0,3	0,6
	34,5	44	3,1	3	0,3	0,6	74	26	45	0,3	0,6
	34,5	44	3,1	3	0,3	0,6	74	26	45	0,3	0,6
25	40,5	49	3,1	3	0,3	0,6	84	32	50	0,3	0,6
	40,5	49	3,1	3	0,3	0,6	84	32	50	0,3	0,6
30	45,5	54	3,1	3	0,3	0,6	93	40	54	0,3	0,6
	45,5	54	3,1	3	0,3	0,6	93	40	54	0,3	0,6

### 6.3 Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager zum Anflanschen d 12 – 60 mm

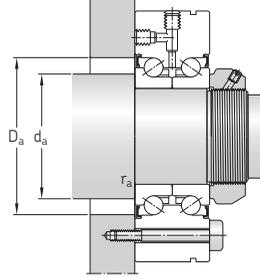
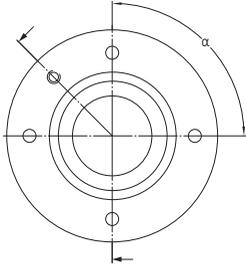


d = 60 mm



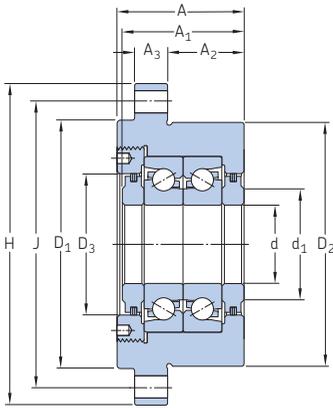
PE

Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen	Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	dyn.	stat.				
mm			C	$C_0$	kN	$\text{min}^{-1}$	kg	-
12	55	25	16,8	24,5	0,915	4 000	0,37	BEAM 012055-2RS
	55	25	16,8	24,5	0,915	6 700	0,37	BEAM 012055-2RZ
17	62	25	19	31	1,16	3 800	0,45	BEAM 017062-2RS
	62	25	19	31	1,16	3 800	0,45	BEAM 017062-2RS/PE
	62	25	19	31	1,16	6 300	0,45	BEAM 017062-2RZ
	62	25	19	31	1,16	6 300	0,45	BEAM 017062-2RZ/PE
20	68	28	26	46,5	1,73	3 400	0,61	BEAM 020068-2RS
	68	28	26	46,5	1,73	3 400	0,61	BEAM 020068-2RS/PE
	68	28	26	46,5	1,73	6 000	0,61	BEAM 020068-2RZ
	68	28	26	46,5	1,73	6 000	0,61	BEAM 020068-2RZ/PE
25	75	28	27,6	55	2,04	3 400	0,72	BEAM 025075-2RS
	75	28	27,6	55	2,04	3 400	0,72	BEAM 025075-2RS/PE
	75	28	27,6	55	2,04	5 600	0,72	BEAM 025075-2RZ
	75	28	27,6	55	2,04	5 600	0,72	BEAM 025075-2RZ/PE
30	80	28	29,1	64	2,36	2 600	0,78	BEAM 030080-2RS
	80	28	29,1	64	2,36	2 600	0,78	BEAM 030080-2RS/PE
	80	28	29,1	64	2,36	4 500	0,78	BEAM 030080-2RZ
	100	38	60	108	4	2 600	1,65	BEAM 030100-2RS
	100	38	60	108	4	4 300	1,65	BEAM 030100-2RZ
35	90	34	41	88	3,25	2 400	1,15	BEAM 035090-2RS
	90	34	41	88	3,25	4 000	1,15	BEAM 035090-2RZ
40	100	34	43,6	102	3,75	2 200	1,45	BEAM 040100-2RS
	100	34	43,6	102	3,75	3 800	1,45	BEAM 040100-2RZ
	115	46	71,5	150	5,5	1 800	2,2	BEAM 040115-2RS
	115	46	71,5	150	5,5	3 000	2,2	BEAM 040115-2RZ
50	115	34	46,8	127	4,65	2 000	1,85	BEAM 050115-2RS
	115	34	46,8	127	4,65	3 600	1,85	BEAM 050115-2RZ
	140	54	114	250	9,3	1 700	4,7	BEAM 050140-2RS
	140	54	114	250	9,3	2 800	4,7	BEAM 050140-2RZ
60	145	45	85	216	8	1 600	4,3	BEAM 060145-2RS
	145	45	85	216	8	2 600	4,3	BEAM 060145-2RZ

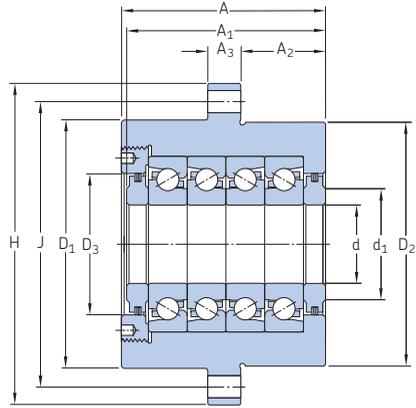


Abmessungen							Anschlussmaße			Bohrungen für Befestigungsschrauben gemäß DIN 912		
d	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	r <sub>1,2</sub> min.	r <sub>3,4</sub> min.	a	d <sub>a</sub> min.	D <sub>a</sub> max.	r <sub>a</sub> max.	Größe	Abmessungen J N	Teilung nr. x α [°]
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
12	25	33,5	17	0,3	0,6	56	16	33	0,6	M6	42 6,8	3x120
	25	33,5	17	0,3	0,6	56	16	33	0,6	M6	42 6,8	3x120
17	30	38	17	0,3	0,6	65	23	38	0,6	M6	48 6,8	3x120
	30	38	17	0,3	0,6	65	23	38	0,6	M6	48 6,8	3x120
	30	38	17	0,3	0,6	65	23	38	0,6	M6	48 6,8	3x120
	30	38	17	0,3	0,6	65	23	38	0,6	M6	48 6,8	3x120
20	34,5	44	19	0,3	0,6	74	25	44	0,6	M6	53 6,8	4x90
	34,5	44	19	0,3	0,6	74	25	44	0,6	M6	53 6,8	4x90
	34,5	44	19	0,3	0,6	74	25	44	0,6	M6	53 6,8	4x90
	34,5	44	19	0,3	0,6	74	25	44	0,6	M6	53 6,8	4x90
25	40,5	49	19	0,3	0,6	84	32	49	0,6	M6	58 6,8	4x90
	40,5	49	19	0,3	0,6	84	32	49	0,6	M6	58 6,8	4x90
	40,5	49	19	0,3	0,6	84	32	49	0,6	M6	58 6,8	4x90
	40,5	49	19	0,3	0,6	84	32	49	0,6	M6	58 6,8	4x90
30	45,5	54	19	0,3	0,6	93	40	54	0,6	M6	63 6,8	6x60
	45,5	54	19	0,3	0,6	93	40	54	0,6	M6	63 6,8	6x60
	45,5	54	19	0,3	0,6	93	40	54	0,6	M6	63 6,8	6x60
	51	65	30	0,3	0,6	106	47	65	0,6	M8	80 8,8	8x45
	51	65	30	0,3	0,6	106	47	65	0,6	M8	80 8,8	8x45
35	52	63	25	0,3	0,6	107	45	63	0,6	M8	75 8,8	4x90
	52	63	25	0,3	0,6	107	45	63	0,6	M8	75 8,8	4x90
40	58	68	25	0,3	0,6	117	50	68	0,6	M8	80 8,8	4x90
	58	68	25	0,3	0,6	117	50	68	0,6	M8	80 8,8	4x90
	65	80	36	0,6	0,6	134	56	80	0,6	M8	94 8,8	12x30
	65	80	36	0,6	0,6	134	56	80	0,6	M8	94 8,8	12x30
50	72	82	25	0,3	0,6	141	63	82	0,6	M8	94 8,8	6x60
	72	82	25	0,3	0,6	141	63	82	0,6	M8	94 8,8	6x60
	80	98	45	0,6	0,6	166	63	98	0,6	M10	113 11	12x30
	80	98	45	0,6	0,6	166	63	98	0,6	M10	113 11	12x30
60	85	100	35	0,6	0,6	168	82	100	0,6	M8	120 8,8	8x45
	85	100	35	0,6	0,6	168	82	100	0,6	M8	120 8,8	8x45

## 6.4 Kartuschen mit Flanschlagergehäuse d 20 – 60 mm

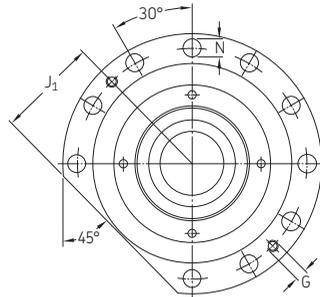
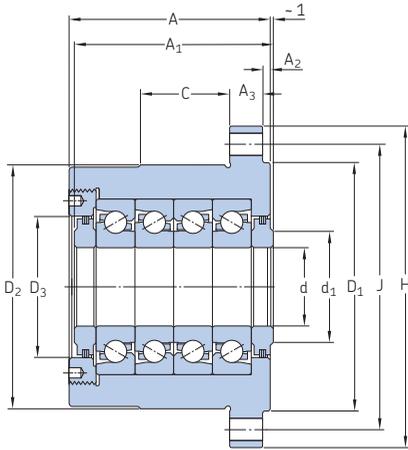


Reihe FBSA 2 .. /DB



FBSA 2 .. /QBC

Hauptabmessungen			Tragzahlen dyn. stat.		Ermüdungs- grenz- belastung $P_u$	Erreichbare Drehzahlen Vorspannungsklasse		Gewicht	Kurzzeichen
d	H	A	C	$C_0$		A	B		
mm			kN		kN	$\text{min}^{-1}$		kg	-
20	90	47	22	49	1,8	7 600	3 800	1,1	FBSA 204/DB
	90	47	22	49	1,8	7 600	3 800	1,1	FBSA 204/DF
	90	77	35,9	98	3,6	4 750	2 375	1,7	FBSA 204/QBC
	90	77	35,9	98	3,6	4 750	2 375	1,7	FBSA 204/QFC
25	120	52	22,4	52	1,93	7 200	3 600	2,3	FBSA 205/DB
	120	52	22,4	52	1,93	7 200	3 600	2,3	FBSA 205/DF
	120	82	36,5	104	3,86	4 500	2 250	3,5	FBSA 205/QBC
	120	82	36,5	104	3,86	4 500	2 250	3,5	FBSA 205/QFC
30	120	52	28,5	71	2,65	6 400	3 200	2,5	FBSA 206/DB
	120	52	28,5	71	2,65	6 400	3 200	2,5	FBSA 206/DF
	120	84	46,5	142	5,3	4 000	2 000	3,5	FBSA 206/QBC
	120	84	46,5	142	5,3	4 000	2 000	3,5	FBSA 206/QFC
	120	86	46,5	142	5,3	4 000	2 000	3,7	FBSA 206 A/QBC
	120	86	46,5	142	5,3	4 000	2 000	3,7	FBSA 206 A/QFC
35	130	52	36,5	98	3,65	5 600	2 800	3,2	FBSA 207/DB
	130	52	36,5	98	3,65	5 600	2 800	3,2	FBSA 207/DF
	130	86	59,5	196	7,3	3 500	1 750	4,6	FBSA 207/QBC
	130	86	59,5	196	7,3	3 500	1 750	4,6	FBSA 207/QFC
40	165	66	42,5	112	4,15	5 040	2 520	6,1	FBSA 208/DB
	165	66	42,5	112	4,15	5 040	2 520	6,1	FBSA 208/DF
	165	106	69,3	224	8,3	3 150	1 575	9,7	FBSA 208/QBC
	165	106	69,3	224	8,3	3 150	1 575	9,7	FBSA 208/QFC
	165	106	69,3	224	8,3	3 150	1 575	10	FBSA 208 A/QBC
	165	106	69,3	224	8,3	3 150	1 575	10	FBSA 208 A/QFC
45	165	66	45	134	4,9	5 040	2 520	5,9	FBSA 209/DB
	165	66	45	134	4,9	5 040	2 520	5,9	FBSA 209/DF
	165	106	73,4	268	9,8	3 150	1 575	9,4	FBSA 209/QBC
	165	106	73,4	268	9,8	3 150	1 575	9,4	FBSA 209/QFC
50	165	66	46,5	146	5,4	4 800	2 400	5,7	FBSA 210/DB
	165	66	46,5	146	5,4	4 800	2 400	5,7	FBSA 210/DF
	165	106	75,8	292	10,8	3 000	1 500	9,1	FBSA 210/QBC
	165	106	75,8	292	10,8	3 000	1 500	9,1	FBSA 210/QFC
	165	106	75,8	292	10,8	3 000	1 500	9,3	FBSA 210 A/QBC
	165	106	75,8	292	10,8	3 000	1 500	9,3	FBSA 210 A/QFC
60	185	114	113	432	16	2 500	1 250	12,5	FBSA 212 A/QBC
	185	114	113	432	16	2 500	1 250	12,5	FBSA 212 A/QFC



Reihe FBSA 2 .. A/QBC

**Abmessungen**

**Bohrungen für Befestigungsschrauben**

d	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	C	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	J	J <sub>1</sub>	N	G
mm	mm											
20	44,26	32	13	–	26	64	60	36	76	32	6,6	–
	43,24	32	13	–	26	64	60	36	76	32	6,6	–
	74,26	32	13	–	26	64	60	36	76	32	6,6	–
	72,74	32	13	–	26	64	60	36	76	32	6,6	–
25	50,26	32	15	–	34	88	80	36	102	44	9,2	–
	49,24	32	15	–	34	88	80	36	102	44	9,2	–
	80,26	32	15	–	34	88	80	40	102	44	9,2	–
	78,74	32	15	–	34	88	80	40	102	44	9,2	–
30	50,26	32	15	–	41	88	80	50	102	44	9,2	–
	49,24	32	15	–	41	88	80	50	102	44	9,2	–
	82,26	32	15	–	41	88	80	50	102	44	9,2	–
	80,74	32	15	–	41	88	80	50	102	44	9,2	–
	86,26	3,5	15	35	41	88	88	50	102	45	9,2	M8x1,25
	86,26	3,5	15	35	41	88	88	50	102	45	9,2	M8x1,25
35	50,26	32	15	–	46	98	90	60	113	49	9,2	–
	49,24	32	15	–	46	98	90	60	113	49	9,2	–
	84,26	32	15	–	46	98	90	60	113	49	9,2	–
	82,74	32	15	–	46	98	90	60	113	49	9,2	–
40	64,26	43,5	17	–	55	128	124	66	146	64	11,4	–
	63,24	43,5	17	–	55	128	124	66	146	64	11,4	–
	104,26	43,5	17	–	55	128	124	66	146	64	11,4	–
	102,74	43,5	17	–	55	128	124	66	146	64	11,4	–
	106,26	4	24	35	55	128	128	66	146	65,5	11,4	M10x1,5
	106,26	4	24	35	55	128	128	66	146	65,5	11,4	M10x1,5
45	64,26	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
	63,24	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
	104,26	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
	102,74	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
50	64,26	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
	63,24	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
	104,26	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
	102,74	43,5	17	–	66	128	124	76	146	64	11,4	–
	106,26	4	24	35	66	128	128	76	146	65,5	11,4	M10x1,5
	106,26	4	24	35	66	128	128	76	146	65,5	11,4	M10x1,5
60	114,26	20,5	25	40	80	145	145	92	165	74,5	11,4	M10x1,5
	114,26	20,5	25	40	80	145	145	92	165	74,5	11,4	M10x1,5



# Präzisions-Wellenmuttern

<b>Ausführungen</b> . . . . .	<b>376</b>	<b>Produkttabellen</b>	
Präzisions-Wellenmuttern mit Sicherungsstiften . . . . .	376	<b>7.1</b> KMT Präzisions-Wellenmuttern . . . . .	384
Präzisions-Wellenmuttern mit Spannschrauben . . . . .	377	<b>7.2</b> KMTA Präzisions-Wellenmuttern . . . . .	386
<b>Produktdaten</b> . . . . .	<b>378</b>	<b>7.3</b> KMD Präzisions-Wellenmuttern mit Spannschrauben . . . . .	388
(Maßnormen, Toleranzen, Gegengewinde auf der Welle, Werkstoff, Losbrechmoment)			
<b>Ein- und Ausbau</b> . . . . .	<b>379</b>		
KMT und KMTA Präzisions- Wellenmuttern . . . . .	380		
KMD Präzisions-Wellenmuttern . . . . .	381		
<b>Bezeichnungsschema</b> . . . . .	<b>382</b>		

## Weitere Informationen

Gestaltung der Lagerungen . . . . . 57  
SKF Instandhaltungsprodukte  
. . . . . → [skf.com/mapro](http://skf.com/mapro)

Industrielle Wellenmuttern mit Klemmstück sind für Anwendungen von Super-Precision-Schrägkugellagern wegen der zu groben Toleranzen für Gewinde und Anlageflächen nicht geeignet. SKF hat daher eine komplette Reihe von Präzisions-Wellenmuttern entwickelt, die nach sehr engen Toleranzen gefertigt werden. Die einfach einzubauenden Muttern führen Lager und andere Komponenten genau und effizient auf der Welle. Sie erfüllen die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen von Werkzeugmaschinen sehr gut.

## Ausführungen

Alle SKF Präzisions-Wellenmuttern nutzen zur Sicherung die Reibung zwischen den Gewindestiften und dem Wellengewinde. Zum Aufbringen dieser Reibung fertigt SKF zwei verschiedene Sicherungsausführungen: eine Version mit Sicherungsstiften und eine mit axialen Spannschrauben.

## Präzisions-Wellenmuttern mit Sicherungsstiften

Die Präzisions-Wellenmuttern der Reihen KMT und KMTA (→ **Bild 1**) haben drei im regelmäßigen Abstand um den Umfang angeordnete Sicherungsstifte, deren Achsen parallel zur belasteten Gewindeflanke liegen (→ **Bild 2**). Unter normalen Betriebsbedingungen sorgt die durch das Anziehen der Sicherungsstifte erzeugte Gewinevorspannung für ausreichend Reibung, um ein Lösen der Mutter zu verhindern (→ **Losbrechmoment, Seite 378**).

Die Wellenmuttern der Reihen KMT und KMTA eignen sich besonders für Anwendungsfälle, bei denen hohe Genauigkeit, einfache Montage und zuverlässige Sicherung gefordert sind. Mit den drei abstandsgleichen Sicherungsstiften werden diese Wellenmuttern exakt rechtwinklig ausgerichtet. Kleinere Winkelabweichungen benachbarter Komponenten können mithilfe dieser Sicherungsstifte ebenfalls ausgeglichen werden (→ **Ein- und Ausbau, Seite 379**).

KMT und KMTA Wellenmuttern sollten nicht auf Wellen oder Spannhülsen mit Keil- oder Haltenuten verwendet werden. Eine eventuelle Überdeckung mit der Nut kann Schäden an den Sicherungsstiften verursachen.

Beide Wellenmutterreihen sind serienmäßig mit einem Gewinde bis 200 mm erhältlich (Größe 40). KMT Wellenmuttern mit metrischem ISO-Gewinde von 220 bis 420 mm Durchmesser (Größen 44 bis 84) sind auf Anforderung lieferbar. Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Bild 1

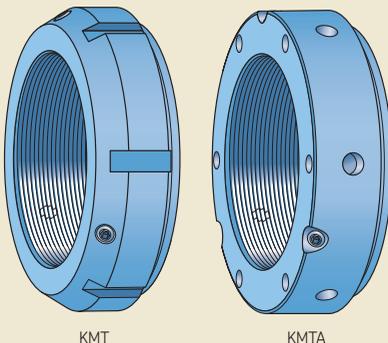
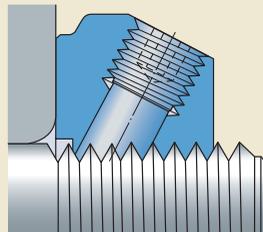


Bild 2



Die KMTA Wellenmuttern haben eine zylindrische Mantelfläche und unterscheiden sich teilweise auch in der Gewindesteigung von den KMT Wellenmuttern. Sie sind vor allem für Anwendungen mit begrenztem Einbauraum vorgesehen, und die zylindrische Mantelfläche kann zur Bildung einer Spaltdichtung genutzt werden.

### Präzisions-Wellenmuttern mit Spannschrauben

Die Präzisions-Wellenmuttern der Reihe KMD (→ **Bild 3**) werden mit den axialen Spannschrauben vorgespannt. Nach dem Anziehen des vorderen Teils der Wellenmutter an das Lager werden die axialen Spannschrauben auf der Rückseite festgezogen (→ **Bild 4**). Unter normalen Betriebsbedingungen sorgt die so erzeugte Gewindevorspannung für ausreichend Reibung, um ein Lösen der Mutter zu verhindern (→ *Losbrechmoment*, **Seite 378**).

Ein- und Ausbau der KMD Wellenmuttern sind einfach und die axiale Befestigung ist wirksam und zuverlässig. Mithilfe der Spannschrauben können Mikroanpassungen der axialen Position vorgenommen werden (→ *Ein- und Ausbau*, **Seite 379**).

Bild 3

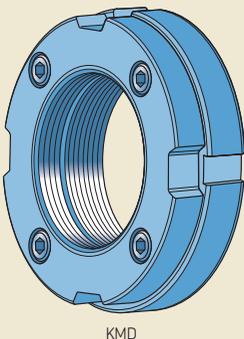
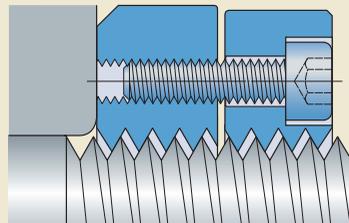


Bild 4



## Produktdaten

	Baureihen KMT und KMTA	Baureihe KMD
<b>Maßnormen</b>	ISO 965-3	ISO 965-3 Spannschrauben: DIN 912-12.9
<b>Toleranzen</b>	Metrisches Gewinde, 5H: ISO 965-3  Max. Axialschlag (für Gewinde bis einschließlich Größe 40): 0,005 mm	Metrisches Gewinde, 5H: ISO 965-3  Max. Axialschlag: 0,005 mm
<b>Gegengewinde auf der Welle</b>	Metrisches Gewinde, 6g: ISO 965-3	
<b>Werkstoff</b>	Stahl	Stahl Bei Größen 11 und 12: Sinterstahl (Nachsetzzeichen P)
<b>Losbrechmoment</b>	<p>KMT, KMTA und KMD Wellenmuttern werden durch Reibung auf der Welle gehalten. Die Reibung verändert sich mit dem Anzugsmoment der Gewindestifte bzw. axialen Spannschrauben beim Einbau, der Oberflächenbeschaffenheit des Gewindes, der Schmierstoffmenge auf dem Gewinde usw.</p> <p>Die Erfahrung zeigt, dass sich das Sicherungselement der KMT, KMTA und KMD Wellenmuttern bestens für gängige Werkzeugmaschinenanwendungen eignet, sofern die Muttern ordnungsgemäß eingebaut werden und sich nur eine begrenzte Menge Schmierstoff auf dem Gewinde befindet.</p> <p>Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.</p>	

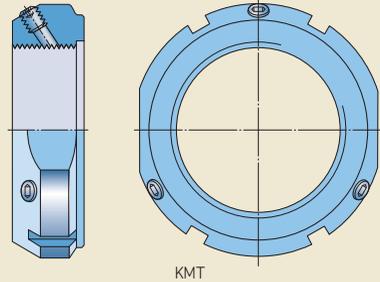
## Ein- und Ausbau

KMT und KMD Wellenmutter haben am Umfang gleichmäßig verteilte Nuten, an denen Haken- oder Schlagschlüssel angesetzt werden können (→ **Bilder 5** und **6**). Die Kurzzeichen der jeweils passenden Schlüssel sind in den Produkttabellen für KMT Muttern (→ **Seite 384**) und KMD Muttern (→ **Seite 388**) angegeben. Weitere Informationen über SKF Schlüssel finden Sie unter [skf.com/mapro](http://skf.com/mapro). Die KMT Wellenmutter mit Gewinde  $\leq 75$  mm Durchmesser (Größe  $\leq 15$ ) sind zusätzlich noch mit zwei gegenüberliegenden Schlüsselflächen versehen.

Die KMTA Präzisions-Wellenmutter können über die am Umfang und in einer Stirnseite angeordneten Bohrungen (→ **Bild 7**) mithilfe von Hakenschlüsseln mit Zapfen, verstellbaren Zweilochmutterdrehern oder einfachen Drehstiften festgezogen werden. Passende Hakenschlüssel nach DIN 1810:1979 sind in der Produkttable angegeben.

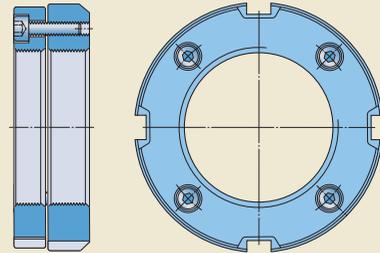
Alle SKF Präzisions-Wellenmutter sind auf häufigen Ein- und Ausbau ausgelegt (sofern sie unbeschädigt sind).

Bild 5



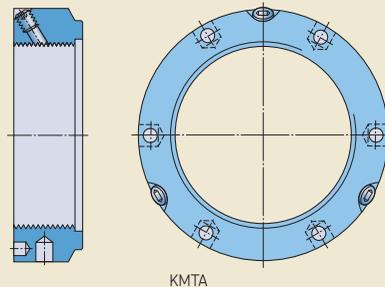
KMT

Bild 6



KMD

Bild 7



KMTA

### KMT und KMTA Präzisions-Wellenmuttern

#### Festsetzen

Die KMT und KMTA Wellenmuttern werden in zwei Schritten gesichert:

- 1 In einem ersten Schritt werden die Gewindestifte leicht angezogen, bis das Gewinde auf der Endfläche der Gewindestifte satt am Wellengewinde anliegt.
- 2 Danach sind die Gewindestifte wechselweise und gleichmäßig fest anzuziehen, bis das empfohlene Anzugsmoment erreicht ist (→ **Produkttabellen, Seiten 384 und 386**).

#### Ausrichtung

Die KMT und KMTA Wellenmuttern sind einstellbar. Mit den drei abstandsgleichen Sicherungsstiften werden diese Wellenmuttern exakt rechteckig ausgerichtet. Kleinere Winkelabweichungen benachbarter Komponenten können mithilfe dieser Sicherungsstifte ebenfalls ausgeglichen werden. Justierungen können wie folgt vorgenommen werden (→ **Bild 8**):

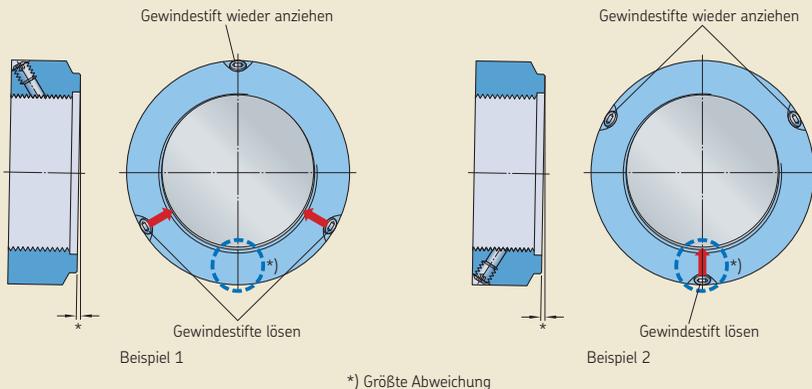
- 1 Die Gewindestifte wieder lockern, die der Stelle mit der größten Abweichung am nächsten liegen.

- 2 Die übrigen Stifte gleichmäßig anziehen.
- 3 Die gelösten Stifte wieder anziehen.
- 4 Die korrekte Ausrichtung der Mutter im Verhältnis zur Welle überprüfen.
- 5 Falls die Korrektur in einem ersten Arbeitsgang nicht den gewünschten Erfolg gebracht hat, ist der Vorgang zu wiederholen.

#### Demontage

Beim Ausbau der Präzisions-Wellenmuttern können die Sicherungsstifte auch nach dem Lösen der Gewindestifte noch fest auf dem Wellengewinde sitzen. Dieser feste Sitz kann durch leichte Schläge mit einem Gummihammer auf die Mutter in der Nähe der Gewindestifte gelockert werden.

Bild 8



## KMD Präzisions-Wellenmuttern

Die KMD Präzisions-Wellenmuttern werden mit einer Schutzvorrichtung zwischen dem Sicherungs- und Spannteil geliefert. Die axialen Spannschrauben sind „fingerfest“ angezogen, um die Schutzvorrichtung zu fixieren. Einbau der Wellenmutter (→ **Bild 9**):

- 1 Die Spannschrauben (1) um eine halbe Drehung lösen, sie aber nicht entfernen!
- 2 Die Schutzvorrichtung (2) zwischen den beiden Hälften der Wellenmutter entfernen.
- 3 Das Sicherungs- und Spannteil zusammenhalten und auf die Welle aufschrauben. Beim Aufschrauben des Spannteils auf das Wellengewinde bildet sich zwischen den beiden Teilen ein Spalt etwa folgender Breite:
  - 0,6 mm bei KMD 4 Wellenmuttern
  - 1,0 mm bei KMD 5 bis KMD 15 Wellenmuttern
  - 1,2 mm bei KMD 16 bis KMD 21 Wellenmuttern

Die verbleibenden Schritte richten sich danach, ob eine exakte Position auf der Welle eingestellt werden muss.

### Wenn keine präzise Positionierung erforderlich ist

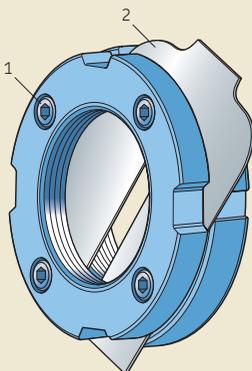
- 4 Die Wellenmutter bis zur Endposition auf dem Wellengewinde aufschrauben, dazu den Hakenschlüssel in eine der am Umfang des Sicherungsteils eingebrachten Nuten ansetzen und die Mutter anziehen.

- 5 Die Spannschrauben gleichmäßig und wechselweise über Kreuz anziehen, bis das empfohlene Anzugsmoment erreicht ist (→ **Produkttablelle, Seite 388**). Die Größe der jeweiligen Spannschrauben ist in den Produkttabellen angegeben.

### Wenn eine präzise Positionierung erforderlich ist

- 4 Die Wellenmutter bis zur ungefähren Position auf dem Wellengewinde aufschrauben, dazu den Hakenschlüssel in eine der am Umfang des Sicherungsteils eingebrachten Nuten ansetzen und die Mutter anziehen.
- 5 Die Spannschrauben gleichmäßig und wechselweise über Kreuz bis zur Hälfte des empfohlenen Anzugsmoments anziehen (→ **Produkttablelle**). Die Größe der jeweiligen Spannschrauben ist in den Produkttabellen angegeben.
- 6 Die Mutter bis zur Endposition auf der Welle anziehen (dazu den Hakenschlüssel in eine der am Umfang des Sicherungsteils eingebrachten Nuten ansetzen).
- 7 Die Spannschrauben gleichmäßig und wechselweise über Kreuz bis zum vollen empfohlenen Anzugsmoments anziehen.

Bild 9



# Bezeichnungsschema

**Beispiele:** KMTA 24  
KMD 12 P

KMTA	24	
KMD	12	P

## Kurzzeichen

**KMT** Präzisions-Wellenmutter mit metrischem ISO Gewinde und Sicherungsstiften  
**KMTA** Präzisions-Wellenmutter mit metrischem ISO Gewinde, Sicherungsstiften und zylindrischer Mantelfläche (teilweise mit anderer Gewindesteigung als die KMT Wellenmuttern)  
**KMD** Axial geteilte Präzisions-Wellenmutter mit Spannschrauben und metrischem ISO Gewinde

## Muttergröße

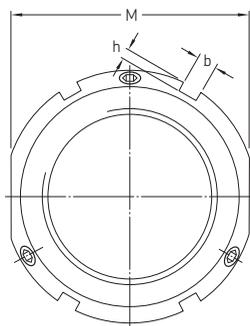
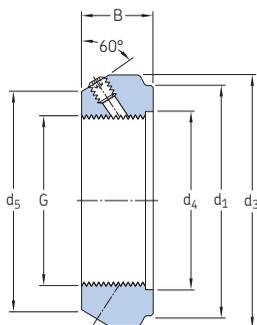
**0** 10 mm Gewindedurchmesser  
**1** 12 mm Gewindedurchmesser  
**2** 15 mm Gewindedurchmesser  
**3** 17 mm Gewindedurchmesser  
**4** (x5) 20 mm Gewindedurchmesser  
 bis  
**84** (x5) 420 mm Gewindedurchmesser

## Werkstoff

**-** Stahl  
**P** Sinterstahl (nur bei KMD 11 und KMD 12 Wellenmuttern)



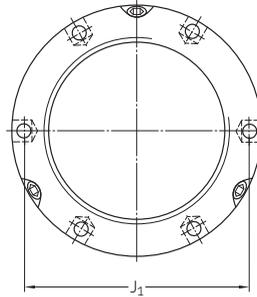
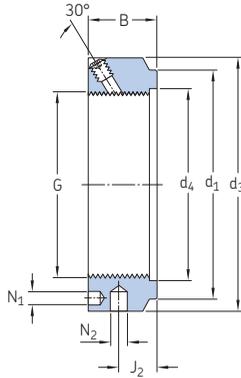
## 7.1 KMT Präzisions-Wellenmuttern M 10x0,75 – M 200x3



Abmessungen		Axiale Trag- fähigkeit stat.	Gewicht	Kurzzeichen Wellen- mutter	Passender Haken- schlüssel	Gewindestift Größe	Empfohlenes Anzugsmoment							
G	d <sub>1</sub>							d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	B	b	h	M
mm		kN	kg	-	-	Nm								
M 10x0,75	23	28	11	21	14	4	2	24	35	0,045	<b>KMT 0</b>	HN 2-3	M 5	4,5
M 12x1	25	30	13	23	14	4	2	27	40	0,05	<b>KMT 1</b>	HN 4	M 5	4,5
M 15x1	28	33	16	26	16	4	2	30	60	0,075	<b>KMT 2</b>	HN 4	M 5	4,5
M 17x1	33	37	18	29	18	5	2	34	80	0,1	<b>KMT 3</b>	HN 5-6	M 6	8
M 20x1	35	40	21	32	18	5	2	36	90	0,11	<b>KMT 4</b>	HN 5-6	M 6	8
M 25x1,5	39	44	26	36	20	5	2	41	130	0,13	<b>KMT 5</b>	HN 5-6	M 6	8
M 30x1,5	44	49	32	41	20	5	2	46	160	0,16	<b>KMT 6</b>	HN 7	M 6	8
M 35x1,5	49	54	38	46	22	5	2	50	190	0,19	<b>KMT 7</b>	HN 7	M 6	8
M 40x1,5	59	65	42	54	22	6	2,5	60	210	0,3	<b>KMT 8</b>	HN 8-9	M 8	18
M 45x1,5	64	70	48	60	22	6	2,5	65	240	0,33	<b>KMT 9</b>	HN 10-11	M 8	18
M 50x1,5	68	75	52	64	25	7	3	70	300	0,4	<b>KMT 10</b>	HN 10-11	M 8	18
M 55x2	78	85	58	74	25	7	3	80	340	0,54	<b>KMT 11</b>	HN 12-13	M 8	18
M 60x2	82	90	62	78	26	8	3,5	85	380	0,61	<b>KMT 12</b>	HN 12-13	M 8	18
M 65x2	87	95	68	83	28	8	3,5	90	460	0,71	<b>KMT 13</b>	HN 15	M 8	18
M 70x2	92	100	72	88	28	8	3,5	95	490	0,75	<b>KMT 14</b>	HN 15	M 8	18
M 75x2	97	105	77	93	28	8	3,5	100	520	0,8	<b>KMT 15</b>	HN 16	M 8	18
M 80x2	100	110	83	98	32	8	3,5	-	620	0,9	<b>KMT 16</b>	HN 17	M 8	18
M 85x2	110	120	88	107	32	10	4	-	650	1,15	<b>KMT 17</b>	HN 18-20	M 10	35
M 90x2	115	125	93	112	32	10	4	-	680	1,2	<b>KMT 18</b>	HN 18-20	M 10	35
M 95x2	120	130	98	117	32	10	4	-	710	1,25	<b>KMT 19</b>	HN 18-20	M 10	35
M 100x2	125	135	103	122	32	10	4	-	740	1,3	<b>KMT 20</b>	HN 21-22	M 10	35

Abmessungen								Axiale Trag- fähigkeit stat.	Gewicht	Kurzzeichen Wellen- mutter	Passender Haken- schlüssel	Gewindestift	
G	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	B	b	h					Größe	Empfohlenes Anzugsmoment
mm								kN	kg	–	–	Nm	
<b>M 110x2</b>	134	145	112	132	32	10	4	800	1,45	<b>KMT 22</b>	HN 21-22	M 10	35
<b>M 120x2</b>	144	155	122	142	32	10	4	860	1,6	<b>KMT 24</b>	HN 21-22	M 10	35
<b>M 130x2</b>	154	165	132	152	32	12	5	920	1,7	<b>KMT 26</b>	TMFN 23-30	M 10	35
<b>M 140x2</b>	164	175	142	162	32	14	5	980	1,8	<b>KMT 28</b>	TMFN 23-30	M 10	35
<b>M 150x2</b>	174	185	152	172	32	14	5	1 040	1,95	<b>KMT 30</b>	TMFN 23-30	M 10	35
<b>M 160x3</b>	184	195	162	182	32	14	5	1 100	2,1	<b>KMT 32</b>	TMFN 23-30	M 10	35
<b>M 170x3</b>	192	205	172	192	32	14	5	1 160	2,2	<b>KMT 34</b>	TMFN 30-40	M 10	35
<b>M 180x3</b>	204	215	182	202	32	16	5	1 220	2,3	<b>KMT 36</b>	TMFN 30-40	M 10	35
<b>M 190x3</b>	214	225	192	212	32	16	5	1 280	2,4	<b>KMT 38</b>	TMFN 30-40	M 10	35
<b>M 200x3</b>	224	235	202	222	32	18	5	1 340	2,5	<b>KMT 40</b>	TMFN 30-40	M 10	35

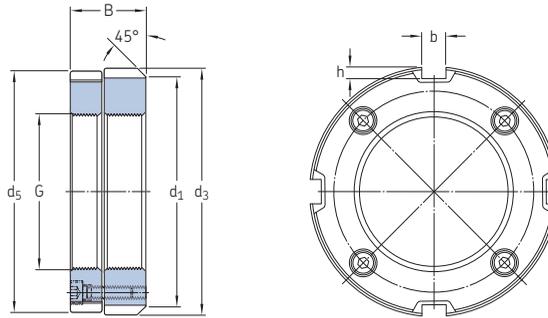
## 7.2 KMTA Präzisions-Wellenmuttern M 25x1,5 – M 200x3



Abmessungen		Axiale Tragfähigkeit stat.		Gewicht		Kurzzeichen		Gewindestift						
G	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	B	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	Wellenmutter	Passender Hakenschlüssel	Größe	Empfohlenes Anzugsmoment				
mm							–	–	–	Nm				
M 25x1,5	35	42	26	20	32,5	11	4,3	4	130	0,13	<b>KMTA 5</b>	B 40-42	M 6	8
M 30x1,5	40	48	32	20	40,5	11	4,3	5	160	0,16	<b>KMTA 6</b>	B 45-50	M 6	8
M 35x1,5	47	53	38	20	45,5	11	4,3	5	190	0,19	<b>KMTA 7</b>	B 52-55	M 6	8
M 40x1,5	52	58	42	22	50,5	12	4,3	5	210	0,23	<b>KMTA 8</b>	B 58-62	M 6	8
M 45x1,5	58	68	48	22	58	12	4,3	6	240	0,33	<b>KMTA 9</b>	B 68-75	M 6	8
M 50x1,5	63	70	52	24	61,5	13	4,3	6	300	0,34	<b>KMTA 10</b>	B 68-75	M 6	8
M 55x1,5	70	75	58	24	66,5	13	4,3	6	340	0,37	<b>KMTA 11</b>	B 68-75	M 6	8
M 60x1,5	75	84	62	24	74,5	13	5,3	6	380	0,49	<b>KMTA 12</b>	B 80-90	M 8	18
M 65x1,5	80	88	68	25	78,5	13	5,3	6	460	0,52	<b>KMTA 13</b>	B 80-90	M 8	18
M 70x1,5	86	95	72	26	85	14	5,3	8	490	0,62	<b>KMTA 14</b>	B 95-100	M 8	18
M 75x1,5	91	100	77	26	88	13	6,4	8	520	0,66	<b>KMTA 15</b>	B 95-100	M 8	18
M 80x2	97	110	83	30	95	16	6,4	8	620	1	<b>KMTA 16</b>	B 110-115	M 8	18
M 85x2	102	115	88	32	100	17	6,4	8	650	1,15	<b>KMTA 17</b>	B 110-115	M 10	35
M 90x2	110	120	93	32	108	17	6,4	8	680	1,2	<b>KMTA 18</b>	B 120-130	M 10	35
M 95x2	114	125	98	32	113	17	6,4	8	710	1,25	<b>KMTA 19</b>	B 120-130	M 10	35
M 100x2	120	130	103	32	118	17	6,4	8	740	1,3	<b>KMTA 20</b>	B 120-130	M 10	35
M 110x2	132	140	112	32	128	17	6,4	8	800	1,45	<b>KMTA 22</b>	B 135-145	M 10	35
M 120x2	142	155	122	32	140	17	6,4	8	860	1,85	<b>KMTA 24</b>	B 155-165	M 10	35
M 130x3	156	165	132	32	153	17	6,4	8	920	2	<b>KMTA 26</b>	B 155-165	M 10	35
M 140x3	166	180	142	32	165	17	6,4	10	980	2,45	<b>KMTA 28</b>	B 180-195	M 10	35
M 150x3	180	190	152	32	175	17	6,4	10	1 040	2,6	<b>KMTA 30</b>	B 180-195	M 10	35

Abmessungen										Axiale Trag- fähigkeit stat.	Gewicht	Bezeichnungen		Gewindestift	
G	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	B	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Wellen- mutter			Passender Haken- schlüssel	Größe	Empfohlenes Anzugsmoment	
mm									kN	kg	–	–	Nm		
<b>M 160x3</b>	190	205	162	32	185	17	8,4	10	1 100	3,15	<b>KMTA 32</b>	B 205-220	M 10 35		
<b>M 170x3</b>	205	215	172	32	195	17	8,4	10	1 160	3,3	<b>KMTA 34</b>	B 205-220	M 10 35		
<b>M 180x3</b>	215	230	182	32	210	17	8,4	10	1 220	3,9	<b>KMTA 36</b>	B 230-245	M 10 35		
<b>M 190x3</b>	225	240	192	32	224	17	8,4	10	1 280	4,1	<b>KMTA 38</b>	B 230-245	M 10 35		
<b>M 200x3</b>	237	245	202	32	229	17	8,4	10	1 340	3,85	<b>KMTA 40</b>	B 230-245	M 10 35		

## 7.3 KMD Präzisions-Wellenmuttern mit Spannschrauben M 20x1 – M 105x2



Abmessungen							Axiale Trag- fähigkeit stat.	Gewicht kg	Kurzzeichen Wellen- mutter	Passender Haken- schlüssel	Gewindestift	
G	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>5</sub>	B	b	h					Größe	Empfohlenes Anzugsmoment
mm							kN	kg	-	-	Nm	
M 20x1	38	40	39	18	5	2	70	0,11	<b>KMD 4</b>	<b>HN 5-6</b>	M 4	4,2
M 25x1,5	43	45	44	20	5	2	95	0,14	<b>KMD 5</b>	<b>HN 5-6</b>	M 4	4,2
M 30x1,5	48	50	49	20	5	2	105	0,2	<b>KMD 6</b>	<b>HN 5-6</b>	M 4	4,2
M 35x1,5	53	58	57	22	6	2,5	120	0,24	<b>KMD 7</b>	<b>HN 8-9</b>	M 4	4,2
M 40x1,5	58	63	62	22	6	2,5	130	0,27	<b>KMD 8</b>	<b>HN 8-9</b>	M 4	4,2
M 45x1,5	66,5	71,5	70,5	22	7	3	150	0,36	<b>KMD 9</b>	<b>HN 10-11</b>	M 4	4,2
M 50x1,5	70	75	74	25	7	3	200	0,41	<b>KMD 10</b>	<b>HN 10-11</b>	M 4	4,2
M 55x2	75	80	79	25	7	3	160	0,46	<b>KMD 11 P</b>	<b>HN 12-13</b>	M 4	4,2
M 60x2	80	85	84	26	7	3	175	0,5	<b>KMD 12 P</b>	<b>HN 12-13</b>	M 4	4,2
M 65x2	85	90	89	28	8	3,5	295	0,63	<b>KMD 13</b>	<b>HN 14</b>	M 5	8,4
M 70x2	90	95	94	28	8	3,5	320	0,67	<b>KMD 14</b>	<b>HN 14</b>	M 5	8,4
M 75x2	95	100	99	28	8	3,5	340	0,72	<b>KMD 15</b>	<b>HN 15</b>	M 5	8,4
M 80x2	105	110	109	32	8	3,5	445	1,05	<b>KMD 16</b>	<b>HN 17</b>	M 6	14,2
M 85x2	110	115	114	32	10	4	470	1,2	<b>KMD 17</b>	<b>HN 17</b>	M 6	14,2
M 90x2	115	120	119	32	10	4	500	1,2	<b>KMD 18</b>	<b>HN 18-20</b>	M 6	14,2
M 95x2	120	125	124	32	10	4	525	1,25	<b>KMD 19</b>	<b>HN 18-20</b>	M 6	14,2
M 100x2	125	130	129	32	10	4	555	1,3	<b>KMD 20</b>	<b>HN 18-20</b>	M 6	14,2
M 105x2	130	135	134	32	10	4	580	1,35	<b>KMD 21</b>	<b>HN 18-20</b>	M 6	14,2





# Messgeräte

<b>Kegellehrringe der Reihe GRA 30</b> . . . . .	<b>393</b>
Messoptionen. . . . .	393
Abmessungen kegelliger Sitze. . . . .	393
<b>8.1</b> Produkttabelle . . . . .	394
<b>Kegelmessgeräte der Reihe DMB</b> . . . . .	<b>396</b>
Messungen. . . . .	396
Genauigkeit . . . . .	397
<b>8.2</b> Produkttabelle . . . . .	398
<b>Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10</b> . . . . .	<b>400</b>
Messen. . . . .	401
Genauigkeit . . . . .	401
<b>8.3</b> Produkttabelle . . . . .	402
<b>Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49</b> . . . . .	<b>404</b>
Messen. . . . .	405
Genauigkeit . . . . .	405
<b>8.4</b> Produkttabelle . . . . .	406

Herkömmliche Messverfahren und -geräte sind nicht immer dafür geeignet, Schrägschultern zu überprüfen oder den inneren und äußeren Hüllkreisdurchmesser des Rollensatzes in einem Zylinderrollenlager in hochgenauen Anwendungen zu messen. Daher hat SKF eine Reihe von Messgeräten speziell für hochgenaue Messungen beim Einbau von Zylinderrollenlagern mit kegeliger Bohrung entwickelt. Die Messgeräte können auch für andere Anwendungen eingesetzt werden.

Die Kegellehrringe der Reihe GRA 30 und die Kegelmessgeräte der Reihe DMB (→ **Seite 396**) eignen sich für die gängigsten kegeligen Lagersitze. Ein GRA Kegellehrring eignet sich nur für den kegeligen Wellensitz einer einzigen Lagergröße. Mit den Kegelmessgeräten der Reihe DMB lassen sich dagegen kegelige Lagersitze unterschiedlicher Durchmesser prüfen, auch mit einer anderen Kegeligkeit als 1:12.

Zur genauen Einstellung der Lagerluft bzw. Vorspannung beim Einbau eines Zylinderrollenlagers mit kegeliger Bohrung muss der innere oder äußere Hüllkreisdurchmesser des Rollensatzes bzw. der Rollensätze genau gemessen werden. Die SKF Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 (→ **Seite 400**) sowie der Reihe GB 49 (→ **Seite 404**) ermöglichen eine einfache und präzise Messung dieser Merkmale.

Ausführliche Informationen über weitere SKF Messgeräte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

## Kegellehringe der Reihe GRA 30

Die SKF Kegellehringe aus der Reihe GRA 30 (→ **Bild 1**) werden zur Kontrolle von kegeligen Wellensitzen für Zylinderrollenlager der Reihe NN 30 K verwendet. Wellensitze für Lager der Reihen NNU 49 BK und N 10 K können ebenfalls mit einem Kegellehring der Reihe GRA 30 überprüft werden.

Kegellehringe der Reihe GRA 30 werden für kegelige Wellensitze mit  $d \leq 200$  mm angeboten. Für kegelige Wellensitze mit  $d > 200$  mm empfiehlt SKF die Verwendung eines Kegelmessgeräts (→ *DMB Kegelmessgeräte*, **Seite 396**), da Kegellehringe für  $d > 200$  mm aufgrund ihres Gewichts nur schwer zu beherrschen wären.

### Messoptionen

Kegellehringe der Reihe GRA 30 werden hauptsächlich zur Bestimmung der Lage kegeliger Sitze gegenüber einer Bezugsfläche auf einer Welle eingesetzt. Die Bezugsfläche eines GRA 30 Lehrings liegt auf der Seite seines großen Bohrungsdurchmessers. Die Bezugsfläche auf der Welle ist entweder vor oder hinter der Skalenfläche des Lehrings. Mit GRA 30 Kegellehringen kann auch kontrolliert werden, ob die Mittellinie des kegeligen Sitzes rechtwinklig zur Bezugsfläche auf der Welle steht. Dazu wird an verschiedenen Stellen am Umfang der Abstand zwischen der Bezugsfläche auf dem Lehring und der Bezugsfläche auf der Welle gemessen.

Formabweichungen des Kegels lassen sich mit blauem Farbstoff erkennen.

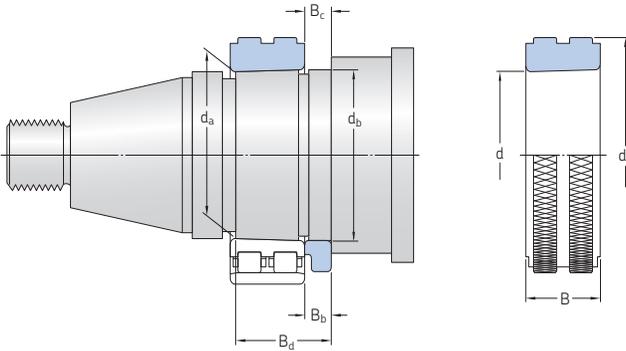
### Abmessungen kegeliger Sitze

SKF empfiehlt für Lager der Reihe NN 30 K die Ausführung kegeliger Sitze entsprechend den Angaben in den Produkttabellen (→ **Seite 294**). Bei Verwendung anderer Abmessungen oder Lagerreihen sollte die Referenzlänge  $B_c$  immer größer sein als  $B_p$ , die Breite des Zwischenrings (→ **Produkttable**, **Seite 394**). Das ist erforderlich, weil das Lager weiter nach oben auf den Sitz getrieben wird als der Lehring (je nach geforderter Lagerluft bzw. Vorspannung). Daher ist die Referenzbreite immer größer zu wählen als die Breite des Zwischenrings. Die Differenz sollte mindestens der Differenz  $B_c - B_p$  entsprechen (→ **Produkttable**).



## 8.1 Kegellehring der Reihe GRA 30

d 25 – 200 mm



Lager Kurzzeichen	Lagersitz Abmessungen				Toleranz	B <sub>d</sub>	Kegellehring Abmessungen			Gewicht	Kurzzeichen
	d <sub>a</sub>	d <sub>b</sub>	B <sub>b</sub>	B <sub>c</sub> Nenn- maß			d	d <sub>1</sub>	B		
–	mm						mm			kg	–
NN 3005 K	25,1	27	4	4,2	±0,1	19	25	46	16	0,13	GRA 3005
NN 3006 KTN	30,1	32	6	6,2	±0,1	24	30	52	19	0,18	GRA 3006
NN 3007 K	35,1	37	6	6,2	±0,1	25	35	57	20	0,21	GRA 3007
NN 3008 KTN	40,1	42	8	8,2	±0,1	28	40	62	21	0,26	GRA 3008
NN 3009 KTN	45,1	47	8	8,2	±0,1	30	45	67	23	0,31	GRA 3009
NN 3010 KTN	50,1	52	8	8,2	±0,1	30	50	72	23	0,34	GRA 3010
NN 3011 KTN	55,15	57	8	8,3	±0,12	32,5	55	77	26	0,42	GRA 3011
NN 3012 KTN	60,15	62	10	10,3	±0,12	34,5	60	82	26	0,45	GRA 3012
NN 3013 KTN	65,15	67	10	10,3	±0,12	34,5	65	88	26	0,51	GRA 3013
NN 3014 KTN	70,15	73	10	10,3	±0,12	38,5	70	95	30	0,69	GRA 3014
NN 3015 KTN	75,15	78	10	10,3	±0,12	38,5	75	100	30	0,73	GRA 3015
NN 3016 KTN	80,15	83	12	12,3	±0,12	44,5	80	105	34	0,88	GRA 3016
NN 3017 KTN9	85,2	88	12	12,4	±0,15	44	85	112	34	1	GRA 3017
NN 3018 KTN9	90,2	93	12	12,4	±0,15	47	90	120	37	1,3	GRA 3018
NN 3019 KTN9	95,2	98	12	12,4	±0,15	47	95	128	37	1,55	GRA 3019
NN 3020 KTN9	100,2	103	12	12,4	±0,15	47	100	135	37	1,7	GRA 3020
NN 3021 KTN9	105,2	109	12	12,4	±0,15	51	105	142	41	2,1	GRA 3021
NN 3022 KTN9	110,25	114	12	12,5	±0,15	54,5	110	150	45	2,6	GRA 3022
NN 3024 KTN9	120,25	124	15	15,5	±0,15	58,5	120	162	46	3,05	GRA 3024
NN 3026 KTN9	130,25	135	15	15,5	±0,15	64,5	130	175	52	3,95	GRA 3026

Lager Kurzzeichen	Lagersitz Abmessungen					B <sub>d</sub>	Kegellehring Abmessungen			Gewicht	Kurzzeichen
	d <sub>a</sub>	d <sub>b</sub>	B <sub>b</sub>	B <sub>c</sub> Nenn- maß	Toleranz		d	d <sub>1</sub>	B		
–	mm						mm			kg	–
NN 3028 K	140,3	145	15	15,6	±0,15	65	140	188	53	4,75	GRA 3028
NN 3030 K	150,3	155	15	15,6	±0,15	68	150	200	56	5,6	GRA 3030
NN 3032 K	160,3	165	15	15,6	±0,15	72	160	215	60	6,8	GRA 3032
NN 3034 K	170,3	176	15	15,6	±0,15	79	170	230	67	8,8	GRA 3034
NN 3036 K	180,35	187	20	20,7	±0,15	90,5	180	245	74	11,5	GRA 3036
NN 3038 K	190,35	197	20	20,7	±0,18	91,5	190	260	75	13	GRA 3038
NN 3040 K	200,35	207	20	20,7	±0,18	98,5	200	270	82	15	GRA 3040

## Kegelmessgeräte der Reihe DMB

SKF Kegelmessgeräte der Reihe DMB ermöglichen schnelle und präzise Kontrollen der Durchmesser und Winkel von Außenkegeln. Sie eignen sich für die Endkontrollen sowie für Zwischenkontrollen während der mechanischen Bearbeitung. SKF Kegelmessgeräte der Reihe DMB werden für Schrägschultern von  $d = 40$  bis  $360$  mm angeboten.

DMB Kegelmessgeräte (→ **Bild 2**) bestehen aus:

- zwei Sätteln (**a**), in einem festen Abstand fest miteinander verbunden
- einem Messstift (**b**), platziert in jedem Sattel
- zwei einstellbaren Radialanschlügen (**c** und **d**) in jedem Sattel, in einem Abstand von  $90^\circ$  zu den Messstiften
- einem axialen Anschlag (**e**) zur axialen Festsetzung der Messuhr auf dem Kegel

Durch Einstellung der Messstifte und Radialanschlüge können alle Kegelwinkel zwischen  $0^\circ$  und  $6^\circ$  und alle Durchmesser im Messbereich der Uhr bestimmt werden. Markierungen auf den Skalen zeigen die Einstellungen für 1:12- und 1:30-Kegel an.

SKF Kegelmessgeräte der Reihe DMB werden serienmäßig mit zwei Messuhren ausgeliefert. Maßgefertigte Referenzkegel sind auf Anfrage erhältlich.

### Messungen

Radialanschlüge und gerade Kanten der Messstifte mit den Skalen auf den gewünschten Durchmesser und Kegelwinkel einstellen. Anschließend den Axialanschlag für den zu messenden Kegel einstellen. Messuhr auf einen Referenzkegel setzen und auf null stellen. Die Uhr ist jetzt messbereit.

Das SKF Kegelmessgerät der Reihe DMB auf den zu messenden Kegel setzen und darauf achten, dass er fest am Axialanschlag sitzt. Messwert ablesen. Die angezeigten Messwerte sind die Durchmesserabweichungen. Eine Differenz zwischen den beiden Anzeigen gibt die Abweichung des Kegelwinkels an.

Während der Messung sollte die Messuhr schräg in einem Winkel von ca.  $10^\circ$  zur Horizontalebene stehen (→ **Bild 3**). In dieser Position liegen die radialen und axialen Anschläge der Uhr auf dem Kegel.

Bild 2

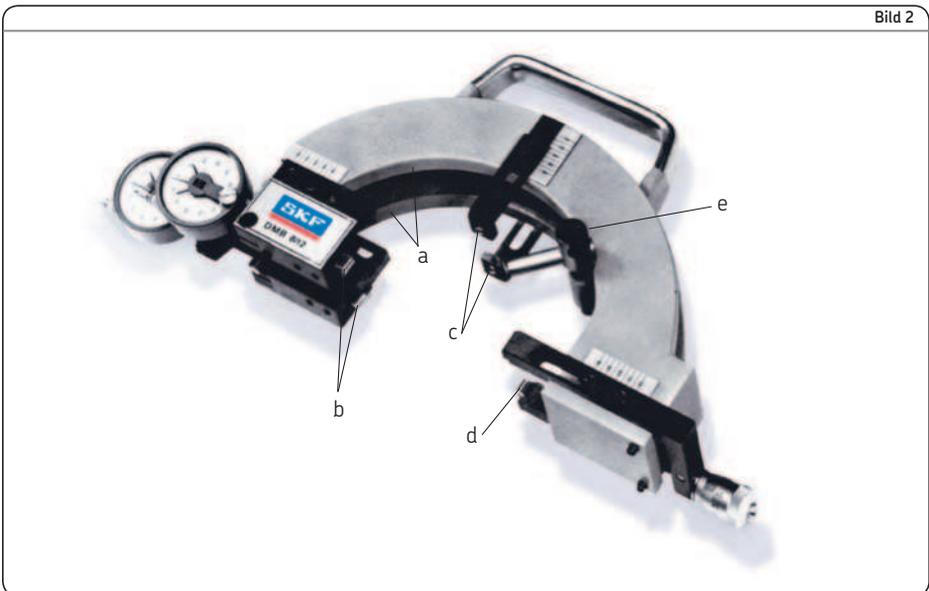
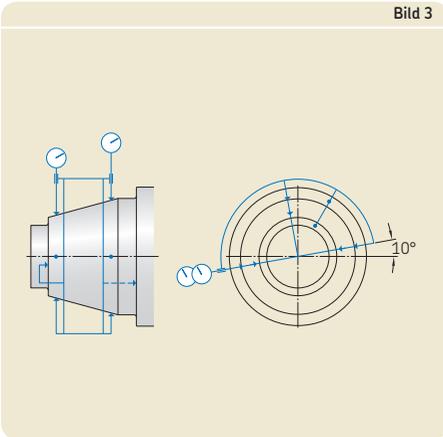


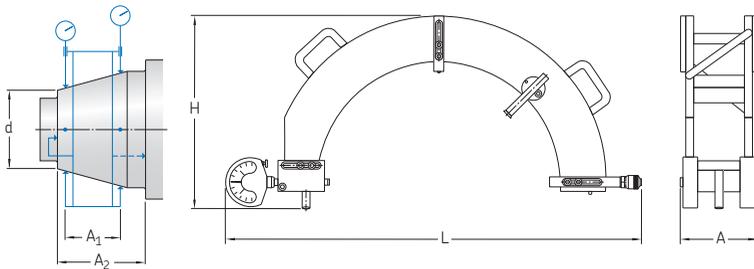
Bild 3



### Genauigkeit

Die Messgenauigkeit von SKF Kegelmessgeräten der Reihe DMB beträgt  $1\ \mu\text{m}$  für  $d < 280\ \text{mm}$  und  $1,5\ \mu\text{m}$  für  $d \geq 280\ \text{mm}$ .

## 8.2 Kegelmessgeräte der Reihe DMB d 40 – 360 mm



Kegel Durchmesser		Kegelmessgerät Abmessungen					Gewicht	Kurzzeichen
d von	bis	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	H	L		
mm		mm					kg	-
40	55	36	18	28	140	320	2,5	DMB 4/5,5
50	85	38	20	30	160	350	2,5	DMB 5/8,5
80	120	48	30	40	190	380	3	DMB 8/12
120	160	58	40	50	190	425	3,5	DMB 12/16
160	200	74	50	64	190	465	4,5	DMB 16/20
200	240	84	60	74	215	505	5,5	DMB 20/24
240	280	99	75	89	240	540	7	DMB 24/28
280	320	114	90	104	265	590	8,5	DMB 28/30
320	360	114	90	104	290	640	10	DMB 32/36



## Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10

Die SKF Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 eignen sich für die zweireihigen Zylinderrollenlager der Reihen NN 3006 K bis NN 3068 K (Messgeräte GB 30) und für die einreihigen Zylinderrollenlager der Reihen N 1010 K bis NN 1020 K (Messgeräte GB 10). Die Messgeräte der Reihe GB 30 können im Allgemeinen auch für einreihige Lager der Reihen N 10 K verwendet werden. Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 messen den äußeren Hüllkreisdurchmesser von Rollensätzen, d. h. den Durchmesser über den Rollen beim Kontakt mit der Innenringlaufbahn, sehr genau.

Je nach Größe bestehen die Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 entweder aus einem zweiteiligen oder aus einem geschlitzten Grundkörper mit zwei Skalen an den entgegengesetzten Seiten (→ Bild 4). Der Grundkörper lässt sich mit einer Stellschraube vergrößern. Dadurch wird das Gerät über den

Innenring mit Rollenkranz gedrückt, ohne dass die Rollen oder Skalen beschädigt werden. Die Messzone, die mit einer Hälfte des Grundkörpers verbunden ist, überträgt den von beiden Zonen gemessenen Durchmesser an eine Messuhr.

Bild 4



## Messen

In der Regel wird wie folgt gemessen:

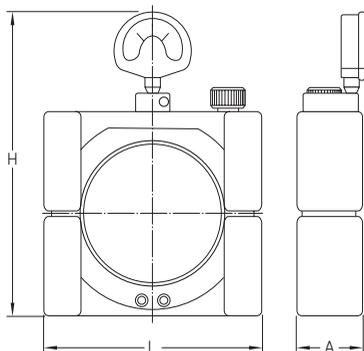
- 1 Eine Messuhr am Laufbahndurchmesser des montierten Außenrings ansetzen und die Anzeige auf null stellen.
- 2 Messuhr in die Mitte der Messzone des Hüllkreismessgeräts GB 30 oder GB 10 schieben. Das GB 30 oder GB 10 Messgerät einstellen, bis die Messuhr auf null steht (minus Korrekturwert für GB 30 oder GB 10 laut Gebrauchsanweisung).
- 3 Das GB 30 oder GB 10 Messgerät weiter justieren. Dazu das Maß des Messgeräts um den Wert der gewünschten Vorspannung erhöhen oder um die gewünschte Lagerluft reduzieren. Die Anzeige an GB 30 oder GB 10 auf null stellen.
- 4 Den Lagerinnenring mit Rollensatz auf dem kegeligen Wellensitz platzieren. Das GB 30 oder GB 10 Messgerät über den Rollen ausrichten und den Innenring auf den kegeligen Sitz treiben, bis die Messuhr an GB 30 oder GB 10 null anzeigt.

Weitergehende Informationen, siehe *Einbau* auf **Seite 280**.

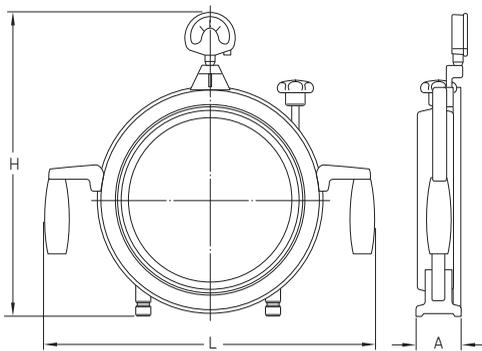
## Genauigkeit

Die Genauigkeit der Messgeräte GB 30 und GB 10 beträgt weniger als  $1\ \mu\text{m}$  für Größen  $\leq 20$  (GB 3006 bis GB 3020 und GB 1010 bis GB 1020) und weniger als  $2\ \mu\text{m}$  für Größen  $\geq 21$  (GB 3021 bis GB 3068).

### 8.3 Hüllkreismessgeräte der Reihen GB 30 und GB 10 für Zylinderrollenlager NN 3006 KTN – NN 3068 K N 1010 K – N 1020 K



GB 3006 ... GB 3020  
 GB 1010 ... GB 1020



GB 3021 ... GB 3068

Lager Kurzzeichen	Hüllkreismessgerät Abmessungen			Gewicht	Kurzzeichen
	L	H	A		
–	mm			kg	–
NN 3006 KTN	107	175	36	2	GB 3006
NN 3007 K	112	180	37	2	GB 3007
NN 3008 KTN	117	185	39	2	GB 3008
NN 3009 KTN	129	197	40	2,5	GB 3009
NN 3010 KTN	134	202	40	2,5	GB 3010
N 1010 K	134	207	33	2	GB 1010
NN 3011 KTN	144	212	43	3,5	GB 3011
N 1011 K	144	217	35	2,3	GB 1011
NN 3012 KTN	152	222	44	4	GB 3012
N 1012 K	152	225	36	2,7	GB 1012
NN 3013 KTN	157	225	44	4	GB 3013
N 1013 K	157	230	36	3	GB 1013
NN 3014 KTN	164	232	48	5	GB 3014
N 1014 K	164	237	38	3,2	GB 1014
NN 3015 KTN	168	236	48	5	GB 3015
N 1015 K	168	241	38	3,4	GB 1015
NN 3016 KTN	176	244	52	6	GB 3016
N 1016 K	176	249	40	4	GB 1016
NN 3017 KTN9	185	253	53	6,5	GB 3017
N 1017 K	185	258	41	4,5	GB 1017
NN 3018 KTN9	198	266	56	8	GB 3018
N 1018 K	198	271	43	5,5	GB 1018
NN 3019 KTN9	203	271	56	9	GB 3019
N 1019 K	203	276	43	5,8	GB 1019
NN 3020 KTN9	212	280	56	9	GB 3020
N 1020 K	212	285	43	6,5	GB 1020

Lager Kurzzeichen	Hüllkreismessgerät Abmessungen			Gewicht	Kurzzeichen
	L	H	A		
–	mm			kg	–
NN 3021 KTN9	322	350	46	10,5	GB 3021
NN 3022 KTN9	332	362	46	11	GB 3022
NN 3024 KTN9	342	376	48	12	GB 3024
NN 3026 KTN9	364	396	54	13	GB 3026
NN 3028 K	378	410	54	14,5	GB 3028
NN 3030 K	391	426	58	15	GB 3030
NN 3032 K	414	446	60	16	GB 3032
NN 3034 K	430	464	62	17	GB 3034
NN 3036 K	454	490	70	17,5	GB 3036
NN 3038 K	468	504	70	18	GB 3038
NN 3040 K	488	520	74	19	GB 3040
NN 3044 K	575	514	85	26	GB 3044
NN 3048 K	605	534	87	28	GB 3048
NN 3052 K	654	580	104	41	GB 3052
NN 3056 K	680	607	106	45	GB 3056
NN 3064 K	725	640	122	60	GB 3064
NN 3068 K	738	665	122	64	GB 3068

## Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49

Die SKF Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49 eignen sich für die zweireihigen Zylinderrollenlager der Reihen NNU 4920 BK bis NNU 4960 BK. Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49 messen den inneren Hüllkreisdurchmesser von Rollensätzen, d.h. den Durchmesser über den Rollen beim Kontakt mit der Außenringlaufbahn, sehr genau.

Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49 sind je nach Größe in zwei Ausführungen erhältlich (→ Bild 5). Sie haben einen geschlitzten Grundkörper, damit beide Messringhälften mit dem richtigen Anpressdruck für den Rollensatz (unter Berücksichtigung der Eigenelastizität des Werkstoffs) eingestellt werden können. Die äußere Mantelfläche des Messrings weist zwei entgegengesetzt geschliffene Messzonen auf. Der Grundkörper lässt sich mit einer Stellschraube zusammendrücken. Dadurch kann der Grund-

körper im Rollensatz positioniert werden, ohne dass die Rollen oder Skalen beschädigt werden.

Bild 5



GB 4920 ... GB 4938

GB 4940 ... GB 4960

## Messen

In der Regel wird wie folgt gemessen:

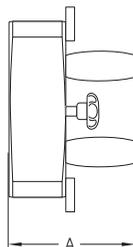
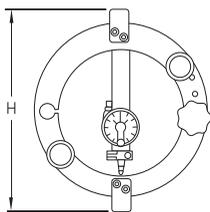
- 1 Das Messgerät GB 49 im Außenring mit Rollensatz ausrichten und die Stellschraube lösen, bis beide Messringhälften am Rollensatz anliegen.
- 2 Die Anzeige am Messgerät GB 49 auf null stellen.
- 3 Das Messgerät GB 49 mit der Stellschraube zusammendrücken und vom Außenring entfernen.
- 4 GB 49 mithilfe der Stellschraube zurücksetzen, sodass die Messuhr erneut null anzeigt.
- 5 Ein Bügelmessgerät am Messlehrendurchmesser von GB 49 ansetzen und die Anzeige des Bügelmessgeräts auf null stellen.
- 6 Den Innenring auf seinen kegeligen Sitz treiben und die Durchmessererweiterung mit dem Bügelmessgerät kontrollieren, bis die Messuhr null plus die gewünschte Vorspannung oder minus die gewünschte Lagerluft anzeigt.

Weitergehende Informationen, siehe *Einbau* auf Seite 280.

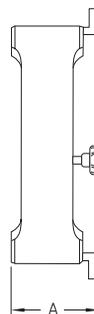
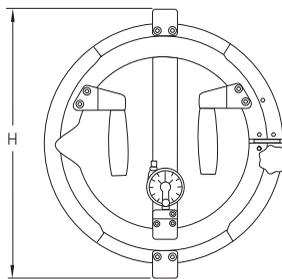
## Genauigkeit

Die Genauigkeit des Messgeräts GB 49 beträgt weniger als  $1\ \mu\text{m}$  für Größen  $\leq 38$  (GB 4920 bis GB 4938) und weniger als  $2\ \mu\text{m}$  für Größen  $\geq 40$  (GB 4940 bis GB 4960).

## 8.4 Hüllkreismessgeräte der Reihe GB 49 für Zylinderrollenlager NNU 4920 BK/SPW33 – NNU 4960 BK/SPW33



GB 4920 ... GB 4938



GB 4940 ... GB 4960

Lager Kurzzeichen	Hüllkreismessgerät Abmessungen		Gewicht	Kurzzeichen
	A	H		
–	mm		kg	–
NNU 4920 BK/SPW33	128	138	2,5	GB 4920
NNU 4921 BK/SPW33	128	143	3	GB 4921
NNU 4922 BK/SPW33	128	148	3	GB 4922
NNU 4924 BK/SPW33	133	162	3,5	GB 4924
NNU 4926 BK/SPW33	138	176	4	GB 4926
NNU 4928 BK/SPW33	138	186	4,5	GB 4928
NNU 4930 BK/SPW33	148	204	6	GB 4930
NNU 4932 BK/SPW33	148	212	6,5	GB 4932
NNU 4934 BK/SPW33	148	224	8	GB 4934
NNU 4936 BK/SPW33	157	237	9,5	GB 4936
NNU 4938 BK/SPW33	157	248	10,5	GB 4938
NNU 4940 BK/SPW33	105	263	12	GB 4940
NNU 4944 BK/SPW33	105	283	13	GB 4944
NNU 4948 BK/SPW33	105	303	14	GB 4948
NNU 4952 BK/SPW33	120	340	15	GB 4952
NNU 4956 BK/SPW33	120	360	17	GB 4956
NNU 4960 BK/SPW33	135	387	19	GB 4960



# Verzeichnisse

Stichwortverzeichnis . . . . .	409
Produktverzeichnis . . . . .	420

# Stichwortverzeichnis

## A

### A

- Axiallager für Gewindetriebe 342, 364–365
- Axial-Radial-Zylinderrollenlager 333
- Schräggugellager 197
- zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager 303, 311
- abgedichtete Lager
  - Axiallager für Gewindetriebe 344–345
  - Fettspezifikationen 104
  - Lagerungsbeständigkeit 125
  - Schräggugellager 136, 192
  - Waschen 136, 345
- Abhebekräfte
  - für Axiallager für Gewindetriebe 94, 360
  - für Schräggugellager 91–92
  - für zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager 94
- Abhebekräfte 322–323
- Ableitung
  - für Öl-Luft-Schmierung 117
  - in einer mehrgängigen Labyrinthdichtungsanordnung 96–97
- Abmessungsnormen 46
- Abstandshülsen 78
- Abstandsringe
  - Auswirkung auf das Einlaufen der Lager 111
  - für Öl-Luft-Schmierung 116
  - für Schräggugellager 166–172, 192–193
  - für Zylinderrollenlager 78, 282–285
- Abstandsringe 278
- AC** 130, 196
- ACB** 196
- ACD** 196
- ACE** 196
- Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) 56
- Alterung 55–56, 101, 114, 125
- Anfahren
  - Auswirkung der Schmierfettfüllung 37
  - beim Einlaufen 111–112, 124
  - Kriterien für die Schmierfettwahl 100
  - Vorteile der Vorspannung 90
  - Vorteile von Hybridlagern 133, 268, 304
- Anflanschen
  - mit Kartuschen (für Gewindetriebe) 342–343, 372–373
  - mit zweiseitig wirkenden Lagern (für Gewindetriebe) 341, 370–371
- Anordnung der Lager 57
- Anordnungen mit senkrechten Wellen
  - Anwendungsfälle 61, 131–132
  - Auswirkung auf die Schmierfrist 109
  - mit Axiallagern für Gewindetriebe 346–347
  - mit Fettschmierung 99
  - mit Öl-Luft-Schmierung 117
- Anschlussteile 20
  - Genauigkeit von Sitzen und Anlaufflächen 75–77, 325–326
  - Genauigkeit von Sitzen und Anlaufflächen (für Gewindetriebe) 349
  - Regeln für den Ein- und Ausbau 88–89
- Anschmieren 133, 268, 304
- Anwendungsfälle
  - für Axiallager für Gewindetriebe 350–351
  - für Axial-Radial-Zylinderrollenlager 320
  - für Schräggugellager 58–64, 131–132
  - für zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager 57, 59
  - für Zylinderrollenlager 57–59, 62
  - für Werkzeugmaschinen 57–64
- Anzugsmomente
  - für Präzisionswellenmuttern 384–388
  - für Schräggugellager als Festlager 183–189
- äquivalente Lagerbelastungen
  - dynamisch 33
  - statisch 36
- Äther 56
- auf Lebensdauer geschmiert 101
- Aufbewahrung
  - von Lagern 125, 330
  - von Schmierstoffen 122
- Ausbau
  - von Präzisionswellenmuttern 380
  - von Stufenhülsen 80–81, 87
- Ausbau 123–124
  - Axiallager für Gewindetriebe 341
  - Gestaltung der Lagerungen 88–89
  - Schräggugellager 124
  - Zylinderrollenlager 124
- außermittige Lasten 327
- Auswahlkriterien 20–32
- axiale Befestigung 78–87
  - mit Präzisionswellenmuttern 78, 375–389
  - mit Stufenhülsen 79, 80–87
- axiale Klemmkräfte 184, 186–188
- axiale Klemmkräfte 184, 186–188
- axiale Spannschrauben 377, 378, 381
- axiale Steifigkeit
  - von Axiallagern für Gewindetriebe 339, 356–359
  - von Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 322–323
  - von Schräggugellagern 173–182
  - von typischen Spindellageranordnungen 67
  - von zweiseitig wirkenden Axial-Schräggugellagern 309
  - von Zylinderrollenlagern 275–276
- axiale Verschiebbarkeit
  - in Schräggugellagern 31, 69, 91, 166
  - in Zylinderrollenlagern 31, 264, 269, 280
  - Kriterien für die Lagerauswahl 31
  - Kriterien für die Passungsauswahl 70, 72
- axiale Verschiebung 278–279, 280, 284
- axiale Vorspannung
  - in Axiallagern für Gewindetriebe 355–357, 358
  - in Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 322–323
  - in Schräggugellagern 151–172
  - in zweiseitig wirkenden Axial-Schräggugellagern 308
- Axiallager
  - Axial-Radial-Zylinderrollenlager 319–335
  - einseitig wirkende Lager (für Gewindetriebe) 340, 366–367
  - Kartuschen (für Gewindetriebe) 342–343, 372–373
  - zweiseitig wirkende Lager 301–317
  - zweiseitig wirkende Lager (für Gewindetriebe) 341, 368–371

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

## Verzeichnisse

Axiallager für Gewindetriebe 337–373  
abgedichtete Lager 339, 344–345  
Abhebekräfte 94–360  
Abmessungsnormen 353  
Anschlussteile 349  
Anwendungsfälle 350–351  
äquivalente Lagerbelastungen 361–362  
Ausbau 341  
Ausführungsvarianten 22, 338–345  
Auswahlkriterien 339  
Berührungswinkel 340–341  
Bezeichnungsschema 364–365  
Drehzahlen 41, 43, 339, 344, 363  
Einbau 123, 339, 345, 352, 362  
einseitig wirkende Lager 340, 366–367  
Erstbefüllung 101, 104–105  
Fettbezugsmengen 104, 367  
Fluchtungsfehler 346  
Käfige 344  
Kartuschen 342–343, 372–373  
Lagerungen 346–348  
Loslager 347  
Markierungen 352  
Momentsteifigkeit 357  
Nachschmierung 106–109, 341, 344  
Reibungsmoment 339, 346–360  
Schmierung 99, 106, 342, 344  
Steifigkeit 339, 356–359  
Temperaturgrenzwerte 344–345  
Toleranzklassen und Toleranzen 24, 353–354  
Tragfähigkeit 30, 339, 346, 361  
Universallager für den satzweisen Einbau 340, 346–348, 352  
Vorspannung 50, 94, 355–357, 358  
Waschen 345  
zusammengepasste Sätze 340, 346–348  
zweiseitig wirkende Lager 341, 368–372

Axial-Radial-Zylinderrollenlager 319–335  
Abhebekräfte 322–323  
Abmessungsnormen 321  
Anschlussteile 324–326, 330  
Anwendungsfälle 320  
Anzugsmomente 332  
äquivalente Lagerbelastungen 327  
Aufbewahrung 330  
Ausführungsvarianten 22, 320  
Befestigungsschrauben 330–332, 335  
Bezeichnungsschema 333  
Einbau 330–332  
Einlaufen 324  
Halteschrauben 330, 335  
Käfige 320  
Lagerschäden 322  
Passungen 324–326  
Produkttabelle 334–335  
Reibung 322–323, 330  
Schmierung 320, 324  
Steifigkeit 322–323  
Temperaturgrenzwerte 324  
Toleranzklassen und Toleranzen 24, 321  
Tragfähigkeit 30, 322, 327, 328–329  
Transport 330  
Vorspannung 322–323, 324

Axial-Rollenkränze 320  
Axial-Schräggugellager  
Ausführungsvarianten 21–22  
einseitig wirkende Lager (für Gewindetriebe) 340, 366–367  
Kartuschen (für Gewindetriebe) 342–343, 372–373  
zweiseitig wirkende Lager 301–317  
zweiseitig wirkende Lager (für Gewindetriebe) 341, 368–371

## B

**B** Axiallager für Gewindetriebe 365

Axial-Radial-Zylinderrollenlager 333  
Schräggugellager 196–197  
zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager 303, 311  
Zylinderrollenlager 286

Barium-Dickungsmittel 110  
baumwollgewebeverstärkte Käfige 55  
in Schräggugellagern 134–135

Bearbeitungszentren  
mit Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 320  
mit Schräggugellagern 62–63, 131–132, 141, 166  
mit Zylinderrollenlagern 62

Befestigungsschrauben  
für Axiallager für Gewindetriebe 371, 373  
für Axial-Radial-Zylinderrollenlager 330–332, 335

Belastungen  
Auswirkung auf die Schmierfrist 109  
erforderliche Mindestbelastungen 34  
Kriterien für die Lagerauswahl 30  
Tragzahlen 33–36

Bentonit 110  
berührungsfreie Dichtungen  
in äußeren Dichtungsanordnungen 96–97  
in Axiallagern für Gewindetriebe 32, 344–345  
in Schräggugellagern 32, 136

Berührungswinkel  
Auswirkung auf das Drehvermögen 30  
Auswirkung auf die Abhebekraft 91–92  
Auswirkung auf die Steifigkeit 26, 68–69  
Auswirkung auf die Tragfähigkeit 30  
in Axiallagern für Gewindetriebe 340–341  
in Schräggugellagern 130–131  
in zweiseitig wirkenden Axial-Schräggugellagern 303

Betriebsspiel  
in Gehäuseisitzen 30, 74, 302  
Lagerluft 50–51

Betriebstemperaturen 37  
Auswirkung auf die Schmierfrist 109  
Auswirkung auf Vorspannung und Lagerluft 37  
beim Einlaufen 112, 124  
in Abhängigkeit der Drehzahl 38  
in Abhängigkeit der Ölmenge 113  
von Dichtungswerkstoffen 56  
von Käfigwerkstoffen 55

Bezeichnungsschemata  
für Axiallager für Gewindetriebe 364–365  
für Axial-Radial-Zylinderrollenlager 333  
für Präzisionswellenmutter 382  
für Schräggugellager 196–197  
für zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager 311  
für Zylinderrollenlager 286

blauer Farbstoff 393  
Bohrköpfe 60, 131, 132, 166  
Bohrmaschinen 131  
Breitenreihe 46  
Bruch 52  
brüniert 342  
Bügelmessgerät 405

## C

**C** Axiallager für Gewindetriebe 364  
Schräggugellager 130, 196–197  
zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager 311

**C2** 273, 286  
**C3** 273, 286  
**CB** 196  
**CD** 196  
**CE** 196  
**CN** 273, 286  
CNC-Drehspindeln 57–58

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

## D

D 196–197

Datensammler 96–97

### DB

Axiallager für Gewindetriebe 342–343, 348, 365

Schrägkugellager 144, 197

zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 311

**DBA** 308, 310, 311

**DBB** 308, 310, 311

Demontageflüssigkeiten 87

### DF

Axiallager für Gewindetriebe 342–343, 348, 365

Schrägkugellager 144, 197

Dichte 37, 54

Dichtscheiben

in äußeren Dichtungsanordnungen 98

in Axiallagern für Gewindetriebe 32, 344–345

Dichtungslösungen 32, 95–98

Werkstoffe 56

Dickungsmittel auf Aluminiumbasis 110

Dickungsmittel 110

Dickungsmittel Lithiumseife

in abgedichteten Lagern 104

Kompatibilität 110

Kriterien für die Schmierfettwahl 99–100

Direktkontakt von Metallflächen 113

Distanzringe → Abstandsringe

Drehmaschinen 57–58, 131, 166

Drehmomentschlüssel 380

Drehstifte 379

Drehtische 320, 324

Drehzahlen 38–45

bei Fettschmierung 42–45

bei Ölschmierung 40–41, 44–45

erreichbare Drehzahlen 44

für typische Spindellageranordnungen 45

Kriterien für die Lagerauswahl 28

zulässige Drehzahlen 39

direkte Öl-Luft-Schmierung 120

Lagerausführungen und -abmessungen 136–140

Druckmaschinen 131

Druckölvorfahren

Abmessungen für Kanäle, Nuten und Bohrungen 88–89

Ausrüstungs- und Druckmedien 87

für Stufenhülsen 80, 86–87

für Zylinderrollenlager 285

### DT

Axiallager für Gewindetriebe 348, 365

Schrägkugellager 144, 197

dünnwandige Ringe 75, 81, 123

Durchbiegung 66, 68

Durchmesserreihe → ISO-Durchmesserreihe

Durchschlagfestigkeit 54

dynamische Tragzahl 33

Dynamometer 131

## E

E 196

Einbau 123–124

Axiallager für Gewindetriebe 339, 345, 352, 362

Axial-Radial-Zylinderrollenlager 330–332

Gestaltung der Lagerungen 88–89

Präzisionswellenmuttern 379–381

Schrägkugellager 136, 145, 194

Stufenhülsen 86–87

zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 305, 310

Zylinderrollenlager 280–285

Einbau im angewärmten Zustand 123–124

abgedichtete Lager 136, 345

Schrägkugellager 194

Einheits-Umrechnungstabelle 10

Einlaufen 111–112

Auswirkung der Schmierfettfüllung auf die Reibung 37, 101, 124

von Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 324

einreihige Zylinderrollenlager 264, 288–293

Abmessungsnormen 269

äquivalente Lagerbelastungen 277

Ausführungsvarianten 264

axiale Verschiebbarkeit 264, 269, 280

axiale Verschiebung 278–279

Drehzahlen 264, 268, 277

Einbau 278–279, 401

Erstbefüllung 101, 103, 105

Hybridlager 268

im Vergleich zu zweireihigen Zylinderrollenlagern 264

Käfige 264, 267

Lager der Grundausführung 264

Hochgeschwindigkeitslager 264

Lagerluft 273–274, 275, 278–279

Messlehren zur Kontrolle der Kegelsitze 391–407

Produkttabellen 288–293

Schmierungseigenschaften 268

Steifigkeit 275–276

Toleranzklassen und Toleranzen 24, 269–272

Vorspannung 275, 278

einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (für Gewindetriebe) 340,

366–367

abgedichtete Lager 344–345

Abmessungsnormen 353

Anwendungsfälle 350–351

Ausführungsvarianten 22, 340

Bezeichnungsschema 364–365

Drehzahlen 344, 363

Fettbezugsmengen 104, 367

im Vergleich zu anderen Lagern für Gewindetriebe 339

in Kartuschen 342–343, 372–373

Lagerungen 346–348

Produktabelle 366–367

Reibungsmoment 356, 360

Sätze 340, 346–348

Steifigkeit 356, 358

Temperaturgrenzwerte 344–345

Toleranzklassen und Toleranzen 24, 353–354

Tragfähigkeit 356, 361

Vorspannung 355–356

einseitig wirkende Lager 340, 366–367

in Kartuschen 342–343, 372–373

Einspritzgeräte 116–117

Eintauchen 106

Einzellager 141

elastische Verformung 66, 68

Elastizitätsmodul 54

elasto-hydrodynamische Schmierung (EHL) 100

elektrischer Widerstand 54

Elektrospindeln

Anforderungen an die Ölreinheit 122

mit Schrägkugellagern 62–64, 132

mit Zylinderrollenlagern 62, 264

Endscheiben 183–189

EP-Zusätze

Kompatibilität 55, 100

Kriterien für die Fettschmierung 99–100

Kriterien für die Ölschmierung 121

Ermüdungsfestigkeit 52–53, 141

erreichbare Drehzahlen 28, 44

bei Fettschmierung 42–43, 45

bei Ölschmierung 40–41, 45

Erstbefüllungen 101–105

Erwärmen von Lagern → Einbau im angewärmten Zustand

Ester 56

Esteröle

in abgedichteten Lagern 104

Kompatibilität 109

externe Dichtungen 95–98

Extreme-Pressure-Zusätze → EP-Zusätze

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

## F

- F 130, 196–197
- FB** 196
- FE** 196
- Federkennlinien 91
- Federn 64, 90, 93, 165
- Fehlerbehebung 124
- Fest-/Loslagerungen 31
- Festigkeit → Schlagfestigkeit
- Fettbezugsmengen 101
  - für Axiallager für Gewindetriebe 104, 367
  - für Schrägkugellager 102, 199–261
  - für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 104, 313–317
  - für Zylinderrollenlager 103, 289–299
- Fettfüllungen
  - Auswirkung auf die Reibung 37
  - Erstbefüllung 101–105
  - in abgedichteten Axiallagern für Gewindetriebe 344
  - in abgedichteten Schrägkugellagern 136
- Fettschmierung 99–112
  - Einlaufen 111–112
  - erreichbare Drehzahlen 42–43
  - Erstbefüllung 101–105
  - Gebrauchsdauer 106
  - im Vergleich zur Ölschmierung (Drehvermögen) 45
  - Nachschmierung 106–109
- Feuchtigkeit
  - Auswirkung auf die Schmiereigenschaften 122
  - Auswirkung auf die Schmierfrist 109
  - Schutz mit Dichtungen 95
  - Schutz mit Fett 99
  - Schutz vor/während der Montage 123
- Feuchtigkeit 125
- Filterung 114, 117
- FKM → Fluor-Kautschuk (FKM)
- Flanschlagergehäuse 342–343, 372–373
- fliegend gelagerte Wellen 346–347, 350–351
- Fluchtungsfehler 75
  - in Axiallagern für Gewindetriebe 346
- Fluor-Kautschuk (FKM)
  - Dichtungen für Schrägkugellager 136
  - Werkstoffeigenschaften 56
- Fräsmaschinen 59, 62–63, 131–132, 141, 166

## G

- G**
  - Axial-Radial-Zylinderrollenlager 320, 324, 333
  - Schrägkugellager 142, 196
- G...**
  - Axiallager für Gewindetriebe 355, 364–365
  - Schrägkugellager 151, 197
  - zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 311
- GA**
  - Axiallager für Gewindetriebe 364
  - Schrägkugellager 196
- GB**
  - Axiallager für Gewindetriebe 364
  - Schrägkugellager 196
- GC** 196
- GD** 196
- Gebrauchsdauer
  - von Hybridlagern 34, 37, 52
  - von Lagern mit NitroMax-Stahlringen 52
  - von Schmierfett 99, 106
- Gehäusedeckel 79
  - in einer mehrgängigen Labyrinthdichtungsanordnung 96–97
- Genauigkeit
  - Definitionen der Toleranzsymbole 48–49
  - von Lagern 24–25
  - von Sitzen und Anlaufflächen 75–77, 325–326
  - von Sitzen und Anlaufflächen (für Gewindetriebe) 349

- Genauigkeit
  - von Lagern 24–25
  - von Sitzen und Anlaufflächen 75–77, 325–326
  - von Sitzen und Anlaufflächen (für Gewindetriebe) 349
- geometrische Genauigkeit
  - von Sitzen und Anlaufflächen 75–77, 325–326
  - von Sitzen und Anlaufflächen (für Gewindetriebe) 349
- Gewindebohrungen
  - in Gehäusen 88
  - in Wellen 89
  - in zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 355
- Gewindestifte
  - in Axiallagern für Gewindetriebe 341
  - in Präzisionswellenmuttern 378, 380, 384–388
  - in zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 341
- Gewindetriebe 338, 350–351
- Gewindetrieblager → Axiallager für Gewindetriebe
- glasfaserverstärkte Käfige
  - in Schrägkugellagern 134–135
  - in Zylinderrollenlagern 264, 267, 268
- Werkstoffeigenschaften 55
- Gleiten 90–91, 322
  - Vorteile von Hybridlagern 133, 268, 304
- GMM** 342, 365
- Grenzdrehzahl 33

## H

- H** 120, 137–139, 197
- H1** 120, 137–139, 197
- Hakenschlüssel mit Zapfen 379
- Halbleiterfertigung 61, 131
- Haltenuten 376
- Halteschrauben 330, 335
- Hammer 380
- Härtegrad
  - von NitroMax-Stahl 53
  - von Siliziumnitrid 54
  - von Wälzlagerstahl 51, 54
- HC**
  - Schrägkugellager 133, 197
  - zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 304, 311
- HCS** 268, 286
- Hohlwellen
  - mit Stufenhülsen 81, 84
  - mit Zylinderrollenlagern 279
- Passungen 71
- Holzbearbeitungsmaschinen 132
- Hüllkreisdurchmesser 280, 392, 400, 404
- Hüllkreismessgeräte 280–283, 400–407
- Hülsen
  - Abstandshülsen 78
  - Stufenhülsen 79, 80–87
- Hybridlager
  - Auswirkung auf die Schmierfrist 106–108
  - Drehzahlen 38, 40–43
  - erweiterte Lebensdauer 34
  - mit NitroMax-Stahlringen 52–53, 141
  - Reibungsverhalten 37
  - Schrägkugellager 133, 141, 167, 198–261
  - Statische Tragzahl 36
  - Werkstoffeigenschaften 54
  - zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 304, 312–317
  - Zylinderrollenlager 268, 288–293
- Hydraulikmuttern 86

## I

- Induktions-Anwärmgeräte 123
  - zum Anwärmen abgedichteter Lager 136, 345
  - zum Montieren von Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 330
- Innenschleifmaschinen 64, 132, 165

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

integrierte Berührungsdichtungen  
Bauformen und Ausführungen 32  
Gestaltung der Lagerungen 98  
in Axiallagern für Gewindetriebe 344–345  
in Schrägkugellagern 136

ISO  
Durchmesserreihe 27, 46  
Hüllbedingung 71–72  
Maßpläne 46  
Maßreihe 46  
Överschmutzungsgrad 122  
Toleranzgrade 77  
Toleranzklassen 24, 73  
Toleranznormen 46–47  
IT-Toleranzgrade 77

## J

Justieren  
Präzisionswellenmuttern 380–381  
Schrägkugellager 166–172, 192  
Zylinderrollenlager 278–279, 280–283, 392

## K

**K** 264–265, 286

Käfige  
Funktion 23  
in Axiallagern für Gewindetriebe 344  
in Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 320  
in Schrägkugellagern 134–135  
in zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 304–305  
in Zylinderrollenlagern 264, 267, 268, 280  
Werkstoffe 51, 55

Kalzium-Dickungsmittel  
Kompatibilität 110  
Kriterien für die Schmierfettauswahl 99–100

Kantenabstand 46–47  
Definitionen der Toleranzsymbole 48  
Höchstgrenzwerte der Kantenabstände 47, 50

Kartuschen 342–343, 372–373  
Abmessungsnormen 353  
Anwendungsfälle 350–351  
Ausführungsvarianten 22, 342–343  
Befestigung 342  
Bezeichnungsschema 364–365  
Dichtungslösungen 344–345  
Drehzahlen 344, 363  
im Vergleich zu anderen Lagern für Gewindetriebe 339  
Oberflächenbehandlung 342  
Produkttablelle 372–373  
Reibungsmoment 359–360  
Steifigkeit 358–359  
Temperaturgrenzwerte 344–345  
Toleranzklassen und Toleranzen 353–354  
Vorspannung 355

kegelige Bohrung 264–265, 272

kegelige Lagersitze  
Genauigkeitsprüfung mit einem Kegellehrring 393  
Genauigkeitsprüfung mit einem Kegelmessgerät 396–397

Kegellehrringe 393–395  
Kegelmessgeräte 396–399  
Keilnuten 376

Kennzeichnungsnummern  
auf zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 305  
auf Zylinderrollenlagern 273, 280

Keramik 54

Ketone 55, 56

kinematische Viskosität → Viskosität

kohlenstofffaserverstärkte Käfige 55  
in Schrägkugellagern 134–135  
in Zylinderrollenlagern 264, 267

Kohlenwasserstoffe 56  
Konsistenzklassen → NLGI-Konsistenzklassen  
Korrosionsfestigkeit  
Schutz mit Fett 100–101  
Schutz vor der Montage 125  
von NitroMax-Stahl 52–53  
Korrosionsschutz 100–101, 125  
Korrosionsschutzmittel 125  
Kühlmittel 23, 51, 122  
Kühlung 39, 99, 113, 116

## L

**L** 120, 137–140, 197  
**L1** 120, 139, 197

Labyrinthdichtungen  
in einer mehrgängigen Dichtungsanordnung 96–97  
integriert in Stufenhülsen 80, 84

Lage  
axial 78–87  
mit Präzisionswellenmuttern 376–377  
mit Stufenhülsen 79, 80–87  
radial 70–77

Lagerluft 50–51  
Auswirkung auf die Reibung 37  
in Zylinderrollenlagern 273–274, 275, 278–279

Lagerschäden  
Bruch 52  
Gleitreibungsansmierungen 133, 268, 304, 322  
Verschleiß durch Schwingungen 100  
Verunreinigung 124  
Wandern 70

Lagerungsbeständigkeit 125  
Lamellenringe 339, 344–345  
Laufgenauigkeit  
Definitionen der Toleranzsymbole 49  
von Lagern 24–25  
von Sitzen und Anlaufflächen 75–76, 325–326  
von Sitzen und Anlaufflächen (für Gewindetriebe) 349

Lebensdauer 33–35  
lineare Federn → Federn  
Losbruchmoment 378  
lose Passung 71  
Auswirkung auf die Steifigkeit 31, 68  
für Loslager gilt 31  
radiale Befestigung 70

Luftstrom  
Auswirkung auf Schmierfrist 109  
in einem Öl-Luft-Schmiersystem 121  
in einer äußeren Dichtungsanordnung 96

## M

**M**  
Schrägkugellager 197  
zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 304–305, 311

**MA** 134, 196

Markierungen  
auf Axiallagern für Gewindetriebe 352  
auf Schrägkugellagern 145, 194  
auf zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 305  
auf Zylinderrollenlagern 273, 280

Maßgenauigkeit  
Definitionen der Toleranzsymbole 48–49  
von Lagern 24–25  
von Sitzen und Anlaufflächen 71–74, 325–326  
von Sitzen und Anlaufflächen (für Gewindetriebe) 349

Maßreihe → ISO-Maßreihe  
Maßstabilität → Wärmestabilisierung  
Medizintechnik 131  
Mehrschindelbohrköpfe 320  
Messblöcke 282–283

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

## Verzeichnisse

### Messing

- Käfige in Schrägkugellagern 134–135
  - Käfige in zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 304–305
  - Käfige in Zylinderrollenlagern 265, 267
  - Werkstoffeigenschaften 55
- Messelehren 391–407
- für den Einbau von Zylinderrollenlagern 280–283
  - Kegellehrringe 393–395
  - Kegelmessgeräte 396–399
  - Hüllkreismessgeräte 280–283, 400–407
  - Messuhren 282

### Messtechnik 131

#### Messuhren

- an Kegelmessgeräten 396
- an Hüllkreismessgeräten 282–284, 400–401

#### Messuhren 282, 401

#### Mikroturbinen 131

#### Mindestbelastung 34

#### Mineralöle 56, 99

#### Kompatibilität 109

#### Mineralsäuren 56

#### Minimalmengenschmierung (MMS)

- mit Öl-Luft-Schmierung 116
- mit SKF Mikrodosiersystem 121

#### Mischbarkeit 109–110

#### Momentenbelastungen

- auf Axiallagern für Gewindetriebe 346
- auf Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 327, 328–329
- auf Schrägkugellagern 142, 167

#### Momentsteifigkeit 323

#### Montage 123–124

- von Präzisionswellenmuttern 379–381
- von Stufenhülsen 86–87, 123–124

#### Montagefüssigkeiten 87

#### motorisierte Spindeln → Elektroschnecken

## N

### Nachschmierung

- Auswirkung auf Reibungsmoment 37
- Intervalle und Anpassungen 106–109
- von abgedichteten Lagern 32, 101

#### Nadellager 347

#### Natrium-Dickungsmittel 110

#### NBR → Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR)

#### nichtrostender Stahl → NitroMax-Stahl

#### NitroMax-Stahl 52–53

#### in Hybrid-Schrägkugellagern 141

#### NLGI-Konsistenzklassen 99

#### nominelle Lebensdauer 34

## O

### O-Anordnungen

- mit Axiallagern für Gewindetriebe 341, 342–343, 346–348
- mit Schrägkugellagern 142–144
- mit zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 303

#### Oberflächenbehandlungen 342

#### Oberflächenrauheit 75, 77, 325–326

#### offene Flamme 56

#### offene Lager

#### Erstbefüllung 101–105

#### Lagerungsbeständigkeit 125

#### Ölbad 114

#### erreichbare Drehzahlen 44

#### Öldurchflussmengen 113–114

#### Öldüsen 116–117

#### für Schrägkugellager 118, 199–261

#### für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 119, 313–317

#### für Zylinderrollenlager 119, 266, 289–299

#### Öle 121

### Ölnebel 115

#### erreichbare Drehzahlen 44

#### Schmieröle 121

#### Öl-Luft 116–121

#### Auswirkung auf Lagertemperatur und Reibungsverluste 113

#### direkte Öl-Luft-Schmierung 120, 136–140

#### erreichbare Drehzahlen 40–41, 44

#### Schmieröle 121

#### Ölnebel 115

#### erreichbare Drehzahlen 44

#### Schmieröle 121

#### Ölschmierung 113–122

#### Auswirkung auf Temperatur und Reibungsverluste 113

#### im Vergleich zur Fettschmierung (Drehvermögen) 45

#### Överschmutzungsgrad 122

#### Schmieröle 121

#### Ötropfen 115

#### Ötumlaufschmierung 113, 114, 121

#### Övertellernuten 89

#### Ölwechselintervalle 121

#### Ölzuführbohrungen 89

#### O-Ringe

#### auf Schrägkugellagern 120, 136–140

#### in Stufenhülsen 81, 83

#### Ozon 56

## P

### P 378, 382

#### P2 197

#### P4 197

#### P4A 197

#### P4C 311

#### PA66 → Polyamid 66 (PA66)

#### PA9A 197

#### PAO 104

#### Parallelkinematische Maschinen (PKM) 131

#### Passungen

#### Auswirkung auf die Steifigkeit 68

#### Auswirkung auf Vorspannung und Lagerluft 50–51, 90, 94

#### Auswirkung von Oberflächenrauheit 75

#### axiale Befestigung 78–79

#### für Gehäuse 72–74, 326

#### für Wellen 71, 73–74, 325

#### radiale Befestigung 70

#### PBC 197

#### PBT 197

#### PCB-Bohrmaschinen 132

#### PE 341, 365

#### PEEK → Polyetheretherketon (PEEK)

#### PFC 197

#### PFT 197

#### PG 197

#### PHA 264, 267, 268, 286

#### Phenolharz

#### Käfige in Schrägkugellagern 134–135

#### Werkstoffeigenschaften 55

#### Pkw-Räder → Rennwagenradlager

#### Poliermaschinen 131

#### Polyamid 66 (PA66)

#### Käfige in Zylinderrollenlagern 264, 267

#### Werkstoffeigenschaften 55

#### Polyetheretherketon (PEEK)

#### Käfige in Schrägkugellagern 134–135

#### Werkstoffeigenschaften 55

#### Polyglykol 109

#### Polyharnstoff 110

#### Polymere

#### Käfige in Schrägkugellagern 134–135

#### Käfige in Zylinderrollenlagern 264, 267, 268, 280

#### Werkstoffeigenschaften 55–56

#### Polyphenylether 109

#### Präzisionswellenmuttern 78, 375–389

#### Abmessungsnormen 378

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

Ausbau 379–380  
 Ausführungen 376–377  
 Bezeichnungsschema 382  
 Einstellung beim Einbau 380–381  
 Gewindenormen 378  
 im Vergleich zu Stufenhülsen 79  
 Losbrechmoment 378  
 mit axialen Spannschrauben 377, 388–389  
 mit Sicherungsstiften 376, 384–387  
 Montage 379–381  
 Produkttabellen 384–389  
 Schlüssel 379, 384–388  
 Schmierung 378  
 Toleranzen 378  
 Vorspannung 376–377  
 Werkstoffe 378  
 Presspassungen 71  
 Auswirkung auf Vorspannung und Lagerluft 50–51  
 axiale Befestigung 78–79  
 für Schrägkugellager 74  
 für Stufenhülsen 80–81, 84  
 für Zylinderrollenlager 31, 74  
 radiale Befestigung 70  
 Probelauf 124  
 Probemontage 282–285  
**PT** 197  
 PTFE 109  
 Pumpeffekte 96

## Q

**QBC**  
 Axiallager für Gewindetriebe 342–343, 348, 365  
 Schrägkugellager 144, 197  
**QBT**  
 Axiallager für Gewindetriebe 348, 365  
 Schrägkugellager 144, 197  
**QFC**  
 Axiallager für Gewindetriebe 342–343, 348, 365  
 Schrägkugellager 144, 197  
**QFT**  
 Axiallager für Gewindetriebe 348, 365  
 Schrägkugellager 144, 197  
**QT**  
 Axiallager für Gewindetriebe 348, 365  
 Schrägkugellager 144, 197  
 Querschnittshöhe  
 Auswirkung auf das Drehvermögen 38  
 Kriterien für die Lagerauswahl 27

## R

radiale Befestigung 70–77  
 radiale Lagerluft 30, 74, 288  
 radiale Steifigkeit 68–69  
 von Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 322–323  
 von typischen Spindellageranordnungen 67  
 von Zylinderrollenlagern 275–276  
 Radialluft 50–51  
 in Zylinderrollenlagern 273–274, 275, 278–279  
 Reibung 37  
 Auswirkung auf das Drehvermögen 38–39  
 Auswirkung von Vorspannung und Lagerluft 37  
 bei Fettschmierung 37, 100, 111  
 bei Ölschmierung 113–115  
 erzeugt durch Dichtungen 96, 98  
 mit Hybridlagern 37  
 Reibungsmoment  
 bei Fettschmierung 111  
 in Axiallagern für Gewindetriebe 357, 360  
 in Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 322–323  
 Reibungsverluste 53, 99, 113

Rekonditionierung 125  
 Rennwagenradlager 131  
 Ringe → Abstandshülsen  
 Roboter 131  
**RS** 344–345, 363, 364  
**RZ** 344–345, 363, 364

## S

**S** 136, 196  
 Sätze  
 von Axiallagern für Gewindetriebe 340, 346–348  
 von Schrägkugellagern 141–144  
 Schiffskreisel 131  
 Schlagfestigkeit 52–53  
 Schleifmaschinen 64, 93, 131, 132  
 Schleifzugaben  
 für Abstandsringe für Schrägkugellager 166–172  
 für Innenringe von Zylinderrollenlagern 267  
 Schlüssel 379, 384–388  
 Schmiegun 26, 131, 132  
 Schmierbohrungen  
 in Axiallagern für Gewindetriebe 341  
 in Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 324  
 in Schrägkugellagern 120, 136–140  
 in zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 304  
 in Zylinderrollenlagern 266  
 Schmierfette  
 Aufbewahrung 122  
 Auswahlkriterien 99–100  
 Dichtungsmittel-Kompatibilität 110  
 in abgedichteten Lagern 104  
 SKF Schmierfette 99  
 Schmierfristen 117  
 Schmieröle → Öle  
 Schmierstoffe  
 Aufbewahrung 122  
 Fette 99–101, 104, 110  
 Öle 121  
 Schmierstoffverdrängung 52, 264  
 Schmierung  
 Öl 113–122  
 Schmierfette 99–112  
 Schneidflüssigkeiten 96, 106, 122  
 Schrägkugellager 127–261  
 abgedichtete Lager 136, 192  
 Abhebkräfte 91–92  
 Abmessungsnormen 146  
 Anwendungsfälle 58–64, 131–132  
 äquivalente Lagerbelastungen 190–191  
 Ausbau 124  
 Ausführungsvarianten 21, 128–141  
 axiale Verschiebbarkeit 31, 69, 91, 166  
 Befestigung 183–189  
 Befestigung von Lagerringen 183–189  
 Berührungswinkel 130–131  
 Bestellmöglichkeiten 141  
 Bezeichnungsschema 196–197  
 Drehzahlen 28–29, 38–40, 42, 192–193  
 Einbau 123, 136, 145, 194  
 Einbau mit Abstandsringen 166–172, 192–193  
 Einstellung beim Einbau 166–172, 192  
 Erstbefüllung 101–102, 105  
 federbelastet 64, 90, 93, 165, 190  
 Fettbezugsmengen 102, 199–261  
 Hochleistungslager 129, 131  
 Hybridlager 133, 141, 167, 198–261  
 Käfige 134–135  
 Hochgeschwindigkeitslager 129, 132  
 Lagerungen 141–144  
 Markierungen 145, 194  
 Maßreihe 27, 129, 130  
 mit NitroMax-Stahrlagern 52–53, 141

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

## Verzeichnisse

Passungen 71–74  
Positionen der Öldüsen 118, 199–261  
Produkttablelle 198–261  
Schmierfristen 106–109  
Schmierung (Fett) 99–112, 136, 192  
Schmierung (Öl) 113–122, 136–140, 192  
Sortiment 128–129  
Steifigkeit 67–69, 173–182  
Temperaturanstieg in Abhängigkeit der Drehzahl 38  
Temperaturgrenzwerte 136  
Toleranzklassen und Toleranzen 24, 146–150  
Tragfähigkeit 30, 189  
Universallager für den satzweisen Einbau 141–144, 194  
Varianten der direkten Öl-Luft-Schmierung 120, 136–140  
Vorspannung 50, 69, 90–93, 151–172  
Wiederverwendung 124  
zusammengepasste Sätze 141–144

Schrauben  
Befestigungsschrauben 330–332, 335, 371, 373  
Halteschrauben 330, 335

Schutzvorrichtungen 381

Schwenkbewegungen  
Kriterien für die Schmierfettauswahl 99  
mit Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 328

Schwingungen  
Fehlerbehebung 124  
Kriterien für die Schmierfettauswahl 99–100

Seifen 110

Seriennummern  
auf Schrägkugellagern 145  
auf zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 305

Sicherheitsfaktoren → statische Tragsicherheitsfaktoren

Sicherungsscheiben 376

Sicherungsstifte 376

Silikon-Methyl 109

Silikon-Phenyl 109

Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )  
in Hybrid-Schrägkugellagern 133  
in Hybrid-Zylinderrollenlagern 268  
in zweiseitig wirkenden Hybrid-Axial-Schrägkugellagern 304

Werkstoffeigenschaften 54

Siliziumscheiben 61

Sinterstahl 378, 382

Sitze  
Genauigkeit 75–77, 324–326  
Genauigkeit (für Gewindetriebe) 349  
Passungen 70–74, 324–326  
Passungen (für Gewindetriebe) 349

SKF Hochgenauigkeitslager der Reihe „Super-precision bearings“  
Auswahlkriterien 20–32  
Bauformen und Ausführungen 21–22

SKF LubeSelect 100

SKF Mikrodosiersystem 121

SKF Spindel-Servicezentren 125, 166

SKF Spindelsimulator 33, 358

**SP**  
zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 311  
Zylinderrollenlager 273, 286

Spannhülsen 376

**SPC2** 273, 286

Spindeln  
Anwendungsfälle 57–64  
Service 125, 166

Spindel-Servicezentren → SKF Spindel-Servicezentren

Spindelsimulator → SKF Spindel Simulator

Spritzschutz 96–97

Stähle 51–54  
statische Lasten 36  
statische Tragsicherheitsfaktoren 36  
statische Tragzahl 36

Staub  
Auswirkung auf die Schmierfrist 109  
Schutz vor/während der Montage 123

Steifigkeit 66–69  
Kriterien für die Lagerauswahl 26–27  
Steifigkeit 66–69

von Axiallagern für Gewindetriebe 339, 356–359  
von Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 322–323  
von Schrägkugellagern 173–182  
von zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 309  
von Zylinderrollenlagern 275–276

Stifte → Gewindestifte

Stoßbelastungen

Eignung für Federvorspannung 93

Kriterien für die Berechnung der Lebensdauer 35

Kriterien für die Schmierfettauswahl 98–99

Zulässige statische Belastungen 36

Stufenhülsen 79, 80–87

Abmessungen 81–83

Ausbau 87

Ausführungen 80, 84

Material 84

mit O-Ring 80, 81, 83

Montage 86–87, 123–124

ohne O-Ring 80, 81–82

Passungen 80, 84

Tragfähigkeit 84–85

Stützlager für Kugelgewindetriebe → Axiallager für Gewindetriebe

synthetische Öle

Auswirkung auf Käfigwerkstoffe 55

Kompatibilität 109

Kriterien für die Schmierfettauswahl 99

Systemsteifigkeit → Steifigkeit

## T

Taktbetrieb 35, 106

Tandem-Anordnungen

mit Axiallagern für Gewindetriebe 346–348

mit Schrägkugellagern 142–144

### TBT

Axiallager für Gewindetriebe 348, 365

Schrägkugellager 144, 197

Teilapparate 320

Teleskope 131

Temperaturen

Betriebs- 37

Umgebungs- 39

### TFT

Axiallager für Gewindetriebe 348, 365

Schrägkugellager 144, 197

thermische Verkürzung 31

**TN** 264, 267, 286

### TN9

zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 304–305, 311

Zylinderrollenlager 264, 267, 286

### TNHA

Schrägkugellager 134, 196

Zylinderrollenlager 264, 267, 268, 286

Toleranzen 47

Symbole und Definitionen 48–50

Toleranzgrade → IT-Toleranzgrade

Toleranzklassen

für Lager 24–25

für Sitze 71–74, 325–326

für Sitze (für Gewindetriebe) 349

Tolerierungsprinzip → ISO-Tolerierungsprinzip

### TT

Axiallager für Gewindetriebe 348, 365

Schrägkugellager 144, 197

Turbolader 131

## U

Übergangspassungen 71

Umfangslast am Außenring 71–72

Umfangsnuten

in Axiallagern für Gewindetriebe 341

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

in Schrägkugellagern 120, 136–140  
in Wellen 96–97  
in zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 303–304  
in Zylinderrollenlagern 266  
Umgebungstemperatur  
Auswirkung auf die Lagerdrehzahl 39  
Kriterien für die Schmierfettwahl 99  
Umweltschutz  
für Fluor-Kautschuk (FKM) 56  
für Öl-Luft-Schmierung 116  
für Öl-Nebel-Schmierung 115  
Universallager für den satzweisen Einbau  
Axiallager für Gewindetriebe 340, 346–348, 352  
Schrägkugellager 141–144, 194  
Unwucht → Laufgenauigkeit  
**UP**  
zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 311  
Zylinderrollenlager 286

## V

**V** 141, 196  
Verdrängung 111, 113  
Verschiebeweg → axialer Verschiebeweg  
Verschleiß  
-festigkeit von Hybridlagern 34  
-festigkeit von NitroMax-Stahl 52  
Verschleiß durch Schwingungen 100  
Verunreinigung  
Auswirkung auf die Schmierfrist 109  
ISO-Ölverschmutzungsgrad 122  
Lagerschäden 124  
Schutz mit Dichtungen 32, 95–98  
Schutz mit Fett 99  
Schutz mit Öl 114, 116  
Schutz vor/während der Montage 123, 125  
V-förmige Markierungen  
auf Axiallagern für Gewindetriebe 352  
auf Schrägkugellagern 145  
auf zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 305  
Viskosität  
Kriterien für die Schmierfettauswahl 99–100  
von Fett in abgedichteten Lagern 104  
von Montage- und Demontageflüssigkeiten 87  
von Schmierölen 121  
Viskosität des Grundöls → Viskosität  
vorgeschliffene Laufbahnen 267  
Vorspannung 90–94  
Auswirkung auf das Drehvermögen 64  
Auswirkung auf die Reibung 37  
Auswirkung auf die Schmierfrist 108  
in Axiallagern für Gewindetriebe 50, 94, 341, 355–357, 358  
in Axial-Radial-Zylinderrollenlagern 322–323, 324  
in Präzisionswellenmuttern 376–377  
in Schrägkugellagern 50, 69, 90–93, 151–172  
in zweiseitig wirkenden Axial-Schrägkugellagern 50, 94, 308  
in Zylinderrollenlagern 50–51, 94, 275, 278  
**VR521** 286  
**VU001** 267, 286

## W

**W33**  
zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 311  
Zylinderrollenlager 266, 286  
**W33X** 286  
Wandern 70  
Wärmeausdehnung 31  
Auswirkung auf Vorspannung und Lagerluft 50–51, 93  
von Silikonitrid gegenüber Stahl 54  
Wärmeausdehnungskoeffizient  
Auswirkung auf die Vorspannung 162

von NitroMax-Stahl 53  
von Silikonitrid gegenüber Stahl 54  
Wärmebehandlung  
von Chromstahl 51  
von NitroMax-Stahl 52–53  
Wärmestabilisierung 51, 53  
Waschen  
abgedichteter Lager 32, 136, 345  
der Lager vor dem Nachschmieren 109  
Wasser  
Auswaschen 100  
Auswirkung auf die Schmierstoff-Lagerungsbeständigkeit 122  
-festigkeit von NBR 56  
Kriterien für die Schmierfettauswahl 99–100  
wasserfreie Hydrofluoride 56  
Wellenausrichtung  
Auswirkung auf die Schmierfrist 109  
Kriterien für die Öl-Luft-Schmierung 117  
Kriterien für die Schmierfettwahl 99–100  
Wellenmuttern → Präzisions-Wellenmuttern  
Wellensysteme 20  
Werkstoffe 51–56  
für Dichtungen 56  
für Käfige 55  
für Lager 51–54  
für Präzisionswellenmuttern 378  
Werkzeugmaschinen  
Anwendungsfälle 57–64, 131–132  
Kriterien für die Lagerauswahl 23–32  
Werkzeugmaschinenspindeln → Spindeln  
Wiederverwendung von Lagern 124  
Winkligkeit 76

## X

X-Anordnungen  
mit Axiallagern für Gewindetriebe 342–343, 346–348  
mit Schrägkugellagern 142–144

## Z

Zentrierspitzen 59, 131  
Zentrifugalkräfte  
in Hybridlagern 34, 37  
in Schrägkugellagern 132, 162, 166, 167  
Zerspanungsmaschinen 57–63, 132  
Zonenverkürzung 36  
Zugaben → Schleifzugaben  
Zulässige Drehzahlen 39  
zusammengepasste Sätze  
von Axiallagern für Gewindetriebe 340, 346–348  
von Schrägkugellagern 141–144  
Zuverlässigkeit 34–35  
Auswirkung auf die Schmierfrist 109  
zweireihige Zylinderrollenlager 265, 294–299  
Abmessungsnormen 269  
Anwendungsfälle 57  
äquivalente Lagerbelastungen 277  
Ausführungsvarianten 21, 265–267  
axiale Verschiebbarkeit 264, 269, 280  
axiale Verschiebung 278–279  
Drehzahlen 264, 268, 277  
Einbau 280–285, 401, 405  
Erstbefüllung 101, 103, 105  
Fettbezugsmengen 103  
Hybridlager 268  
im Vergleich zu einreihigen Zylinderrollenlagern 264  
Käfige 267  
Lagerluft 273–274, 275, 278  
Messlehren zur Kontrolle der Kegelsitze 391–407  
Positionen der Öldüsen 119, 266, 295–299  
Produkttabellen 294–299

Hinweis: Vorsetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.

## Verzeichnisse

- Schleifzugaben 267
- Steifigkeit 275–276
- Toleranzklassen und Toleranzen 24, 269–272
- Vorspannung 275, 278
- zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager 301–317
  - Abhebkräfte 94
  - Abmessungsnormen 306
  - Anwendungsfälle 57, 59
  - äquivalente Lagerbelastungen 310
  - Ausführungsvarianten 21–22, 302–305
  - Berührungswinkel 303
  - Bezeichnungsschema 311
  - Drehzahlen 38, 41, 43, 310
  - Einbau 123, 305, 310
  - Erstbefüllung 101, 104–105
  - Fettbezugsmengen 104, 313–317
  - Hybridlager 304, 312–317
    - in Kombination mit Zylinderrollenlagern 302–303
  - Käfige 304–305
  - Kennzeichnung/Seriennummern 305
  - Lager der Grundausführung 302–303, 312–317
  - Hochgeschwindigkeitslager 302–303, 312–317
  - Markierungen 305
  - Passungen 71–72, 74, 308
  - Positionen der Öldüsen 119, 313–317
  - Produkttabellen 312–317
  - Radiallagerluft im Gehäuse 30, 74, 302
  - Schmierfristen 106–109
  - Schmierung (Öl) 116–117, 119
  - Schmierungseigenschaften 303–304
  - Steifigkeit 67, 309
  - Temperaturanstieg in Abhängigkeit der Drehzahl 38
  - Toleranzklassen und Toleranzen 24, 306–307
  - Tragfähigkeit 30
  - Vorspannung 50, 94, 308
- zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (für Gewindetriebe) 341, 368–371
  - abgedichtete Lager 344–345
  - Abmessungsnormen 353
  - Bezeichnungsschema 364–365
  - Drehzahlen 344, 363
  - im Vergleich zu anderen Lagern für Gewindetriebe 339
  - Produkttabellen 368–371
  - Reibungsmoment 357, 360
  - Steifigkeit 357–358
  - Temperaturgrenzwerte 344–345
  - Toleranzklassen und Toleranzen 353–354
  - Vorspannung 355, 357
  - zum Anflanschen 341, 370–371
- zweiseitig wirkende Lager 301–317
  - für Gewindetriebe 341, 368–371
- Zylinderrollenlager 263–299
  - Abmessungsnormen 269
  - Anwendungsfälle 57–59, 62
  - äquivalente Lagerbelastungen 277
  - Ausbau 124
  - Ausführungsvarianten 21, 264–268
  - axiale Verschiebbarkeit 31, 264, 269, 280
  - axiale Verschiebung 278–279, 280, 284
  - Bezeichnungsschema 286
  - Drehzahlen 28, 40, 42, 264, 268, 277
  - Einbau 278–279, 280–285, 401, 405
  - Einbau mit Abstandsringen 78, 282–285
  - einreihige Lager 264, 288–293
  - Einstellung beim Einbau 278–279, 280–283, 392
  - Erstbefüllung 101, 103, 105
  - Fettbezugsmengen 103, 289–299
  - Flansche 264
  - Gestaltung der Lagerungen 278–280
  - Hybridlager 268, 288–293
    - in Kombination mit zweiseitig wirkenden Lagern 302–303
  - Käfige 264, 267, 268, 280
  - Kennzeichnungsnummern 273, 280
  - Lagerluft 273–274, 275, 278–279
  - Markierungen 273, 280
  - Messlehren zur Kontrolle der Kegelsitze 391–407
  - mit kegeliger Bohrung 264–265, 272
  - mit vorgeschliffener Laufbahn 267
  - Nachschmierung 106–109, 266
  - Passungen 71–72, 74
  - Positionen der Öldüsen 119, 266, 289–299
  - Produkttabellen 288–299
  - Schleifzugaben 267
  - Schmierungseigenschaften 266, 268
  - Steifigkeit 275–276
  - Temperaturanstieg in Abhängigkeit der Drehzahl 38
  - Toleranzklassen und Toleranzen 24, 269–272
  - Tragfähigkeit 30
  - Vorspannung 50–51, 94, 275, 278
  - Wiederverwendung 124
  - zweireihige Lager 265–267, 294–299

Hinweis: Vorgesetzzeichen und Nachsetzzeichen sind **fett** dargestellt.



# Produktverzeichnis

Kurzzeichen	Produkt	Produkttabellen	
		Nr.	Seite <sup>1)</sup>
<b>70..</b>	Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>70../..H</b>	Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>70../..H1</b>	Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>70../..L</b>	Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>70../..L1</b>	Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>70../HC</b>	Hybrid-Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>70../HC..H</b>	Hybrid-Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>70../HC..H1</b>	Hybrid-Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>70../HC..L</b>	Hybrid-Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>70../HC..L1</b>	Hybrid-Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>718..</b>	Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>718../HC</b>	Hybrid-Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>719..</b>	Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>719../..H</b>	Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>719../..H1</b>	Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>719../..L</b>	Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>719../HC</b>	Hybrid-Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>719../HC..H</b>	Hybrid-Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>719../HC..H1</b>	Hybrid-Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>719../HC..L</b>	Hybrid-Schrägkugellager für die direkte Öl-Luft-Schmierung .....	2.1	198
<b>72..</b>	Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>72../HC</b>	Hybrid-Schrägkugellager .....	2.1	198
<b>BEAM ..</b>	Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager zum Anflanschen .....	6.3	370
<b>BEAS ..</b>	Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager .....	6.2	368
<b>BSA 2..</b>	Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager .....	6.1	366
<b>BSA 3..</b>	Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager .....	6.1	366
<b>BSD ..</b>	Einseitig wirkende Axial-Schrägkugellager .....	6.1	366
<b>BTM ..</b>	Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager .....	4.1	312
<b>BTM ../HC</b>	Zweiseitig wirkende Hybrid-Axial-Schrägkugellager .....	4.1	312
<b>BTW ..</b>	Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager .....	4.1	312
<b>DMB ..</b>	Kegelmessgeräte .....	8.2	398
<b>FBSA 2..</b>	Kartuschen mit Flanschlagergehäuse .....	6.4	372
<b>GB 10..</b>	Hüllkreismessgeräte für Zylinderrollenlager .....	8.3	402
<b>GB 30..</b>	Hüllkreismessgeräte für Zylinderrollenlager .....	8.3	402
<b>GB 49..</b>	Hüllkreismessgeräte für Zylinderrollenlager .....	8.4	406
<b>GRA 30..</b>	Kegellehrringe .....	8.1	394
<b>KMD ..</b>	Präzisions-Wellenmutter mit Spannschrauben .....	7.3	388
<b>KMT ..</b>	Präzisions-Wellenmutter mit Sicherungsstiften .....	7.1	384
<b>KMTA ..</b>	Präzisions-Wellenmutter mit Sicherungsstiften .....	7.2	386
<b>N 10..</b>	Einreihige Zylinderrollenlager .....	3.1	288
<b>N 10../HC5</b>	Einreihige Hybrid-Zylinderrollenlager .....	3.1	288
<b>NN 30..</b>	Zweireihige Zylinderrollenlager .....	3.2	294
<b>NN 30../..W33(X)</b>	Zweireihige Zylinderrollenlager mit Schmiervorrichtungen .....	3.2	294
<b>NNU 49..</b>	Zweireihige Zylinderrollenlager .....	3.2	294
<b>NNU 49../..W33(X)</b>	Zweireihige Zylinderrollenlager mit Schmiervorrichtungen .....	3.2	294
<b>NRT ..</b>	Axial-Radial-Zylinderrollenlager .....	5.1	334

<sup>1)</sup> Startseite der Produkttabelle

Kurzzeichen	Produkt	Produkttabellen	
		Nr.	Seite <sup>1)</sup>
<b>S70..</b>	Abgedichtete Schrägkugellager . . . . .	2.1	198
<b>S70../HC</b>	Abgedichtete Hybrid-Schrägkugellager . . . . .	2.1	198
<b>S719..</b>	Abgedichtete Schrägkugellager . . . . .	2.1	198
<b>S719../HC</b>	Abgedichtete Hybrid-Schrägkugellager . . . . .	2.1	198
<b>S72..</b>	Abgedichtete Schrägkugellager . . . . .	2.1	198
<b>S72../HC</b>	Abgedichtete Hybrid-Schrägkugellager . . . . .	2.1	198

<sup>1)</sup> Startseite der Produkttabelle

