IBC WÄLZLAGER GMBH

INDUSTRIAL BEARINGS AND COMPONENTS

POSTFACH 1825 · 35528 WETZLAR (GERMANY)

Tel: +49/64 41/95 53-02
Fax: +49/64 41/5 30 15

Industriegebiet Oberbiel
D-35606 Solms-Oberbiel

e-mail: ibc@ibc-waelzlager.com

http://www.ibc-waelzlager.com

IBC INDUSTRIAL BEARINGS

AND COMPONENTS AG

Tel: +41/32/6 52 83 53
Fax: +41/32/6 52 83 58

Kapellstrasse 26
CH-2540 Grenchen

e-mail: ibc@ibcag.ch

http://www.ibc-waelzlager.com

IBC

Hochpräzisions-Wälzlager High Precision Bearings

IBC

Hochpräzisions-Wälzlager

High Precision Bearings

IBC

Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit unserer Genehmigung gestattet. Die Angaben dieser Druckschrift wurden mit größter Sorgfalt zusammengestellt. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten sowie auftretende Schäden, die sich mittelbar oder unmittelbar aus der Verwendung der hier enthaltenen Informationen ergeben, kann keine Haftung übernommen werden. Veränderungen, die dem Fortschritt (der Weiterentwicklung) dienen, behalten wir uns vor.

© Copyright 2010 IBC

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 4

2. IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager 7

2.1 Bezeichnungssystem IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager 12

2.2 Fertigungsübersicht IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager 14

2.3 IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager (Tabellen) 16

2.4 Vorspannung und Steifigkeit 70

2.5 Differenzmaße der Vorspannungen 98

2.6 IBC Hochpräzisions-Universal-Schrägkugellager 106

2.7 IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze 108

2.8 IBC Hochpräzisions-Spannmuttern 112

3. IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager 115

3.1 Bezeichnungssystem IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager 120

3.2 Fertigungsübersicht IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager 121

3.3 IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager (Tabellen) 122

4. Toleranzen 137

4.1 Maße und Messprinzipien IBC Hochpräzisions-Wälzlager 139

4.2 Maß- und Lauftoleranzen IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager 140

4.3 Sortierung und Kantenabstände IBC Hochpräzisions-Wälzlager 141

4.4 Maß- und Lauftoleranzen IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager 142

4.5 Radiale Lagerluft IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager 143

4.6 Toleranzen der Anschluss- und Umgebungsbauteile 144

4.7 Passmaße für IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager und Umgebungsbauteile 145

5. Lebensdauerberechnung 147

5.1 Detaillierte Berechnung der Wälzlagerkräfte 152

5.2 Erweiterte modifizierte Lebensdauerberechnung 155

5.3 IBC-spezifische Faktoren 159

6. Drehzahlbeiwerte 161

7. Schmierung 165

8. Montage von Hochpräzisions-Wälzlagern 175

9. Werkstoffe 185

10. IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit ATCoat-Beschichtung 191

11. Schwingungsanalyse 195

1. Einleitung

Stetig steigende Anforderungen an Lagerungssysteme führten zur Entwicklung vielfältiger Verfahren und neuer Werkstoffe, um den erhöhten und sehr unterschiedlichen technischen und wirtschaftlichen Anwendungsfällen gerecht zu werden.
IBC Wälzlager GmbH, Industrial Bearings and Components, trägt dieser Entwicklung durch ständige Leistungssteigerung und Verbesserung der Produkte und Prozesse sowie einer Erweiterung der Produktpalette Rechnung.

Enger Kundenkontakt, z. B. durch partnerschaftliche Dialoge, dient der gemeinsamen Zieldefinition und konsequenten Verfolgung der Ziele, sodass selbst spezielle Kundenwünsche schnell und zielgerichtet in wirtschaftliche Lösungen umgesetzt werden.

Die intensive Kooperation mit Hochschulen und Universitäten, sowohl auf dem Sektor der Forschung und Entwicklung, als auch als Schnittstelle für Aus- und Weiterbildung, ist ein traditioneller Bestandteil unseres wissenschaftlichen Arbeitens.

Die Innovationskraft spiegelt sich unter anderem in der intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeit wider. Hierbei bilden die Grundlagenforschung, die Werkstofftechnik, dieTribologie und Lagerauslegung sowie die Optimierung der Fertigungsprozesse die Hauptbereiche. So trägt die Werkstoffvariation der Wälzlagerkomponenten entscheidend zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Produkte bei.

Über die Forschung und Entwicklung hinaus erstreckt sich das moderne Equipment, das in Kombination mit geschulten Fachkräften die Produktion von Wälzlagern nach höchsten Qualitätsvorgaben erst ermöglicht und langfristig sicherstellt. Daher gilt unser besonderes Augenmerk den an diesem Prozess mitwirkenden Menschen.

Waren anfangs Sonderanwendungen der Auslöser für den Einsatz von keramischen Wälzkörpern, so gehören sie heute zum Standard bei den Hochpräzisions-Wälzlagern, beispielsweise im Werkzeugmaschinensektor und im Elektromotorenbau. Verbesserte Käfigmaterialien, wie PEEK, werden für schnellaufende Hochpräzisions-Wälzlager oder bei erhöhten Temperaturen eingesetzt.

Werksseitig fettgeschmierte Hochpräzisions-Wälzlager, ergänzt durch Abdichtungen, ermöglichen einen wartungsfreien Einsatz und eine Lebensdauerschmierung der Wälzlager. Dies trägt sowohl zu einer vereinfachten kundenseitigen Konstruktion als auch zu einer Vereinfachung des Montageprozesses bei.

Erweitert wird das Lieferprogramm von IBC Wälzlager durch ATCoat dünnhartchrombeschichtete Hochpräzisions-Wälzlager für spezielle Einsatzfälle. Gebrauchsdauersteigernde Eigenschaften sowie hervorragende Verschleiß- und Korrosionsschutzeigenschaften sind als Vorteile der ATCoat-beschichteten Hochpräzisions-Wälzlager zu nennen.

Die nachfolgenden Seiten dieser Druckschrift zeigen die Produktvielfalt und Variationen der Hochpräzisions-Schrägkugellager und Hochpräzisions-Zylinderrollenlager für den Werkzeugmaschinenbau, die Druckmaschinen- und Textilmaschinenindustrie sowie für alle Anwendungen, in welchen extrem hohe Anforderungen an Laufgenauigkeit, Zuverlässigkeit, hohe Drehzahlen, reibungs- und geräuscharmen Lauf, Steifigkeit, Belastung und Temperaturentwicklung sowie die gegebenen Einbauverhältnisse, einzeln oder in Kombination, auftreten.

Ergänzung erfährt dieser Überblick über die Produktpalette der IBC Hochpräzisions-Wälzlager durch Kriterien zur geeigneten Lagerauswahl und -auslegung sowie Lagerungsgestaltung und Wälzlagermontage.

IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager sind, abhängig vom Anwendungsfall, mit unterschiedlichen Berührungswinkeln, mit unterschiedlichen Wälzkörperdurchmessern aus Stahl oder Keramik, offen oder abgedichtet, lieferbar. Ferner besteht die Möglichkeit der Variante mit Direktschmierung durch den Außenring. In Abhängigkeit von den Anforderungen hinsichtlich der Drehzahl, Tragzahl, Steifigkeit, Schmiermöglichkeit und weiterer Umgebungsparameter kann so die passende Lagerung

anwendungsspezifisch ausgewählt werden. Unterschiedliche und innovative Lösungsprinzipien zur Gewährleistung einer sicheren Festlager- und Loslagerfunktion finden sich in dem Produktprogramm von IBC Wälzlager GmbH wieder. So sind nicht nur Hochpräzisions-Schrägkugellager mit ihrer konstruktiven Festlagerfunktion und Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit Loslagerfunktion zu nennen, sondern es stellen auch ATCoat-beschichtete Wälzlagerringe zur Vermeidung von Passungsrost und zur Gewährleistung des Schiebesitzes eine Alternative dar.

Weitere Komponenten der Lagerungssysteme, wie z. B. Präzisions-Spannmuttern und Labyrinthdichtungen, sind ebenfalls seit vielen Jahren ein fester Bestandteil des Lieferprogramms der IBC Wälzlager GmbH. Diese werden unter anderem bei Lagerungen von Kugelgewindetrieben eingesetzt. Aus diesen vielfältigen Varianten heraus ergibt sich eine Optimierung der Wirtschaftlichkeit für den Anwender.

Ständige, in den Fertigungsprozess integrierte Qualitätskontrollen sowie unsere Verpflichtung und Verantwortung zur Wahrung von Sicherheits- und Umweltaspekten sorgen für ein gleich hohes Qualitätsniveau all unserer Produkte. Unser leistungsfähiges Qualitätsmanagement-System ist für Konstruktion, Design, Entwicklung, Fertigung und Vertrieb von Wälzlagern und Linearführungen nach DIN EN ISO 9001 implementiert und zertifiziert.

Detailinformationen zu den unterschiedlichen Wälzlagerbauarten sowie zur Auswahl der Lagerung und sicheren Einbindung in individuelle Konstruktionen finden Sie in unseren entsprechenden Produktkatalogen.

Mit diesem umfangreichen Lieferprogramm sowie der weltweiten Unterstützung unserer Kunden vor Ort durch unsere Serviceabteilung und technischen Abteilungen ist es uns möglich, gemeinsam mit unseren Kunden spezifische und wirtschaftliche Lagerungslösungen für Ihre Lagerungsaufgaben zu erarbeiten.

2. IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

2. IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager wurden für alle Wälzlageranwendungen entwickelt, an die einzeln oder in Kombination höchste Anforderungen in den Bereichen Zuverlässigkeit, Steifigkeit, Drehzahleignung und Laufgenauigkeit gestellt werden. Ihre große Anzahl an Typen erlaubt Spindelherstellern unterschiedlichster Branchen oder Sondermaschinenbauern, ihre Spindeln nach den für sie wichtigsten Aspekten zu optimieren. Technik und Wirtschaftlichkeit erreichen so die optimale Kombination.

Die Vielzahl von anwendungsspezifischen Anforderungen an Laufgenauigkeit, Belastbarkeit, Drehvermögen, Steifigkeit und Schwingungsverhalten sowie die gegebenen Platzverhältnisse erfordern unterschiedliche Lagerreihen in mehreren Ausführungen und Größen mit unterschiedlichen Konstruktionsmerkmalen, um eine Leistungssteigerung bei gleichzeitiger Kostenreduktion für die Wälzlagerung zu erzielen.

Baureihen

Die IBC Produktpalette bietet eine Vielzahl von unterschiedlichen Ausführungen einreihiger Hochpräzisions-Schrägkugellager.

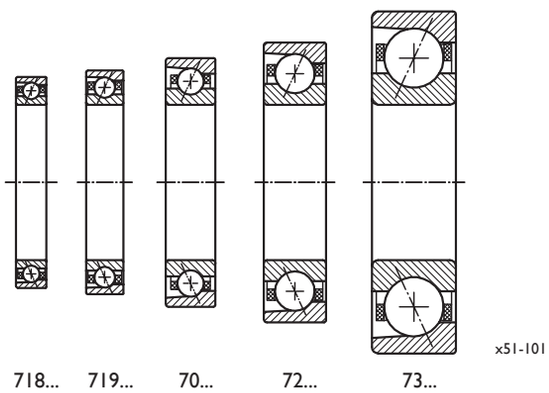


Bild 2.1: Maßreihen für IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

Nach DIN 616 ist jeder Type eine Maßreihe zugeordnet, die sich aus Durchmesserreihe und Breitenreihe zusammensetzt. Die Maßreihe legt den Außendurchmesser D, die Lagerbreite B und die Verrundungsmaße r fest. Der Kennzahl für die Maßreihe ist noch die Kennzahl 7 für Schrägkugellager vorangestellt.

Jede Maßreihe zeichnet sich durch spezielle Eigenschaften aus, die sie für bestimmte Wälzlagerungen besonders geeignet macht.

Die Maßreihe 18 ist die Baureihe mit dem kleinsten Querschnitt für Hochpräzisions-Schrägkugellager und eignet sich bei geringeren Anforderungen an die Tragfähigkeit für höchste Drehzahlen. Baubreite und Außendurchmesser nehmen über die Maßreihen 19, 10 usw. zu.

Somit werden die Maßreihen 19 und 10 bei höheren Drehzahlen oder geringem radialen Bauraum eingesetzt, während die Maßreihen 02 und 03 für hohe Beanspruchungen bei relativ niedrigen Drehzahlen ausgewählt werden. Werden hohe Anforderungen an die Steifigkeit einer Wälzlagerung gestellt, so fällt die Wahl meistens auf Hochpräzisions-Schrägkugellager der Maßreihe 19, da sie mit der größtmöglichen Anzahl an Wälzkörpern ausgestattet sind und bei vorgegebenem Außendurchmesser große Wellendurchmesser zulassen.

Berührungswinkel

Mit dem Berührungswinkel ist der Winkel zwischen einer gedachten Geraden durch die Kontaktstellen der Wälzkörper mit den Laufbahnen und der Senkrechten zur Drehachse definiert.

IBC hat die Innenkonstruktion der Hochpräzisions-Schrägkugellager auf die vielfältigen Anforderungen im Werkzeugmaschinenbau abgestimmt und bietet serienmäßig Hochpräzisions-Schrägkugellager mit drei unterschiedlichen Berührungswinkeln an. Jede Maßreihe ist mit einem Berührungswinkel von 15°, 25° bzw. 30° ausgeführt. Die Hochgeschwindigkeits-Schrägkugellager (Bauform H und CBH) weisen einen Berührungswinkel von 18° auf.

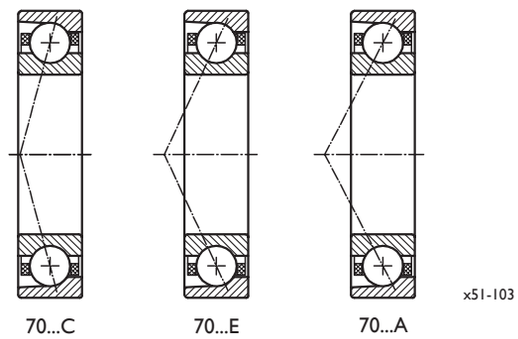


Bild 2.2: Berührungswinkel bei IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagern

Die unterschiedlichen Berührungswinkel werden individuellen Anforderungen bei kombinierten Lasten, bezüglich Steifigkeit und Drehzahlverhalten, gerecht. Darüber hinaus fertigt IBC Präzisions-Schrägkugellager mit Berührungswinkeln von 35°, 40° und 60°, die in den Druckschriften Schrägkugellager 40° TI-I-4044 und Wälzlager für Kugelgewindetriebe TI-I-5010 beschrieben sind.

Bauformen

Abweichend von der Standardbauform lassen sich Schrägkugellager zur Erzielung höherer Drehzahlen mit kleineren oder mit keramischen Wälzkörpern ausrüsten.

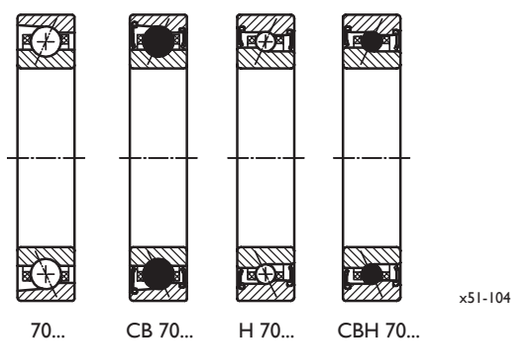


Bild 2.3: Bauformen Standard, CB, H und CBH in gleicher Maßreihe

Sogenannte Hybridlager behalten die ursprüngliche Wälzlagergeometrie bei und sind mit keramischen Wälzkörpern ausgestattet. Die Hochgeschwindigkeitsausführung H verwendet bei gleicher Außengeometrie kleinere Wälzkörper und die Bauform CBH kombiniert beide Maßnahmen. Die Bauform CBH eignet sich für höchste Drehzahlen, ist jedoch nicht so hoch belastbar.

Hybridwälzlager, mit keramischen Wälzkörpern und Ringen aus Wälzlagerstahl, kommen nicht nur bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen zum Einsatz, sie überzeugen auch durch ihre Zuverlässigkeit und ihre verlängerte Fettgebrauchsdauer. Die härteren und gleichzeitig leichteren Keramikwälzkörper vermindern die Wärmeleistung der Wälzlager, reduzieren die Schmierstoffbeanspruchung bzw. verbessern die Abrollbedingungen bei ungünstigen Schmierverhältnissen und unterbrechen einen möglichen Stromfluss durch Wälzlager. Hierdurch werden die Systemkosten stark reduziert.

Darüber hinaus hat IBC Wälzlager GmbH die Maßreihen 19 und 10 in weiten Bereichen durch eine optimierte Wälzlagergeneration mit dem Nachsetzzeichen X (CX und EX) ergänzt. Die Kennzeichnung dieser Ausführung erfolgt grundsätzlich in Verbindung mit dem Berührungswinkel. Diese Ausführung schließt die Lücke zwischen der Standard- und der Hochgeschwindigkeitsbaureihe und ermöglicht dem Anwender, noch gezielter Hochpräzisions-Schrägkugellager auszuwählen. Kennzeichnend für diese Ausführung ist ein geringeres Reibmoment und damit eine deutlich reduzierte Wärmeabgabe aufgrund von konstruktiven Maßnahmen bzgl. der inneren Wälzlagergeometrie.

Abgedichtete IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

Die ständig steigende Nachfrage nach fettgeschmierten Hochpräzisions-Schrägkugellagern hat zur Ergänzung der Ausführungen mit abgedichteten und einsatzfertig befetteten Hochpräzisions-Schrägkugellagern geführt. Die werksseitige Befettung mit dem optimalen Fett in der richtigen Menge wirkt sich positiv auf die Lagerlebensdauer und somit auch auf die Maschinenstandzeit aus. Standardmäßig sind IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit den geeigneten Hochleistungsfetten befüllt, die bereits einen großen Einsatztemperaturbereich abdecken. Sie sind somit einbaufertig und nach einem Fettverteilungslauf sofort betriebsbereit. Nähere Erläuterungen hierzu finden Sie im Kapitel 7 (Schmierung).

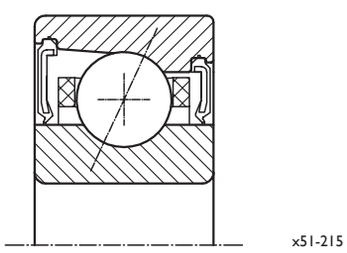


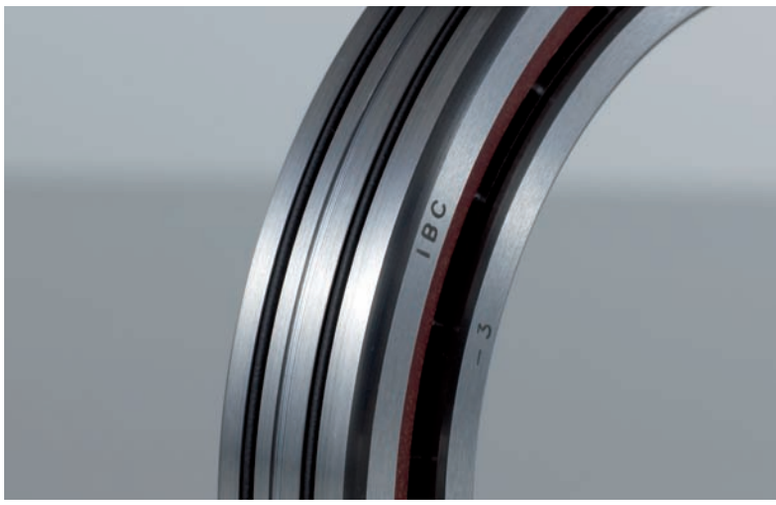
Bild 2.4: Beidseitige Abdichtung mit nichtschleifenden Dichtscheiben

Die Hochpräzisions-Schrägkugellager erhalten durch die beidseitige Abdichtung mit nichtschleifenden Dichtscheiben (2RSZ), welche die Eignung für hohe Drehzahlbereiche nicht einschränken, den idealen Schutz gegen Verschmutzung und Luftströme. Darüber hinaus wirken die Abdichtungen bei senkrechten oder schwenkbaren Spindeln als Fettrückhaltescheiben. Standardmäßig werden die Schrägkugellager der Maßreihen 18 und 19 sowie die der H-Ausführung mit dem Fett GS36 und alle anderen mit dem Schmierstoff GS75 ohne Kennzeichnung befettet.

Die zulässige Betriebstemperatur dieser aus ölbeständigem und verschleißfestem Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) bestehenden und mit einer Stahlblecharmierung versehenen Dichtscheiben liegt zwischen -40° und 120 °C.

Öl-Luft-Schmierung

Öl-luftgeschmierte Hochpräzisions-Schrägkugellager werden seitlich über Zwischenringe mit dem Öl-Luftgemisch versorgt. Der Teilkreis, an dem die Schmiermittelzufuhr erfolgt, ist in den Maßtabellen aufgeführt. An den Wälzlagern selbst sind keinerlei konstruktive Veränderungen erforderlich.



Sonderbauform

Stoßen fettgeschmierte Hochpräzisions-Schrägkugellager an ihre Grenzen, so stellen IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager mit Außenringschmierung eine ideale Alternative dar.

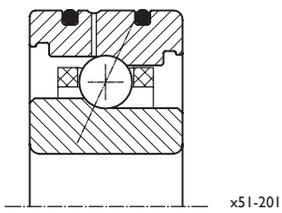


Bild 2.5: Über den Außenring geschmiertes IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

Eine umlaufende Ringnut und radiale Zuführbohrungen erlauben eine direkte Schmierung. In den Außenring integrierte O-Ringe sorgen für eine Abdichtung im Gehäuse. Die Maße von Bohrung und Einstichen finden Sie im Kapitel 7 (Schmierung).

Hochpräzisions-Schrägkugellager mit Außenringschmierung reduzieren die Elemente in der Lagerumgebungskonstruktion, woraus ein Bauraumgewinn bei gleichzeitiger Kostenersparnis resultiert.

Neben den bereits genannten Bauformen fertigt IBC noch eine Reihe von Hochpräzisions-Wälzlagern in Sonderausführung. Bitte sprechen Sie in diesen Fällen unsere technischen Beratungsteams an, die Sie gerne bei der Lösung Ihrer spezifischen Lagerungsaufgaben unterstützen.

Wälzlagerwerkstoffe

Wälzlagerringe und Wälzkörper werden zu einem überwiegenden Teil aus vakuumentgastem Wälzlagerstahl 100Cr6 (1.3505) gefertigt. Keramische Wälzkörper stehen darüber hinaus auch aus dem keramischen Material Siliziumnitrid Si_3N_4 zur Verfügung. Eine detaillierte Beschreibung der Werkstoffe finden Sie im Kapitel 9 (Werkstoffe).

Wärmebehandlung

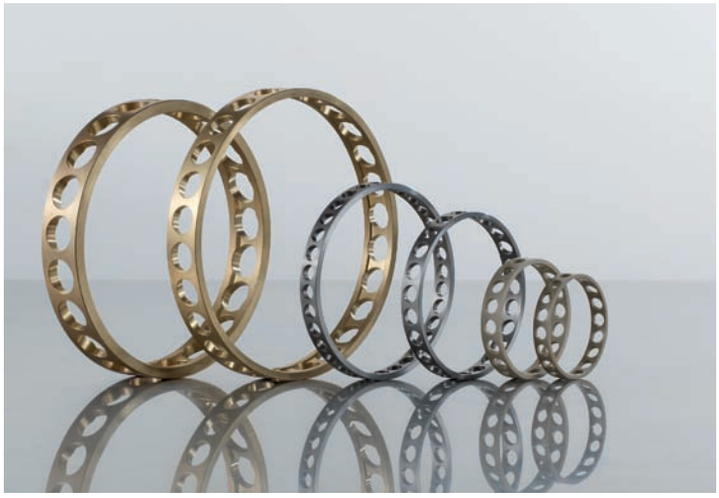
Die Wälzlagerringe sind standardmäßig bis zu einer Gebrauchstemperatur von 150 °C maßstabil. Darüber hinaus sind für höhere Temperaturen höherwertige Wärmebehandlungen auf Anfrage möglich. Weitere Details hierzu, wie Benennung, Einschränkungen und Eignung, sind im Kapitel 9 (Werkstoffe) erläutert.

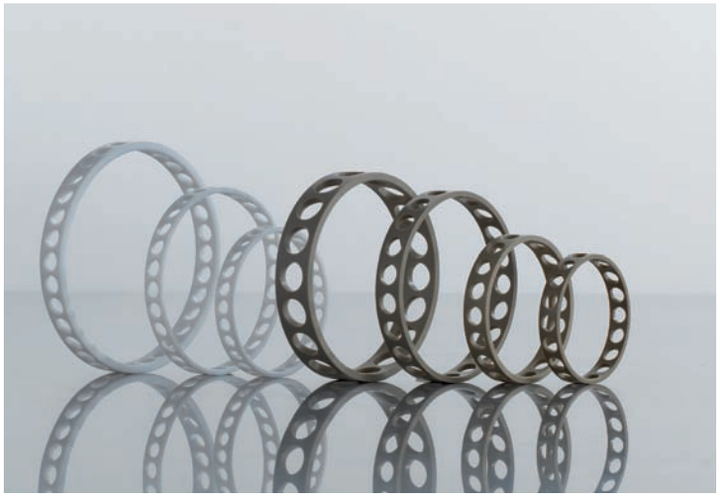
Käfige

Standardmäßig sind die IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager mit einem glasfaserverstärkten Hartgewebekäfig ausgerüstet, der bereits zahlreichen Anwendungsfällen gerecht wird.

Ist das Hochpräzisions-Schrägkugellager jedoch besonderen Betriebsbedingungen, wie höheren Temperaturen oder extremen Beschleunigungen ausgesetzt, sind entsprechend geeignete Käfige aus unterschiedlichen Werkstoffen lieferbar. Bitte sprechen Sie uns an, falls Sie für Ihre Anwendung einen besonderen Käfig benötigen.

Nähere Beschreibungen der einzelnen Käfigwerkstoffe finden Sie im Kapitel 9 (Werkstoffe).





Wälzlager mit ATCoat-Beschichtung

IBC fertigt neben den bereits genannten Ausführungen auch Hochpräzisions-Wälzlager mit einer ATCoat-Dünnhartchrombeschichtung.

Eine detailliertere Beschreibung der ATCoat-Beschichtung befindet sich in Kapitel 10 (IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit ATCoat-Beschichtung) und insbesondere in der Druckschrift ATC Technology Coatings.

Besonders hervorzuheben ist die ATCoat-Dünnhartchrombeschichtung des Außenringes für ein Hochpräzisions-Schrägkugellager, wenn es als Loslager eingesetzt wird. In diesem Fall vermindert die Beschichtung die Entstehung von Passungsrost, wenn der Außenring des Hochpräzisions-Wälzlagers in nicht zu enger Passung eine axiale Verschiebbarkeit zulassen muss.

2.1 Bezeichnungssystem IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

Beispiele:

CB	H	719	14	.E		.T	.2RSZ	.P4A.	X2.	UL		
X-		70	00	.E		.T		.P4A.	X5.	UL		
		70	14	.C	S	.T		.P2A	.	UL		
		70	16	.E		.T		.P4A.	X5.	QBTM		.GS32
CB	H	70	12	.C		.T	.2RSZ	.P2H.	X6.	UL		
AC-		72	13	.E		.M		.P4A.	X2.	U40.	A11	

Werkstoff

-	Wälzkörper und Ringe 100Cr6
CB	Wälzkörper Si_3N_4
AC-	Ringe ATCoat
ACC-	Ringe ATCoat + Wälzkörper Si_3N_4
X-	Ringe ChromoTec

Bauform

-	normale Ausführung
H	Hochgeschwindigkeitsausführung

Maßreihen

718... 719...
70... 72... 73...

Bohrungskennzahl

00	10 mm	02	15 mm
01	12 mm	03	17 mm

ab Kennzahl 04: 4 · 5 = 20 mm

Berührungswinkel

C	15° Berührungswinkel
E	25° Berührungswinkel
A	30° Berührungswinkel

Schmiernut und Bohrung

-	Standardschmiermöglichkeit
S	Nachschmiermöglichkeit über Außenring

Käfig

Fensterkäfige, außenringgeführt

T	Hartgewebe/Phenolharz
M	Messing
K	PEEK
S	Edelstahl
PX	Polyamid, glasfaserverstärkt
G	PTFE

Dichtung

-	offenes Wälzlager
2RSZ	nichtschleifende Dichtscheiben beidseitig

Schmierung

-	nur korrosionsgeschützt oder bei abgedichteten Wälzlagern Standardfett GS36 oder GS75
G...	spezifiziertes Fett

ATCoat-Beschichtung

-	keine Beschichtung
A11	Innen- u. Außenring beschichtet
A15	Innen- u. Außenring beschichtet Wälzkörper und Käfig rostarm
A21	Innenring beschichtet
A31	Außenring beschichtet

Vorspannung universell geschliffen

UX	extra leicht
UL	leicht
UM	mittel
UH	hoch
U...	besondere Vorspannung in daN
A...	axiale Lagerluft Istwert-Angabe in µm

Schrägkugellagersätze

-	Einzellager
D...	Duplexsatz
T...	Triplexsatz
Q...	Quadruplexsatz
P...	Pentaplexsatz
	siehe Kapitel 2.7 (Schrägkugellagersätze)

Sortierung, eingeengte Toleranzen

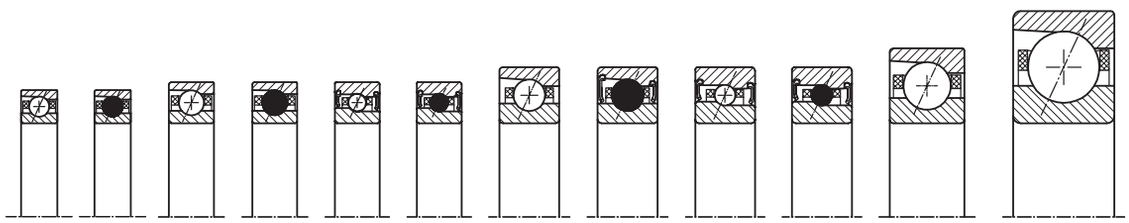
-	keine Sortierung
X1, X3 X5, X6, X8	Sortierung eingeengter Toleranzen für Toleranzfeld ≤ 5 µm
X1 bis X9	Sortierung eingeengter Toleranzen für Toleranzfeld > 5 µm siehe Kapitel 4 (Toleranzen)

Genauigkeit

P4	hohe Genauigkeit
P4A	höhere Genauigkeit
P2H	höhere Genauigkeit
P2A	höchste Genauigkeit

2.2 Fertigungsübersicht
IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

718...
CB 718...
719...
CB 719...
H 719...
CBH 719...
70...
CB 70...
H 70...
CBH 70...
72...
73...

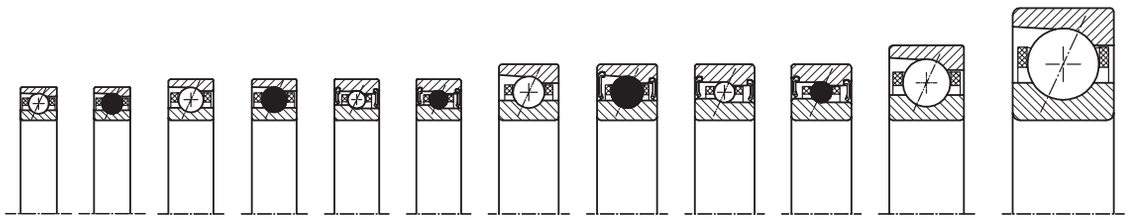


x51-106

	Baureihen															
	718...				719...				719...X				H 719...			
d		D	B			D	B			D	B			D	B	
mm		mm		Di*		mm		Di*		mm		Di*		mm		Di*
6					X-719/6	15	5									
7					X-719/7	17	5									
8					X-719/8	19	6									
9					X-719/9	20	6									
10					X-71900	22	6									
12					X-71901	24	6									
15					X-71902	28	7									
17					71903	30	7									
20					71904	37	9									
25					71905	42	9	o								
30					71906	47	9	o	71906.X	47	9	o				
35					71907	55	10	o	71907.X	55	10	o				
40					71908	62	12	o	71908.X	62	12	o	H 71908	62	12	o
45					71909	68	12	o	71909.X	68	12	o	H 71909	68	12	o
50	71810	65	7		71910	72	12	o	71910.X	72	12	o	H 71910	72	12	o
55	71811	72	9		71911	80	13	o	71911.X	80	13	o	H 71911	80	13	o
60	71812	78	10		71912	85	13	o	71912.X	85	13	o	H 71912	85	13	o
65	71813	85	10		71913	90	13	o	71913.X	90	13	o	H 71913	90	13	o
70	71814	90	10		71914	100	16	o	71914.X	100	16	o	H 71914	100	16	o
75	71815	95	10		71915	105	16	o	71915.X	105	16	o				
80	71816	100	10		71916	110	16	o	71916.X	110	16	o				
85	71817	110	13		71917	120	18	o	71917.X	120	18	o				
90	71818	115	13		71918	125	18	o	71918.X	125	18	o				
95	71819	120	13		71919	130	18	o	71919.X	130	18	o				
100	71820	125	13		71920	140	20	o	71920.X	140	20	o				
105	71821	130	13		71921	145	20	o	71921.X	145	20	o				
110	71822	140	16		71922	150	20	o	71922.X	150	20	o				
120	71824	150	16		71924	165	22	o	71924.X	165	22	o				
130	71826	165	18		71926	180	24	o								
140	71828	175	18		71928	190	24	o								
150	71830	190	20		71930	210	28	o								
160	71832	200	20		71932	220	28	o								
170	71834	215	22		71934	230	28	o								
180	71836	225	22		71936	250	33	o								
190	71838	240	24		71938	260	33	o								
200	71840	250	24		71940	280	38									
220	71844	270	24		71944	300	38									
240	71848	300	28		71948	320	38									
260	71852	320	28		71952	360	46									
280	71856	350	33		71956	380	46									
300	71860	380	38		71960	420	56									
320	71864	400	38		71964	440	56									
340					71968	460	56									
360					71972	480	56									

*Di: abgedichtete Version

718...
CB 718...
719...
CB 719...
H 719...
CBH 719...
70...
CB 70...
H 70...
CBH 70...
72...
73...



Baureihen

	70...			70...X				H 70...				72...				73...		
	D	B			D	B			D	B			D	B			D	B
	mm		Di*		mm		Di*		mm		Di*		mm		Di*		mm	
X-706	17	6																
X-707	19	6																
X-708	22	7																
X-709	24	7																
X-7000	26	8										7200	30	9	o			
X-7001	28	8										7201	32	10	o			
7002	32	9		7002.X	32	9						7202	35	11	o			
7003	35	10		7003.X	35	10						7203	40	12	o			
7004	42	12		7004.X	42	12						7204	47	14	o	7304	52	15
7005	47	12	o	7005.X	47	12	o					7205	52	15	o	7305	62	17
7006	55	13	o	7006.X	55	13	o					7206	62	16	o	7306	72	19
7007	62	14	o	7007.X	62	14	o					7207	72	17	o	7307	80	21
7008	68	15	o	7008.X	68	15	o	H 7008	68	15	o	7208	80	18	o			
7009	75	16	o	7009.X	75	16	o	H 7009	75	16	o	7209	85	19	o			
7010	80	16	o	7010.X	80	16	o	H 7010	80	16	o	7210	90	20	o			
7011	90	18	o	7011.X	90	18	o	H 7011	90	18	o	7211	100	21	o			
7012	95	18	o	7012.X	95	18	o	H 7012	95	18	o	7212	110	22	o			
7013	100	18	o	7013.X	100	18	o	H 7013	100	18	o	7213	120	23	o			
7014	110	20	o	7014.X	110	20	o	H 7014	110	20	o	7214	125	24	o			
7015	115	20	o	7015.X	115	20	o	H 7015	115	20	o	7215	130	25	o			
7016	125	22	o	7016.X	125	22	o	H 7016	125	22	o	7216	140	26				
7017	130	22	o	7017.X	130	22	o	H 7017	130	22	o	7217	150	28				
7018	140	24	o	7018.X	140	24	o	H 7018	140	24	o	7218	160	30				
7019	145	24	o	7019.X	145	24	o					7219	170	32				
7020	150	24	o	7020.X	150	24	o	H 7020	150	24	o	7220	180	34				
7021	160	26	o	7021.X	160	26	o					7221	190	36				
7022	170	28	o					H 7022	170	28	o	7222	200	38				
7024	180	28	o					H 7024	180	28	o	7224	215	40				
7026	200	33	o									7226	230	40				
7028	210	33	o									7228	250	42				
7030	225	35	o															
7032	240	38	o															
7034	260	42																
7036	280	46																
7038	290	46																
7040	310	51																
7044	340	56																
7048	360	56																

*Di: abgedichtete Version

2.3 IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

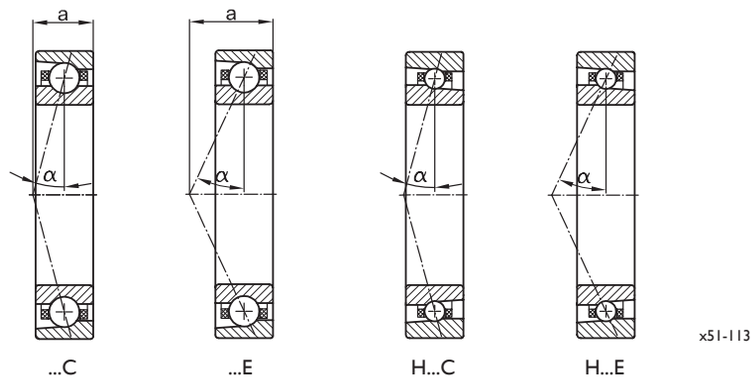
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
6	17	6	X-706.C	2.350	1.050	39	96.500	145.000	10,8			3,0	MMR 6
			CBX-706.C	2.350	700	26	125.500	188.500					
			X-706.E	1.700	700	26	86.900	130.500	10,8			3,0	
			CBX-706.E	1.700	400	15	113.000	169.700					
7	19	6	X-707.C	2.690	1.320	49	83.000	125.000	12,6			4,0	MMR 7
			CBX-707.C	2.690	900	33	107.900	162.500					
			X-707.E	2.000	900	33	74.700	112.500	12,6			4,0	
			CBX-707.E	2.000	600	22	97.200	146.300					
8	22	7	X-708.C	3.680	1.750	65	79.500	120.000	13,8			5,0	MMR 8
			CBX-708.C	3.680	1.200	44	103.400	156.000					
			X-708.E	2.700	1.300	48	71.600	108.000	13,8			5,0	
			CBX-708.E	2.700	900	33	93.100	140.400					
9	24	7	X-709.C	5.100	2.450	91	75.600	114.000	15,0			5,0	MMR 9
			CBX-709.C	5.100	1.700	63	98.300	148.200					
			X-709.E	3.800	1.950	72	68.100	102.600	15,0			5,0	
			CBX-709.E	3.800	1.350	50	88.600	133.400					
10	22	6	X-71900.C	2.900	1.550	57	73.000	115.000	16,8			5,0	MMR 10
			CBX-71900.C	2.900	1.000	37	94.900	149.500					
			X-71900.E	2.100	1.100	41	65.700	103.500	16,8			5,0	
			CBX-71900.E	2.100	700	26	85.500	134.600					
	26	8	X-7000.C	5.500	2.850	106	58.000	100.000	17,4			6,0	MMR 10
			CBX-7000.C	5.500	1.900	70	75.400	130.000					
			X-7000.E	4.100	2.100	78	52.200	90.000	17,4			8,0	
			CBX-7000.E	4.100	1.400	52	67.900	117.000					
	30	9	7200.C	5.900	3.000	111	57.000	86.000	20,8		o	7,0	MMR 10
			7200.E	5.700	2.900	107	51.000	76.000			o	8,0	

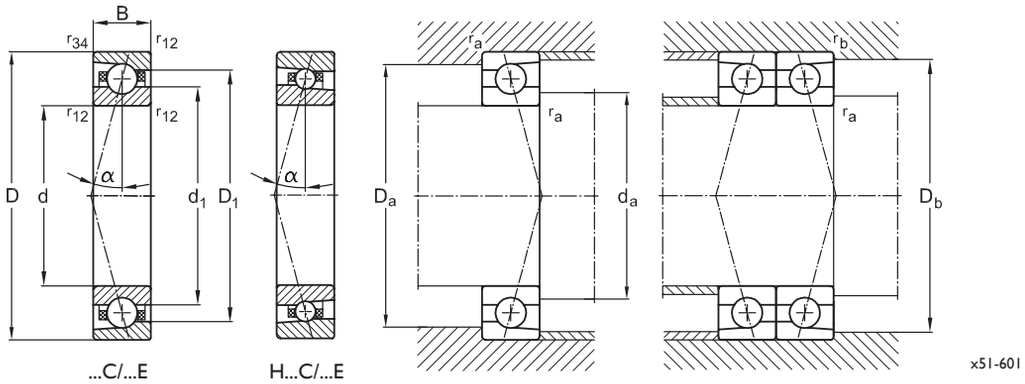
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Abmessungen d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	Gewicht m	Anschlussmaße $d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
6	17	6	X-706.C	9,0	14,5	0,3	0,1	0,005	8,5	14,3	14,7	0,3	0,1
			CBX-706.C					0,005					
			X-706.E	9,0	14,5	0,3	0,1	0,005	8,5	14,3	14,7	0,3	0,1
			CBX-706.E					0,005					
7	19	6	X-707.C	10,5	16,3	0,3	0,1	0,008	10,1	15,9	16,3	0,3	0,1
			CBX-707.C					0,007					
			X-707.E	10,5	16,3	0,3	0,1	0,008	10,1	15,9	16,3	0,3	0,1
			CBX-707.E					0,007					
8	22	7	X-708.C	11,5	18,8	0,3	0,1	0,010	11,1	19,8	20,3	0,3	0,1
			CBX-708.C					0,009					
			X-708.E	11,5	18,8	0,3	0,1	0,010	11,1	19,8	20,3	0,3	0,1
			CBX-708.E					0,009					
9	24	7	X-709.C	12,5	20,5	0,3	0,1	0,015	11,9	21,1	21,7	0,3	0,1
			CBX-709.C					0,014					
			X-709.E	12,5	20,5	0,3	0,1	0,015	11,9	21,1	21,7	0,3	0,1
			CBX-709.E					0,014					
10	22	6	X-71900.C	14,0	18,1	0,3	0,1	0,009	13,1	19,4	19,9	0,3	0,1
			CBX-71900.C					0,008					
			X-71900.E	14,0	18,1	0,3	0,1	0,009	13,1	19,4	19,9	0,3	0,1
			CBX-71900.E					0,008					
	26	8	X-7000.C	14,5	21,4	0,3	0,1	0,020	13,8	22,1	23,4	0,3	0,1
			CBX-7000.C					0,018					
			X-7000.E	14,5	21,4	0,3	0,1	0,020	13,8	22,1	23,4	0,3	0,1
			CBX-7000.E					0,018					
	30	9	7200.C	17,3	23,0	0,3	0,1	0,030	14,3	25,6	25,3	0,3	0,1
			7200.E					0,030					

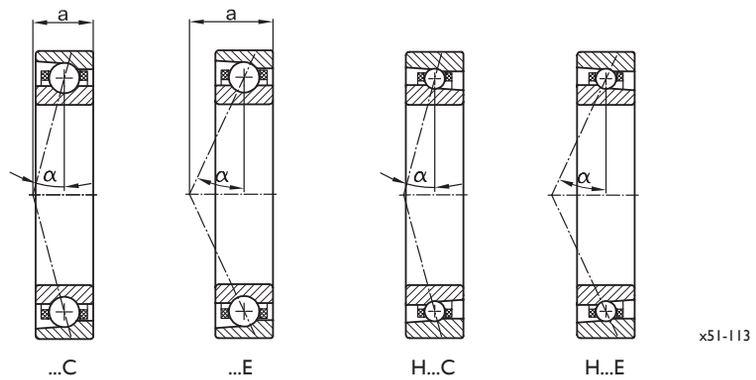
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
12	24	6	X-71901.C	3.100	1.750	65	64.500	97.000	17,0			5,0	MMR 12
			CBX-71901.C	3.100	1.200	44	83.900	126.100					
			X-71901.E	2.300	1.300	48	58.100	87.300	17,0			5,0	
			CBX-71901.E	2.300	900	33	75.600	113.500					
	28	8	X-7001.C	4.600	2.700	100	61.000	92.000	18,0			7,0	MMR 12
			CBX-7001.C	4.600	1.800	67	79.300	119.600					
			X-7001.E	3.400	2.000	74	54.900	82.800	18,0			9,0	
			CBX-7001.E	3.400	1.400	52	71.400	107.700					
	32	10	7201.C	7.800	4.000	148	50.000	75.200	19,0		o	8,0	MMR 12
			7201.E	7.500	3.800	141	45.200	67.000			o	10,0	
15	28	7	X-71902.C	4.860	2.950	109	53.000	80.000	21,0			6,0	MMR 15
			CBX-71902.C	4.860	2.000	74	68.900	104.000					
			X-71902.E	3.600	2.200	81	47.700	72.000	21,0			6,0	
			CBX-71902.E	3.600	1.500	56	62.100	93.600					
	32	9	7002.C	6.300	3.500	130	48.300	71.000	20,8			8,0	MMR 15
			CB 7002.C	6.300	2.400	89	62.800	92.300					
			7002.CX	5.000	2.800	104	55.500	81.600	20,8			8,0	
			CB 7002.CX	5.000	1.900	70	72.200	106.100					
			7002.E	4.500	2.500	93	43.500	63.900	20,8			10,0	
			CB 7002.E	4.500	1.700	63	56.600	83.100					
			7002.EX	3.600	2.000	74	50.000	73.500	20,8			10,0	
			CB 7002.EX	3.600	1.400	52	65.000	95.600					
	35	11	7202.C	9.800	5.200	193	46.000	68.000	21,9		o	9,0	MMR 15
			CB 7202.C	9.800	3.600	133	59.800	88.400			o		
			7202.E	9.500	5.000	192	41.400	61.200	21,9		o	12,0	
			CB 7202.E	9.500	3.000	110	53.900	79.600			o		

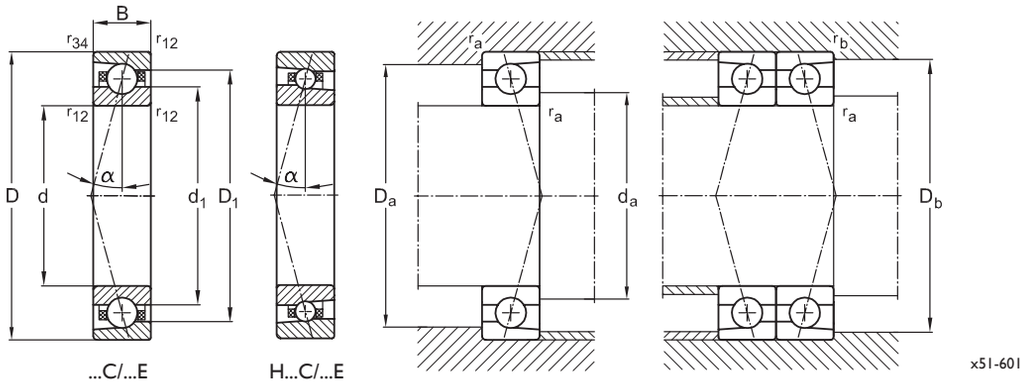
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
12	24	6	X-71901.C	15,6	20,5	0,3	0,1	0,010	15,1	21,3	21,9	0,3	0,1
			CBX-71901.C					0,009					
			X-71901.E	15,6	20,5	0,3	0,1	0,010	15,1	21,3	21,9	0,3	0,1
			CBX-71901.E					0,009					
	28	8	X-7001.C	16,7	23,1	0,3	0,1	0,020	16,4	24,3	25,7	0,3	0,1
			CBX-7001.C					0,018					
			X-7001.E	16,7	23,1	0,3	0,1	0,020	16,4	24,3	25,7	0,3	0,1
			CBX-7001.E					0,018					
	32	10	7201.C	18,3	26,1	0,6	0,3	0,040	16,4	27,3	27,1	0,6	0,3
			7201.E					0,040					
15	28	7	X-71902.C	19,2	24,1	0,3	0,1	0,020	17,9	25,4	26,1	0,3	0,1
			CBX-71902.C					0,018					
			X-71902.E	19,2	24,1	0,3	0,1	0,020	17,9	25,4	26,1	0,3	0,1
			CBX-71902.E					0,018					
	32	9	7002.C	20,2	27,1	0,3	0,1	0,030	19,1	29,2	30,9	0,3	0,1
			CB 7002.C					0,028					
			7002.CX	20,2	27,1	0,3	0,1	0,030	19,1	29,2	30,9	0,3	0,1
			CB 7002.CX					0,028					
			7002.E	20,2	27,1	0,3	0,1	0,030	19,1	29,2	30,9	0,3	0,1
			CB 7002.E					0,028					
			7002.EX	20,2	27,1	0,3	0,1	0,030	19,1	29,2	30,9	0,3	0,1
			CB 7002.EX					0,028					
	35	11	7202.C	21,0	29,0	0,6	0,3	0,040	19,3	30,4	30,2	0,6	0,3
			CB 7202.C					0,037					
			7202.E	21,0	29,0	0,6	0,3	0,040	19,3	30,4	30,2	0,6	0,3
			CB 7202.E					0,037					

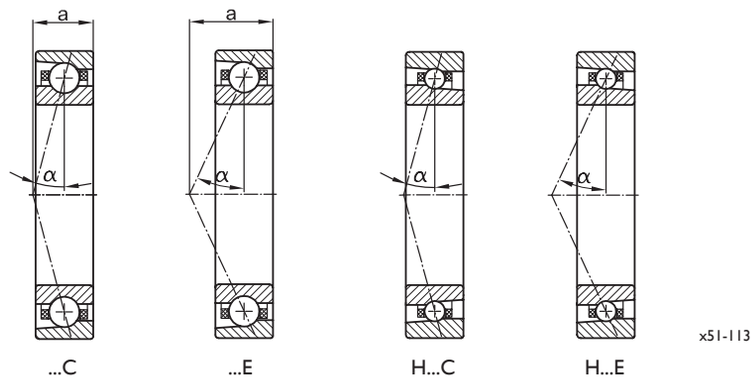
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
17	30	7	71903.C	5.500	3.200	119	50.000	75.000	21,8			7,0	MMR 17
			CB 71903.C	5.500	2.200	81	65.000	97.500					
			71903.E	5.250	2.900	107	45.000	67.500	21,8			9,0	
			CB 71903.E	5.250	2.000	74	58.500	87.800					
	35	10	7003.C	8.800	5.000	185	43.000	63.000	23,1			9,0	MMR 17
			CB 7003.C	8.800	3.500	130	55.900	81.900					
			7003.CX	7.000	4.000	148	49.400	72.400	23,5			9,0	
			CB 7003.CX	7.000	2.800	104	64.300	94.200					
			7003.E	8.500	4.800	178	38.700	56.700	23,5			11,0	
			CB 7003.E	8.500	3.300	122	50.400	73.800					
			7003.EX	6.800	3.800	141	44.500	65.200	23,5			11,0	
			CB 7003.EX	6.800	2.600	96	57.900	84.800					
	40	12	7203.C	11.000	6.000	222	39.000	57.000	24,8		o	10,0	MMR 17
			CB 7203.C	11.000	4.200	156	50.700	74.100			o		
			7203.E	10.500	5.800	215	35.100	51.300	24,8		o	13,0	
			CB 7203.E	10.500	4.000	148	45.700	66.700			o		
20	37	9	71904.C	7.200	4.400	163	41.000	62.500	26,1			8,0	MBA 20
			CB 71904.C	7.200	3.000	111	53.300	81.300					
			71904.E	6.800	4.200	156	36.900	56.300	26,1			11,0	
			CB 71904.E	6.800	2.900	107	48.000	73.200					
	42	12	7004.C	10.600	6.200	230	36.500	54.000	27,4			10,0	MBA 20
			CB 7004.C	10.600	4.300	159	47.500	70.200					
			7004.CX	8.400	4.900	181	41.900	62.100	28,2			10,0	
			CB 7004.CX	8.400	3.400	126	54.500	80.800					
			7004.E	10.200	5.900	219	32.900	48.600	28,2			13,0	
			CB 7004.E	10.200	4.100	152	42.800	63.200					
			7004.EX	8.100	4.700	174	37.800	55.900	28,2			13,0	
			CB 7004.EX	8.100	3.200	119	49.200	72.700					
	47	14	7204.C	15.000	8.500	315	31.500	47.300	30,4		o	12,0	MBA 20
			CB 7204.C	15.000	5.900	219	41.000	61.500			o		
			7204.E	14.500	8.000	296	28.400	42.600	30,4		o	15,0	
			CB 7204.E	14.500	5.600	207	37.000	55.400			o		
	52	15	7304.C	17.100	8.800	326	24.700	38.000	30,9			12,0	MBA 20
			7304.E	16.500	8.500	315	32.200	49.400				16,0	

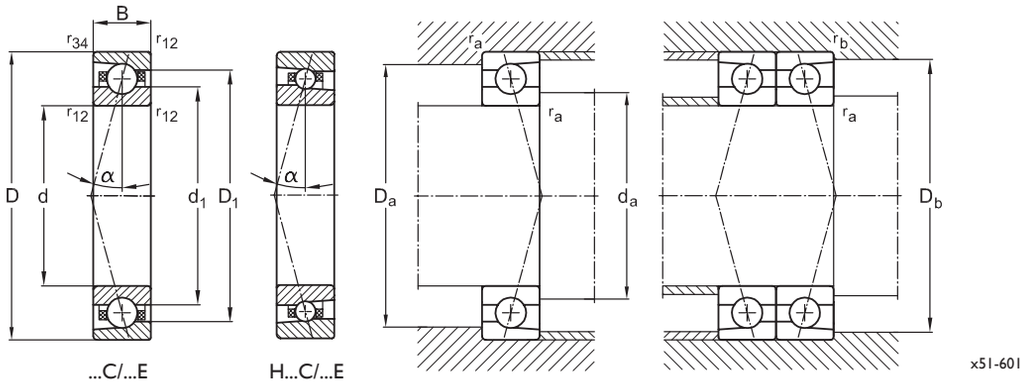
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen d	D	B	Basiskurz-zeichen	Abmessungen d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	Gewicht m	Anschlussmaße $d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
17	30	7	71903.C	20,4	25,8	0,3	0,1	0,020	19,8	27,3	28,1	0,3	0,1
			CB 71903.C					0,018					
			71903.E	20,4	25,8	0,3	0,1	0,020	19,8	27,3	28,1	0,3	0,1
			CB 71903.E					0,018					
	35	10	7003.C	22,5	30,1	0,3	0,1	0,040	21,0	32,1	34,0	0,3	0,1
			CB 7003.C					0,037					
			7003.CX	22,5	30,1	0,3	0,1	0,040	21,0	32,1	34,0	0,3	0,1
			CB 7003.CX					0,037					
			7003.E	22,5	30,1	0,3	0,1	0,040	21,0	32,1	34,0	0,3	0,1
			CB 7003.E					0,037					
			7003.EX	22,5	30,1	0,3	0,1	0,040	21,0	32,1	34,0	0,3	0,1
			CB 7003.EX					0,037					
	40	12	7203.C	23,8	32,0	0,6	0,3	0,060	22,4	34,3	34,0	0,6	0,3
			CB 7203.C					0,055					
			7203.E	23,8	32,0	0,6	0,3	0,060	22,4	34,3	34,0	0,6	0,3
			CB 7203.E					0,055					
20	37	9	71904.C	25,3	31,8	0,3	0,15	0,036	24,0	34,5	35,7	0,3	0,15
			CB 71904.C					0,033					
			71904.E	25,3	31,8	0,3	0,15	0,036	24,0	34,5	35,7	0,3	0,15
			CB 71904.E					0,033					
	42	12	7004.C	26,6	35,5	0,6	0,3	0,065	25,0	37,0	39,5	0,6	0,3
			CB 7004.C					0,060					
			7004.CX	26,6	35,5	0,6	0,3	0,065	25,0	37,0	39,5	0,6	0,3
			CB 7004.CX					0,060					
			7004.E	26,6	35,5	0,6	0,3	0,065	25,0	37,0	39,5	0,6	0,3
			CB 7004.E					0,060					
			7004.EX	26,6	35,5	0,6	0,3	0,065	25,0	37,0	39,5	0,6	0,3
			CB 7004.EX					0,060					
	47	14	7204.C	29,2	37,9	0,6	0,3	0,106	26,4	40,4	40,2	0,6	0,3
			CB 7204.C					0,098					
			7204.E	29,2	37,9	0,6	0,3	0,106	26,4	40,4	40,2	0,6	0,3
			CB 7204.E					0,098					
	52	15	7304.C	26,7	41,1	1,0	0,6	0,144	25,0	47,0	45,3	1,0	0,6
			7304.E					0,144					

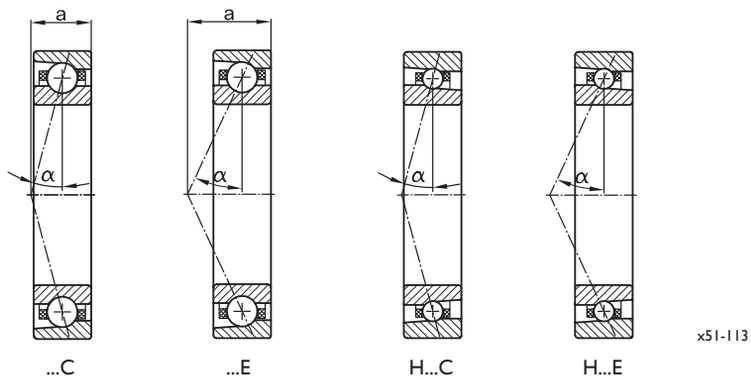
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
25	42	9	71905.C	8.000	5.600	207	36.000	53.000	31,1		o	9,0	MBA 25
			CB 71905.C	8.000	3.900	144	46.800	68.900			o		
			71905.E	7.700	5.300	196	32.400	47.700	31,1		o	12,0	
			CB 71905.E	7.700	3.700	137	42.200	62.100			o		
	47	12	7005.C	15.000	9.300	344	31.000	46.000	33,6		o	11,0	MBA 25
			CB 7005.C	15.000	6.500	241	40.300	59.800			o		
			7005.CX	12.000	7.400	274	35.600	52.900	32,9		o	11,0	
			CB 7005.CX	12.000	5.100	189	46.300	68.800			o		
			7005.E	14.000	9.000	333	27.900	41.400	32,9		o	15,0	
			CB 7005.E	14.000	6.300	233	36.300	53.900			o		
			7005.EX	11.200	7.200	267	32.100	47.700	32,9		o	15,0	
			CB 7005.EX	11.200	5.000	185	41.800	62.100			o		
	52	15	7205.C	15.800	9.500	352	28.500	41.000	36,1		o	13,0	MBA 25
			CB 7205.C	15.800	6.600	244	37.100	53.300			o		
			7205.E	15.200	9.200	341	25.700	36.900	36,1		o	17,0	
			CB 7205.E	15.200	6.400	237	33.500	48.000			o		
	62	17	7305.C	23.500	13.700	507	20.500	31.500	41,0			14,0	MBA 25
			7305.E	22.500	13.700	489	26.700	41.000				19,0	

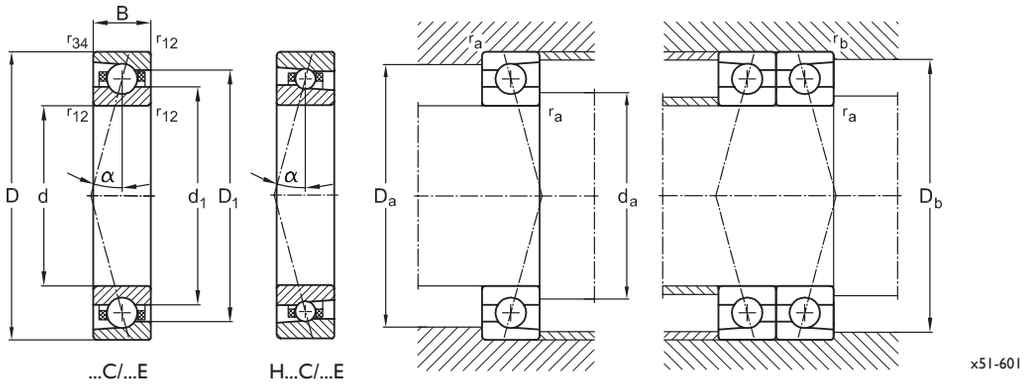
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
25	42	9	71905.C	30,3	37,0	0,3	0,15	0,042	29,0	39,5	40,7	0,3	0,15
			CB 71905.C					0,039					
			71905.E	30,3	37,0	0,3	0,15	0,042	29,0	39,5	40,7	0,3	0,15
			CB 71905.E					0,039					
	47	12	7005.C	32,6	41,3	0,6	0,3	0,075	30,0	42,0	44,5	0,6	0,3
			CB 7005.C					0,069					
			7005.CX	32,6	41,3	0,6	0,3	0,075	30,0	42,0	44,5	0,6	0,3
			CB 7005.CX					0,069					
			7005.E	32,6	41,3	0,6	0,3	0,075	30,0	42,0	44,5	0,6	0,3
			CB 7005.E					0,069					
			7005.EX	32,6	41,3	0,6	0,3	0,075	30,0	42,0	44,5	0,6	0,3
			CB 7005.EX					0,069					
	52	15	7205.C	34,7	43,3	1,0	0,6	0,128	31,4	45,4	45,2	1,0	0,6
			CB 7205.C					0,118					
			7205.E	34,7	43,3	1,0	0,6	0,128	31,4	45,4	45,2	1,0	0,6
			CB 7205.E					0,118					
	62	17	7305.C	38,7	49,9	1,0	0,6	0,236	30,0	57,0	55,0	1,0	0,6
			7305.E					0,236					

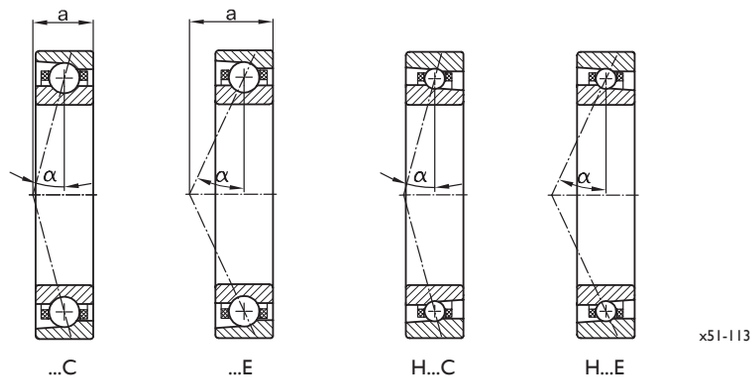
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
30	47	9	71906.C	8.500	6.400	237	31.000	47.000	36,1		o	10,0	MBA 30
			CB 71906.C	8.500	4.400	163	40.300	61.100			o		
			71906.CX	6.800	5.100	189	35.600	54.000	36,1		o	10,0	
			CB 71906.CX	6.800	3.500	130	46.300	70.200			o		
			71906.E	8.000	6.100	226	27.900	42.300	36,1		o	14,0	
			CB 71906.E	8.000	4.200	156	36.300	55.000			o		
			71906.EX	6.400	4.800	178	32.100	48.600	36,1		o	14,0	
			CB 71906.EX	6.400	3.300	122	41.800	63.200			o		
	55	13	7006.C	15.000	10.300	381	26.300	40.500	39,6		o	12,0	MBA 30
			CB 7006.C	15.000	7.200	267	34.200	52.700			o		
			7006.CX	12.000	8.200	304	30.200	46.500	39,5		o	12,0	
			CB 7006.CX	12.000	5.700	211	39.300	60.500			o		
			7006.E	14.500	10.000	370	23.700	36.500	39,5		o	17,0	
			CB 7006.E	14.500	7.000	259	30.900	47.500			o		
			7006.EX	11.600	8.000	296	27.200	41.900	39,5		o	17,0	
			CB 7006.EX	11.600	5.600	207	35.400	54.500			o		
	62	16	7206.C	23.500	14.900	552	24.000	38.500	42,9		o	14,0	MBA 30
			CB 7206.C	23.500	10.400	385	31.200	50.100			o		
			7206.E	22.200	14.300	530	21.600	34.700	42,9		o	19,0	
			CB 7206.E	22.200	10.000	370	28.100	45.200			o		
	72	19	7306.C	33.800	20.500	759	17.500	26.500	48,1			16,0	MBA 30
			7306.E	32.500	19.600	726	22.800	34.500				22,0	

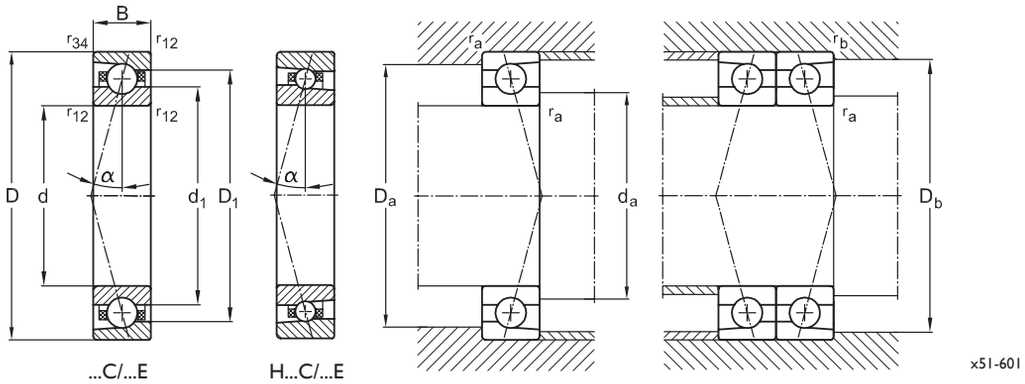
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
30	47	9	71906.C	35,30	41,80	0,3	0,15	0,048	34,0	44,5	45,7	0,3	0,15
			CB 71906.C					0,044					
			71906.CX	35,30	41,80	0,3	0,15	0,048	34,0	44,5	45,7	0,3	0,15
			CB 71906.CX					0,044					
			71906.E	35,30	41,80	0,3	0,15	0,048	34,0	44,5	45,7	0,3	0,15
			CB 71906.E					0,044					
			71906.EX	35,30	41,80	0,3	0,15	0,048	34,0	44,5	45,7	0,3	0,15
			CB 71906.EX					0,044					
	55	13	7006.C	38,50	46,40	1,0	0,3	0,118	36,0	49,0	50,0	1,0	0,3
			CB 7006.C					0,109					
			7006.CX	38,50	46,40	1,0	0,3	0,118	36,0	49,0	50,0	1,0	0,3
			CB 7006.CX					0,109					
			7006.E	38,50	46,40	1,0	0,3	0,118	36,0	49,0	50,0	1,0	0,3
			CB 7006.E					0,109					
			7006.EX	38,50	46,40	1,0	0,3	0,118	36,0	49,0	50,0	1,0	0,3
			CB 7006.EX					0,109					
	62	16	7206.C	41,20	51,80	1,0	0,6	0,197	37,6	54,6	54,4	1,0	0,6
			CB 7206.C					0,181					
			7206.E	41,20	51,80	1,0	0,6	0,197	37,6	54,6	54,4	1,0	0,6
			CB 7206.E					0,181					
	72	19	7306.C	45,10	59,00	1,0	0,6	0,348	35,0	67,0	65,0	1,0	0,6
			7306.E					0,348					

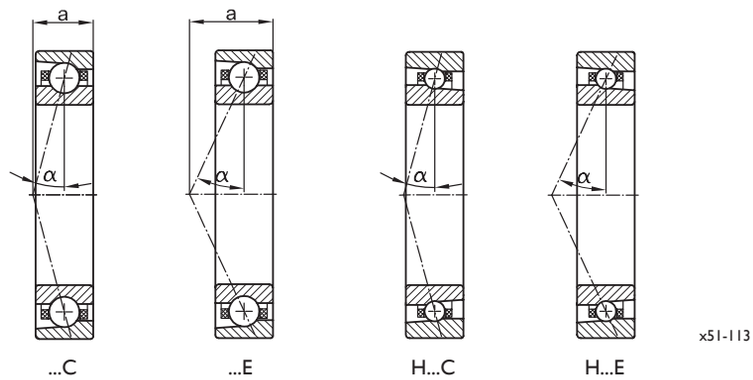
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
35	55	10	71907.C	12.500	10.000	370	26.000	39.500	42,6		o	11	MBA 35
			CB 71907.C	12.500	7.000	259	33.800	51.400			o		
			71907.CX	10.000	8.000	296	29.900	45.400	42,6		o	11	
			CB 71907.CX	10.000	5.600	207	38.900	59.100			o		
			71907.E	12.000	9.500	352	23.400	35.600	42,6		o	16	
			CB 71907.E	12.000	6.600	244	30.500	46.300			o		
			71907.EX	9.600	7.600	281	27.000	40.900	42,6		o	16	
			CB 71907.EX	9.600	5.300	196	35.100	53.200			o		
	62	14	7007.C	18.800	13.500	500	22.600	37.200	45,8		o	14	MBA 35
			CB 7007.C	18.800	9.400	348	29.400	48.400			o		
			7007.CX	15.000	10.800	400	25.900	42.700	44,6		o	14	
			CB 7007.CX	15.000	7.500	278	33.700	55.600			o		
			7007.E	18.100	12.700	470	20.400	33.500	44,6		o	19	
			CB 7007.E	18.100	8.800	326	26.600	43.600			o		
			7007.EX	14.400	10.100	374	23.400	38.500	44,6		o	19	
			CB 7007.EX	14.400	7.000	259	30.500	50.100			o		
	72	17	7207.C	25.600	18.100	670	21.000	35.000	49,9		o	16	MBA 35
			CB 7207.C	25.600	12.600	467	27.300	45.500			o		
			7207.E	24.600	17.100	633	18.900	31.500	49,9		o	21	
			CB 7207.E	24.600	11.900	441	24.600	41.000			o		
	80	21	7307.C	40.500	25.700	952	15.100	23.500	53,3			18	MBA 35
			7307.E	38.800	25.000	926	19.700	30.600				24	

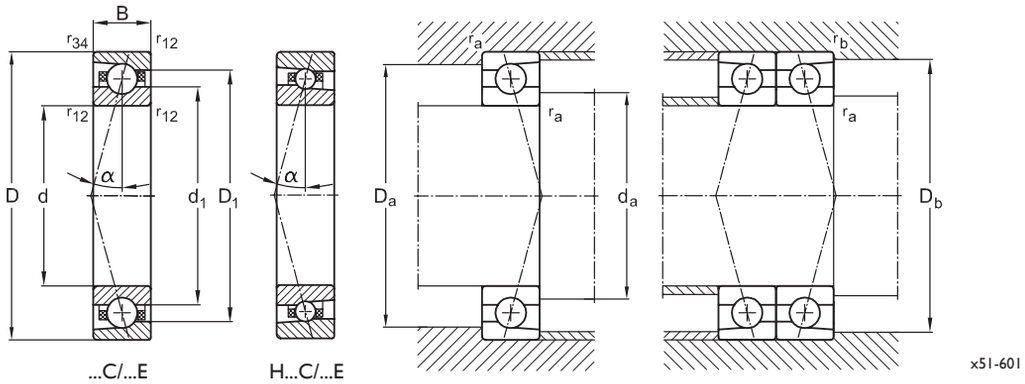
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
35	55	10	71907.C	41,5	48,6	0,6	0,15	0,076	40,0	50,0	52,3	0,6	0,15
			CB 71907.C					0,070					
			71907.CX	41,5	48,6	0,6	0,15	0,076	40,0	50,0	52,3	0,6	0,15
			CB 71907.CX					0,070					
			71907.E	41,5	48,6	0,6	0,15	0,076	40,0	50,0	52,3	0,6	0,15
			CB 71907.E					0,070					
			71907.EX	41,5	48,6	0,6	0,15	0,076	40,0	50,0	52,3	0,6	0,15
			CB 71907.EX					0,070					
	62	14	7007.C	44,5	53,0	1,0	0,3	0,154	41,0	41,0	55,8	1,0	0,3
			CB 7007.C					0,142					
			7007.CX	44,5	53,0	1,0	0,3	0,154	41,0	41,0	55,8	1,0	0,3
			CB 7007.CX					0,142					
			7007.E	44,5	53,0	1,0	0,3	0,154	41,0	41,0	55,8	1,0	0,3
			CB 7007.E					0,142					
			7007.EX	44,5	53,0	1,0	0,3	0,154	41,0	41,0	55,8	1,0	0,3
			CB 7007.EX					0,142					
	72	17	7207.C	47,9	59,7	1,1	0,6	0,290	44,2	63,2	63,0	1,1	0,6
			CB 7207.C					0,267					
			7207.E	47,9	59,7	1,1	0,6	0,290	44,2	63,2	63,0	1,1	0,6
			CB 7207.E					0,267					
	80	21	7307.C	50,5	64,7	1,5	0,8	0,473	42,5	72,5	71,3	1,5	0,8
			7307.E					0,473					

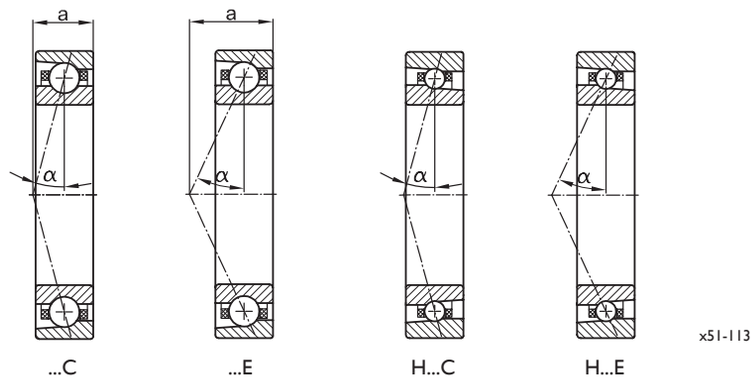
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
40	62	12	71908.C	15.800	12.000	444	23.000	35.000	47,9		o	13	MBA 40
			CB 71908.C	15.800	8.400	311	29.900	45.500			o		
			71908.CX	12.600	9.600	356	26.400	40.200	47,9		o	13	
			CB 71908.CX	12.600	6.700	248	34.400	52.300			o		
			71908.E	15.000	11.600	430	20.700	31.500	47,9		o	18	
			CB 71908.E	15.000	8.100	300	27.000	41.000			o		
			71908.EX	11.000	9.000	333	23.800	36.200	47,9		o	18	
			CB 71908.EX	11.000	6.300	233	31.000	47.100			o		
			H 71908.E	7.000	6.500	241	24.500	39.000	49,7		o	18	
			CBH 71908.E	7.000	4.500	167	31.900	50.700			o		
	68	15	7008.C	20.500	16.100	596	20.300	35.000	51,2		o	15	MBA 40
			CB 7008.C	20.500	11.200	415	26.400	45.500			o		
			7008.CX	15.300	12.800	474	23.500	38.000	51,2		o	15	
			CB 7008.CX	15.300	8.900	330	30.600	49.400			o		
			H 7008.C	10.200	9.500	352	26.800	41.000	51,4		o	15	
			CBH 7008.C	10.200	6.600	244	34.900	53.300			o		
			7008.E	20.000	15.300	567	18.300	31.500	51,2		o	20	
			CB 7008.E	20.000	10.700	396	23.800	41.000			o		
			7008.EX	14.700	12.100	448	21.200	34.200	51,2		o	20	
			CB 7008.EX	14.700	8.400	311	27.600	44.500			o		
			H 7008.E	9.500	9.000	333	24.200	36.900	51,4		o	20	
			CBH 7008.E	9.500	6.300	233	31.500	48.000			o		
	80	18	7208.C	32.300	22.500	833	18.500	31.000	55,6		o	17	MBA 40
			CB 7208.C	32.300	15.700	581	24.100	40.300			o		
			7208.E	31.000	21.900	811	16.700	27.900	55,5		o	23	
			CB 7208.E	31.000	15.300	567	21.800	36.300			o		

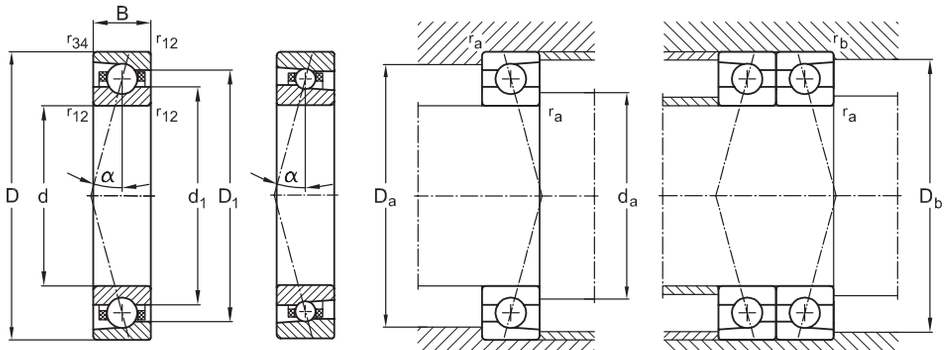
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



...C/...E H...C/...E

Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
40	62	12	71908.C	46,7	55,6	0,6	0,15	0,108	45,0	57,0	59,3	0,6	0,15
			CB 71908.C					0,099					
			71908.CX	46,7	55,6	0,6	0,15	0,108	45,0	57,0	59,3	0,6	0,15
			CB 71908.CX					0,099					
			71908.E	46,7	55,6	0,6	0,15	0,108	45,0	57,0	59,3	0,6	0,15
			CB 71908.E					0,099					
			71908.EX	46,7	55,6	0,6	0,15	0,108	45,0	57,0	59,3	0,6	0,15
			CB 71908.EX					0,099					
			H 71908.E	48,5	53,6	0,6	0,6	0,131	45,0	57,0	59,3	0,6	0,6
			CBH 71908.E					0,121					
	68	15	7008.C	49,7	58,5	1,0	0,3	0,194	46,0	61,8	62,8	1,0	0,3
			CB 7008.C					0,178					
			7008.CX	49,7	58,5	1,0	0,3	0,188	46,0	61,8	62,8	1,0	0,3
			CB 7008.CX					0,173					
			H 7008.C	51,0	57,2	1,0	1,0	0,221	46,0	61,8	62,8	1,0	1,0
			CBH 7008.C					0,203					
			7008.E	49,7	58,5	1,0	0,3	0,194	46,0	61,8	62,8	1,0	0,3
			CB 7008.E					0,178					
			7008.EX	49,7	58,5	1,0	0,3	0,188	46,0	61,8	62,8	1,0	0,3
			CB 7008.EX					0,173					
			H 7008.E	51,0	57,2	1,0	1,0	0,221	46,0	61,8	62,8	1,0	1,0
			CBH 7008.E					0,203					
	80	18	7208.C	53,4	66,8	1,1	0,6	0,363	48,2	71,8	71,0	1,1	0,6
			CB 7208.C					0,334					
			7208.E	53,4	66,8	1,1	0,6	0,363	48,2	71,8	71,0	1,1	0,6
			CB 7208.E					0,334					

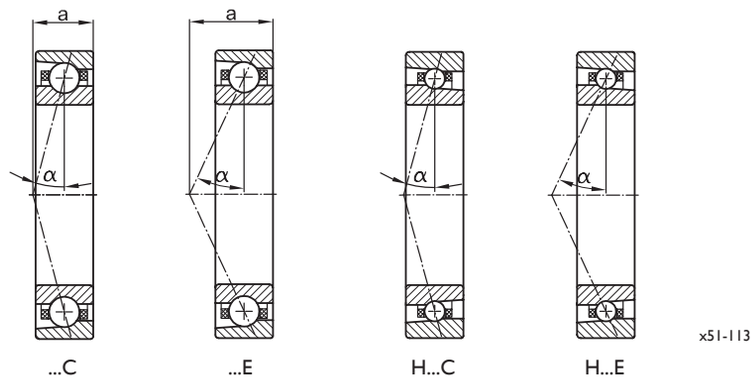
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
45	68	12	71909.C	16.200	13.500	500	20.700	31.500	53,4		o	14	MBA 45
			CB 71909.C	16.200	9.400	348	27.000	41.000			o		
			71909.CX	12.900	10.800	400	23.800	36.200	53,4		o	14	
			CB 71909.CX	12.900	7.500	278	31.000	47.100			o		
			71909.E	15.200	12.900	478	18.700	28.400	53,4		o	19	
			CB 71909.E	15.200	9.000	333	24.400	37.000			o		
			71909.EX	12.450	11.000	407	21.500	32.600	53,4		o	19	
			CB 71909.EX	12.450	7.700	285	28.000	42.400			o		
			H 71909.E	9.700	9.200	341	22.500	35.800	54,8		o	19	
			CBH 71909.E	9.700	6.400	237	29.300	46.600			o		
	75	15	7009.C	27.600	21.500	796	17.000	28.000	57,0		o	16	MBA 45
			CB 7009.C	27.600	15.000	556	22.100	36.400			o		
			7009.CX	20.300	72.700	2.693	18.700	31.500	57,0		o	16	
			CB 7009.CX	20.300	50.800	1.881	24.400	41.000			o		
			H 7009.C	13.000	124.000	4.593	20.500	35.000	56,8		o	16	
			CBH 7009.C	13.000	86.800	3.215	26.700	45.500			o		
			7009.E	26.400	20.300	752	15.300	25.200	57,0		o	22	
			CB 7009.E	26.400	14.200	526	19.900	32.800			o		
			7009.EX	17.700	53.600	1.985	16.900	28.400	57,0		o	22	
			CB 7009.EX	17.700	37.500	1.389	22.000	37.000			o		
			H 7009.E	9.000	87.000	3.222	18.500	31.500	56,8		o	22	
			CBH 7009.E	9.000	60.900	2.256	24.100	41.000			o		
	85	19	7209.C	41.000	30.000	1.111	18.000	27.000	59,9		o	18	MBA 45
			CB 7209.C	41.000	21.000	778	23.400	35.100			o		
			7209.E	39.000	27.600	1.022	16.200	24.300	60,2		o	25	
			CB 7209.E	39.000	19.300	715	21.100	31.600			o		

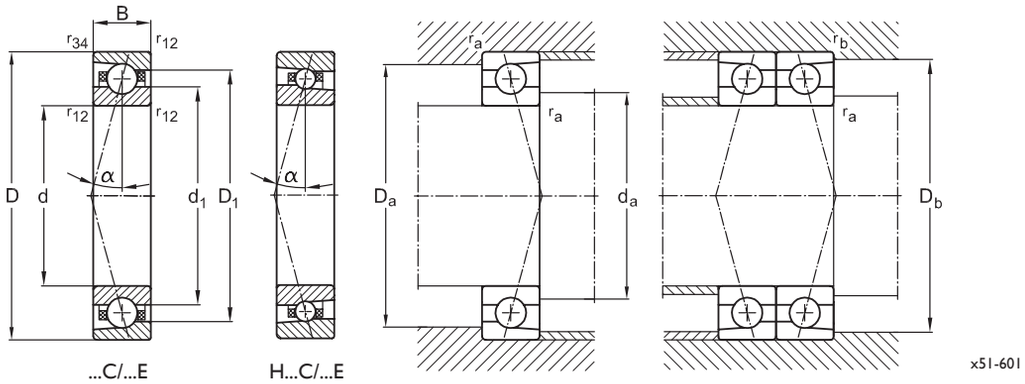
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
45	68	12	71909.C	52,2	61,1	0,6	0,15	0,128	50,0	63,0	65,4	0,6	0,15
			CB 71909.C					0,118					
			71909.CX	52,2	61,1	0,6	0,15	0,128	50,0	63,0	65,4	0,6	0,15
			CB 71909.CX					0,118					
			71909.E	52,2	61,1	0,6	0,15	0,128	50,0	63,0	65,4	0,6	0,15
			CB 71909.E					0,118					
			71909.EX	52,2	61,1	0,6	0,15	0,128	50,0	63,0	65,4	0,6	0,15
			CB 71909.EX					0,118					
			H 71909.E	53,5	59,7	0,6	0,6	0,142	50,0	63,0	65,4	0,6	0,6
			CBH 71909.E					0,131					
	75	15	7009.C	55,3	64,7	1,0	0,3	0,245	51,0	68,8	70,0	1,0	0,3
			CB 7009.C					0,225					
			7009.CX	55,3	64,7	1,0	0,3	0,238	51,0	68,8	70,0	1,0	0,3
			CB 7009.CX					0,219					
			H 7009.C	56,4	63,7	1,0	1,0	0,268	51,0	68,8	70,0	1,0	1,0
			CBH 7009.C					0,247					
			7009.E	55,3	64,7	1,0	0,3	0,245	51,0	68,8	70,0	1,0	0,3
			CB 7009.E					0,225					
			7009.EX	55,3	64,7	1,0	0,3	0,238	51,0	68,8	70,0	1,0	0,3
			CB 7009.EX					0,219					
			H 7009.E	56,4	63,7	1,0	1,0	0,268	51,0	68,8	70,0	1,0	1,0
			CBH 7009.E					0,247					
	85	19	7209.C	57,5	72,4	1,1	0,6	0,408	52,7	77,8	77,0	1,1	0,6
			CB 7209.C					0,375					
			7209.E	57,5	72,4	1,1	0,6	0,408	52,7	77,8	77,0	1,1	0,6
			CB 7209.E					0,375					

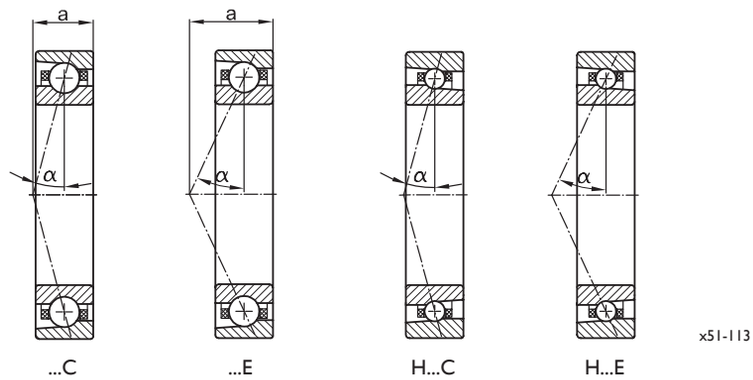
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
50	65	7	71810.C	7.600	10.100	374	19.000	29.300	55,7			11	MBA 50
			CB 71810.C	7.600	7.100	263	24.700	38.000					
			71810.E	7.200	9.800	363	17.100	26.300	55,5			17	
			CB 71810.E	7.200	6.900	256	22.200	34.100					
	72	12	71910.C	17.000	15.000	556	19.000	29.000	57,9	o	o	14	MBA 50
			CB 71910.C	17.000	10.500	389	24.700	37.700		o	o		
			71910.CX	13.600	12.000	444	21.800	33.300	57,9	o	o	14	
			CB 71910.CX	13.600	8.400	311	28.400	43.300		o	o		
			71910.E	16.000	14.500	537	17.100	26.100	57,9	o	o	20	
			CB 71910.E	16.000	10.100	374	22.300	34.000		o	o		
			71910.EX	13.000	12.100	448	19.700	30.000	57,9	o	o	20	
			CB 71910.EX	13.000	8.400	311	25.700	39.000		o	o		
			H 71910.E	10.000	9.800	363	20.500	35.000	59,5	o	o	20	
			CBH 71910.E	10.000	6.800	252	26.700	45.500		o	o		
	80	16	7010.C	28.700	23.000	852	16.800	27.600	62,3	o	o	17	MBA 50
			CB 7010.C	28.700	16.100	596	21.900	35.900		o	o		
			7010.CX	21.100	18.200	674	19.600	31.800	62,3	o	o	17	
			CB 7010.CX	21.100	12.700	470	25.500	41.400		o	o		
			H 7010.C	13.500	13.400	496	22.500	36.000	62,0	o	o	17	
			CBH 7010.C	13.500	9.300	344	29.300	46.800		o	o		
			7010.E	27.000	21.800	807	15.200	24.900	62,3	o	o	23	
			CB 7010.E	27.000	15.200	563	19.800	32.400		o	o		
			7010.EX	19.700	17.100	633	17.700	28.700	62,3	o	o	23	
			CB 7010.EX	19.700	11.900	441	23.100	37.400		o	o		
			H 7010.E	12.500	12.400	459	20.300	32.400	62,0	o	o	23	
			CBH 7010.E	12.500	8.600	319	26.400	42.200		o	o		
	90	20	7210.C	43.000	31.500	1.167	16.800	25.500	66,2		o	20	MBA 50
			CB 7210.C	43.000	22.000	815	21.900	33.200			o		
			7210.E	41.000	30.500	1.130	15.200	23.000	65,2		o	27	
			CB 7210.E	41.000	21.300	789	19.800	29.900			o		

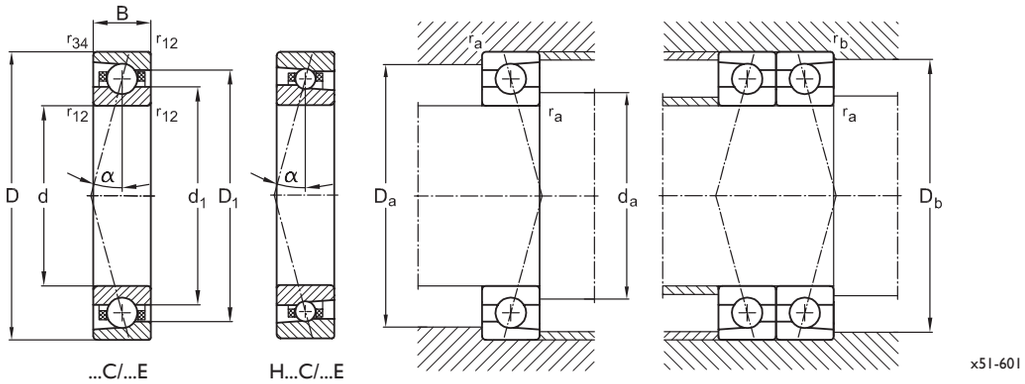
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
50	65	7	71810.C	55,1	60,0	0,3	0,1	0,052	53,5	60,4	61,4	0,3	0,1
			CB 71810.C					0,048					
			71810.E	55,1	60,0	0,3	0,1	0,052	53,5	60,4	61,4	0,3	0,1
			CB 71810.E					0,048					
	72	12	71910.C	56,7	65,5	0,6	0,15	0,129	55,0	67,0	69,4	0,6	0,15
			CB 71910.C					0,119					
			71910.CX	56,7	65,5	0,6	0,15	0,129	55,0	67,0	69,4	0,6	0,15
			CB 71910.CX					0,119					
			71910.E	56,7	65,5	0,6	0,15	0,129	55,0	67,0	69,4	0,6	0,15
			CB 71910.E					0,119					
			71910.EX	56,7	65,5	0,6	0,15	0,129	55,0	67,0	69,4	0,6	0,15
			CB 71910.EX					0,119					
			H 71910.E	58,1	64,1	0,6	0,6	0,149	55,0	67,0	69,4	0,6	0,6
			CBH 71910.E					0,137					
	80	16	7010.C	60,5	70,0	1,0	0,3	0,264	56,0	74,0	74,8	1,0	0,3
			CB 7010.C					0,243					
			7010.CX	60,5	70,0	1,0	0,3	0,256	56,0	74,0	74,8	1,0	0,3
			CB 7010.CX					0,236					
			H 7010.C	61,6	68,5	1,0	1,0	0,288	56,0	74,0	74,8	1,0	1,0
			CBH 7010.C					0,265					
			7010.E	60,5	70,0	1,0	0,3	0,264	56,0	74,0	74,8	1,0	0,3
			CB 7010.E					0,243					
			7010.EX	60,5	70,0	1,0	0,3	0,256	56,0	74,0	74,8	1,0	0,3
			CB 7010.EX					0,236					
			H 7010.E	61,6	68,5	1,0	1,0	0,288	56,0	74,0	74,8	1,0	1,0
			CBH 7010.E					0,265					
	90	20	7210.C	63,5	76,8	1,1	0,6	0,476	57,2	82,8	82	1,1	0,6
			CB 7210.C					0,438					
			7210.E	63,5	76,8	1,1	0,6	0,476	57,2	82,8	82	1,1	0,6
			CB 7210.E					0,438					

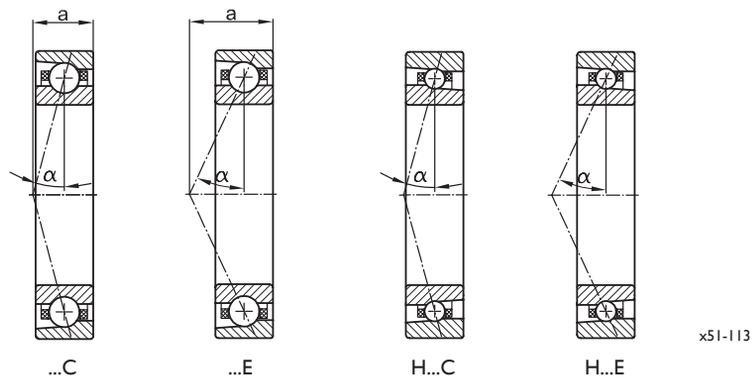
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
55	72	9	71811.C	10.500	14.000	519	17.000	26.200	61,4			13	MBA 55
			CB 71811.C	10.500	9.800	363	22.100	34.000					
			71811.E	9.900	13.000	481	15.300	23.500	61,4			19	
			CB 71811.E	9.900	9.100	337	19.800	30.500					
	80	13	71911.C	19.300	18.000	667	17.500	26.300	65,0	o	o	16	MBA 55
			CB 71911.C	19.300	12.600	467	22.800	34.200		o	o		
			71911.CX	15.400	14.400	533	20.100	30.200	65,0	o	o	16	
			CB 71911.CX	15.400	10.000	370	26.200	39.300		o	o		
			71911.E	18.300	17.000	630	15.800	23.700	65,0	o	o	22	
			CB 71911.E	18.300	11.900	441	20.600	30.900		o	o		
			71911.EX	15.650	15.000	556	18.100	27.200	65,0	o	o	22	
			CB 71911.EX	15.650	10.500	389	23.600	35.400		o	o		
			H 71911.E	13.000	13.000	481	18.000	30.500	65,4	o	o	22	
			CBH 71911.E	13.000	9.100	337	23.400	39.700		o	o		
	90	18	7011.C	37.800	31.000	1.148	15.200	25.000	69,4	o	o	19	MBA 55
			CB 7011.C	37.800	21.700	804	19.800	32.500		o	o		
			7011.CX	28.300	25.000	926	17.800	28.500	69,4	o	o	19	
			CB 7011.CX	28.300	17.500	648	23.200	37.100		o	o		
			H 7011.C	18.800	19.100	707	20.500	32.000	68,7	o	o	19	
			CBH 7011.C	18.800	13.300	493	26.700	41.600		o	o		
			7011.E	36.500	29.300	1.085	13.700	22.500	69,4	o	o	26	
			CB 7011.E	36.500	20.500	759	17.900	29.300		o	o		
			7011.EX	27.100	23.500	870	16.100	25.700	69,4	o	o	26	
			CB 7011.EX	27.100	16.400	607	21.000	33.500		o	o		
			H 7011.E	17.800	17.800	659	18.500	28.800	68,7	o	o	26	
			CBH 7011.E	17.800	12.400	459	24.100	37.500		o	o		
	100	21	7211.C	53.000	4.000	148	15.300	22.800	73,1		o	21	MBA 55
			CB 7211.C	53.000	2.800	104	19.900	29.700			o		
			7211.E	51.000	38.500	1.426	13.800	20.600	72,0		o	29	
			CB 7211.E	51.000	26.900	996	18.000	26.800			o		

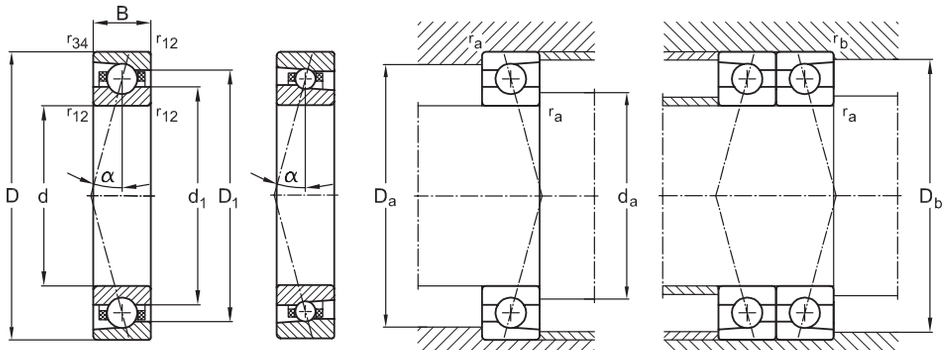
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
55	72	9	71811.C	60,7	66,5	0,3	0,1	0,082	58,5	67,3	68,3	0,3	0,1
			CB 71811.C					0,075					
			71811.E	60,7	66,5	0,3	0,1	0,082	58,5	67,3	68,3	0,3	0,1
			CB 71811.E					0,075					
	80	13	71911.C	63,7	71,6	0,6	0,3	0,186	60,0	74,0	75,0	0,6	0,3
			CB 71911.C					0,171					
			71911.CX	63,7	71,6	0,6	0,3	0,186	60,0	74,0	75,0	0,6	0,3
			CB 71911.CX					0,171					
			71911.E	63,7	71,6	0,6	0,3	0,186	60,0	74,0	75,0	0,6	0,3
			CB 71911.E					0,171					
			71911.EX	63,7	71,6	0,6	0,3	0,186	60,0	74,0	75,0	0,6	0,3
			CB 71911.EX					0,171					
			H 71911.E	63,9	71,3	1,0	1,0	0,205	60,0	74,0	75,0	1,0	1,0
			CBH 71911.E					0,189					
	90	18	7011.C	67,4	78,5	1,1	0,6	0,390	61,0	82,8	84,8	1,1	0,6
			CB 7011.C					0,359					
			7011.CX	67,4	78,5	1,1	0,6	0,378	61,0	82,8	84,8	1,1	0,6
			CB 7011.CX					0,348					
			H 7011.C	68,2	77,0	1,1	1,1	0,431	61,0	82,8	84,8	1,1	1,1
			CBH 7011.C					0,397					
			7011.E	67,4	78,5	1,1	0,6	0,390	61,0	82,8	84,8	1,1	0,6
			CB 7011.E					0,359					
			7011.EX	67,4	78,5	1,1	0,6	0,378	61,0	82,8	84,8	1,1	0,6
			CB 7011.EX					0,348					
			H 7011.E	68,2	77,0	1,1	1,1	0,431	61,0	82,8	84,8	1,1	1,1
			CBH 7011.E					0,397					
	100	21	7211.C	70,1	85	1,5	1,0	0,630	63,3	91,7	91,7	1,5	1,0
			CB 7211.C					0,580					
			7211.E	70,1	85	1,5	1,0	0,630	63,3	91,7	91,7	1,5	1,0
			CB 7211.E					0,580					

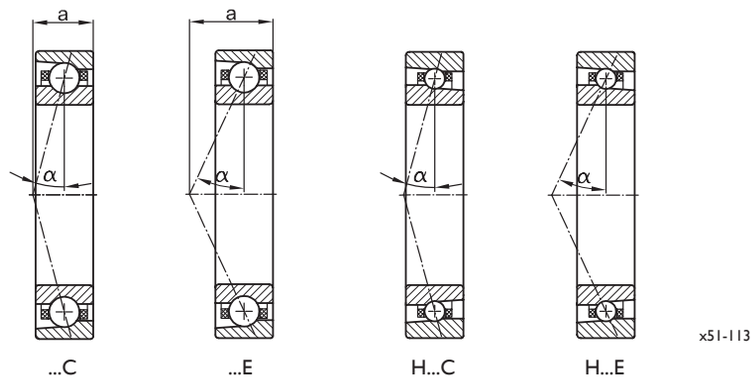
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
60	78	10	71812.C	14.000	18.500	685	15.500	24.000	66,4			14	MBA 60
			CB 71812.C	14.000	13.000	481	20.100	31.200					
			71812.E	13.000	17.500	648	13.900	21.600	66,4			21	
			CB 71812.E	13.000	12.300	456	18.000	28.000					
	85	13	71912.C	19.500	18.800	696	16.000	24.500	70,3	o	o	16	MBA 60
			CB 71912.C	19.500	13.100	485	20.800	31.900		o	o		
			71912.CX	15.600	15.000	556	18.400	28.100	70,3	o	o	16	
			CB 71912.CX	15.600	10.500	389	24.000	36.600		o	o		
			71912.E	18.500	17.900	663	14.400	22.100	70,3	o	o	23	
			CB 71912.E	18.500	12.500	463	18.800	28.800		o	o		
			71912.EX	16.000	15.800	585	16.600	25.300	70,3	o	o	23	
			CB 71912.EX	16.000	11.000	407	21.600	32.900		o	o		
			H 71912.E	13.500	13.700	507	17.200	28.500	70,7	o	o	23	
			CBH 71912.E	13.500	9.500	352	22.400	37.100		o	o		
	95	18	7012.C	39.000	33.700	1.248	14.000	23.000	74,3	o	o	20	MBA 60
			CB 7012.C	39.000	23.500	870	18.200	29.900		o	o		
			7012.CX	29.200	27.100	1.004	16.700	26.900	74,3	o	o	20	
			CB 7012.CX	29.200	18.900	700	21.800	35.000		o	o		
			H 7012.C	19.500	20.500	759	19.500	30.800	73,7	o	o	20	
			CBH 7012.C	19.500	14.300	530	25.400	40.100		o	o		
			7012.E	36.500	31.800	1.178	12.600	20.700	74,3	o	o	27	
			CB 7012.E	36.500	22.200	822	16.400	27.000		o	o		
			7012.EX	27.500	25.400	941	15.100	24.300	74,3	o	o	27	
			CB 7012.EX	27.500	17.700	656	19.700	31.600		o	o		
			H 7012.E	18.500	19.000	704	17.600	27.800	73,7	o	o	27	
			CBH 7012.E	18.500	13.300	493	22.900	36.200		o	o		
	110	22	7212.C	64.000	49.000	1.815	13.800	20.600	80,1		o	23	MBA 60
			CB 7212.C	64.000	34.300	1.270	18.000	26.800			o		
			7212.E	61.000	47.000	1.741	12.500	18.600	79,0		o	31	
			CB 7212.E	61.000	32.900	1.219	16.300	24.200			o		

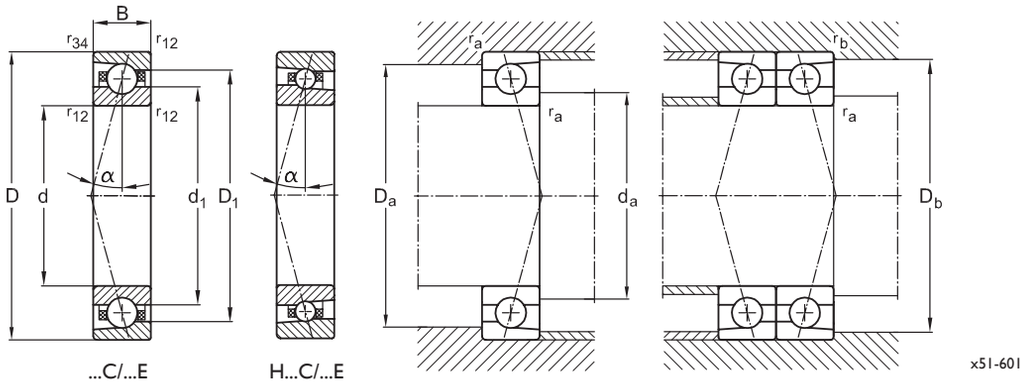
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
60	78	10	71812.C	65,7	72,5	0,3	0,1	0,102	63,5	73,3	74,3	0,3	0,1
			CB 71812.C					0,094					
			71812.E	65,7	72,5	0,3	0,1	0,102	63,5	73,3	74,3	0,3	0,1
			CB 71812.E					0,094					
	85	13	71912.C	68,7	76,6	0,6	0,3	0,205	65,0	79,0	80,0	0,6	0,3
			CB 71912.C					0,189					
			71912.CX	68,7	76,6	0,6	0,3	0,205	65,0	79,0	80,0	0,6	0,3
			CB 71912.CX					0,189					
			71912.E	68,7	76,6	0,6	0,3	0,205	65,0	79,0	80,0	0,6	0,3
			CB 71912.E					0,189					
			71912.EX	68,7	76,6	0,6	0,3	0,205	65,0	79,0	80,0	0,6	0,3
			CB 71912.EX					0,189					
			H 71912.E	69,0	76,0	1,0	1,0	0,212	65,0	79,0	80,0	1,0	1,0
			CBH 71912.E					0,195					
	95	18	7012.C	72,1	83,1	1,1	0,6	0,420	67,0	88,0	90,0	1,1	0,6
			CB 7012.C					0,386					
			7012.CX	72,1	83,1	1,1	0,6	0,407	67,0	88,0	90,0	1,1	0,6
			CB 7012.CX					0,375					
			H 7012.C	73,2	82,0	1,1	1,1	0,458	67,0	88,0	90,0	1,1	1,1
			CBH 7012.C					0,421					
			7012.E	72,1	83,1	1,1	0,6	0,420	67,0	88,0	90,0	1,1	0,6
			CB 7012.E					0,386					
			7012.EX	72,1	83,1	1,1	0,6	0,407	67,0	88,0	90,0	1,1	0,6
			CB 7012.EX					0,375					
			H 7012.E	73,2	82,0	1,1	1,1	0,458	67,0	88,0	90,0	1,1	1,1
			CBH 7012.E					0,421					
	110	22	7212.C	76,8	93,4	1,5	1,0	0,800	69,7	101,2	100,2	1,5	1,0
			CB 7212.C					0,736					
			7212.E	76,8	93,4	1,5	1,0	0,800	69,7	101,2	100,2	1,5	1,0
			CB 7212.E					0,736					

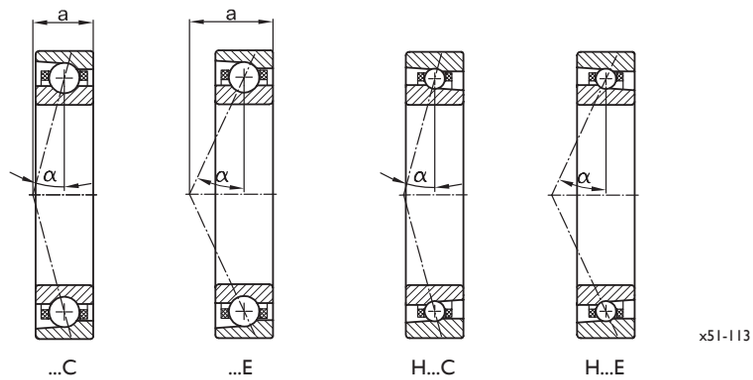
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
65	85	10	71813.C	14.000	19.000	704	14.500	22.000	72,5			15	MBA 65
			CB 71813.C	14.000	13.300	493	18.800	28.600					
			71813.E	13.200	18.000	667	13.000	19.800	72,5			22	
			CB 71813.E	13.200	12.600	467	16.900	25.700					
	90	13	71913.C	20.500	20.800	770	15.000	23.000	75,2	o	o	17	MBA 65
			CB 71913.C	20.500	14.500	537	19.500	29.900		o	o		
			71913.CX	16.400	16.600	615	17.200	26.400	75,2	o	o	17	
			CB 71913.CX	16.400	11.600	430	22.400	34.400		o	o		
			71913.E	19.500	19.800	733	13.500	20.700	75,2	o	o	25	
			CB 71913.E	19.500	13.800	511	17.600	27.000		o	o		
			71913.EX	16.500	17.100	633	15.500	23.800	75,2	o	o	25	
			CB 71913.EX	16.500	11.900	441	20.200	31.000		o	o		
			H 71913.E	13.500	14.500	537	15.500	24.300	75,0	o	o	25	
			CBH 71913.E	13.500	10.100	374	20.200	31.600		o	o		
	100	18	7013.C	40.300	35.800	1.326	13.000	20.000	79,5	o	o	20	MBA 65
			CB 7013.C	40.300	25.000	926	16.900	26.000		o	o		
			7013.CX	30.000	28.600	1.059	15.200	24.000	79,5	o	o	20	
			CB 7013.CX	30.000	20.000	741	19.800	31.200		o	o		
			H 7013.C	19.800	21.500	796	17.500	28.000	78,8	o	o	20	
			CBH 7013.C	19.800	15.000	556	22.800	36.400		o	o		
			7013.E	38.000	33.600	1.244	11.700	18.000	79,5	o	o	28	
			CB 7013.E	38.000	23.500	870	15.300	23.400		o	o		
			7013.EX	28.500	26.900	996	13.700	21.600	79,5	o	o	28	
			CB 7013.EX	28.500	18.800	696	17.900	28.100		o	o		
			H 7013.E	19.000	20.200	748	15.800	25.200	78,8	o	o	28	
			CBH 7013.E	19.000	14.100	522	20.600	32.800		o	o		
	120	23	7213.C	73.200	58.800	2.178	12.700	19.500	88,0		o	24	MBA 65
			CB 7213.C	73.200	41.100	1.522	16.600	25.400			o		
			7213.E	70.000	56.500	2.093	11.500	17.600	86,2		o	33	
			CB 7213.E	70.000	39.500	1.463	15.000	22.900			o		

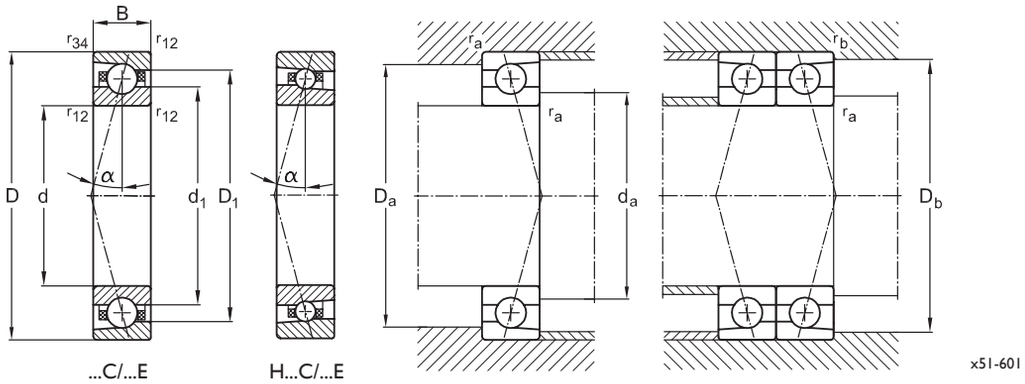
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Abmessungen d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	Gewicht m	Anschlussmaße $d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
65	85	10	71813.C	71,7	78,5	0,6	0,3	0,124	69,5	79,0	80,3	0,6	0,3
			CB 71813.C					0,114					
			71813.E	71,7	78,5	0,6	0,3	0,124	69,5	79,0	80,3	0,6	0,3
			CB 71813.E					0,114					
	90	13	71913.C	73,7	81,5	0,6	0,3	0,215	70,0	84,0	84,8	0,6	0,3
			CB 71913.C					0,198					
			71913.CX	73,7	81,5	0,6	0,3	0,215	70,0	84,0	84,8	0,6	0,3
			CB 71913.CX					0,198					
			71913.E	73,7	81,5	0,6	0,3	0,215	70,0	84,0	84,8	0,6	0,3
			CB 71913.E					0,198					
			71913.EX	73,7	81,5	0,6	0,3	0,215	70,0	84,0	84,8	0,6	0,3
			CB 71913.EX					0,198					
			H 71913.E	73,2	81,0	1,0	1,0	0,230	70,0	84,0	84,8	1,0	1,0
			CBH 71913.E					0,212					
	100	18	7013.C	77,2	88,3	1,1	0,6	0,445	72,0	92,9	95,1	1,1	0,6
			CB 7013.C					0,409					
			7013.CX	77,2	88,3	1,1	0,6	0,432	72,0	92,9	95,1	1,1	0,6
			CB 7013.CX					0,397					
			H 7013.C	78,2	87,0	1,1	1,1	0,481	72,0	92,9	95,1	1,1	1,1
			CBH 7013.C					0,443					
			7013.E	77,2	88,3	1,1	0,6	0,445	72,0	92,9	95,1	1,1	0,6
			CB 7013.E					0,409					
			7013.EX	77,2	88,3	1,1	0,6	0,432	72,0	92,9	95,1	1,1	0,6
			CB 7013.EX					0,397					
			H 7013.E	78,2	87,0	1,1	1,1	0,481	72,0	92,9	95,1	1,1	1,1
			CBH 7013.E					0,443					
	120	23	7213.C	84,4	101,8	1,5	1,0	1,010	75,8	109,2	109	1,5	1,0
			CB 7213.C					0,929					
			7213.E	84,4	101,8	1,5	1,0	1,010	75,8	109,2	109	1,5	1,0
			CB 7213.E					0,929					

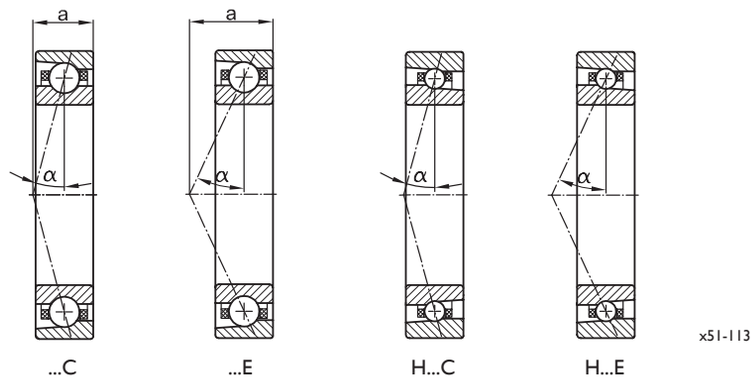
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
70	90	10	71814.C	14.500	20.500	759	13.500	20.700	77,5			16	MBA 70
			CB 71814.C	14.500	14.400	533	17.500	26.900					
			71814.E	13.500	20.000	741	12.100	18.600	77,5			24	
			CB 71814.E	13.500	14.000	519	15.700	24.100					
	100	16	71914.C	28.500	28.000	1.037	13.800	21.000	77,5	o	o	19	MBA 70
			CB 71914.C	28.500	19.600	726	18.000	27.300		o	o		
			71914.CX	22.800	22.400	830	15.800	24.100	77,5	o	o	19	
			CB 71914.CX	22.800	15.600	578	20.600	31.400		o	o		
			71914.E	26.800	26.500	981	12.500	18.900	77,5	o	o	28	
			CB 71914.E	26.800	18.500	685	16.300	24.600		o	o		
			71914.EX	22.150	22.700	841	14.300	21.700	80,9	o	o	28	
			CB 71914.EX	22.150	15.800	585	18.600	28.300		o	o		
			H 71914.E	17.500	19.000	704	14.500	22.500	82,9	o	o	28	
			CBH 71914.E	17.500	13.300	493	18.900	29.300		o	o		
	110	20	7014.C	50.500	43.500	1.611	12.500	19.800	86,3	o	o	22	MBA 70
			CB 7014.C	50.500	30.400	1.126	16.300	25.800		o	o		
			7014.CX	38.400	35.900	1.330	14.200	23.400	86,3	o	o	22	
			CB 7014.CX	38.400	25.100	930	18.500	30.500		o	o		
			H 7014.C	26.400	28.300	1.048	16.000	27.000	85,5	o	o	22	
			CBH 7014.C	26.400	19.800	733	20.800	35.100		o	o		
			7014.E	46.500	41.500	1.537	11.300	17.900	86,3	o	o	31	
			CB 7014.E	46.500	29.000	1.074	14.700	23.300		o	o		
			7014.EX	35.600	33.800	1.252	12.800	21.100	86,3	o	o	31	
			CB 7014.EX	35.600	23.600	874	16.700	27.500		o	o		
			H 7014.E	24.700	26.200	970	14.400	24.300	85,5	o	o	31	
			CBH 7014.E	24.700	18.300	678	18.800	31.600		o	o		
	125	24	7214.C	79.300	64.800	2.400	12.200	19.000	92,2		o	25	MBA 70
			CB 7214.C	79.300	45.300	1.678	15.900	24.700			o		
			7214.E	76.300	61.800	2.289	11.000	17.100	90,9		o	35	
			CB 7214.E	76.300	43.200	1.600	14.300	22.300			o		

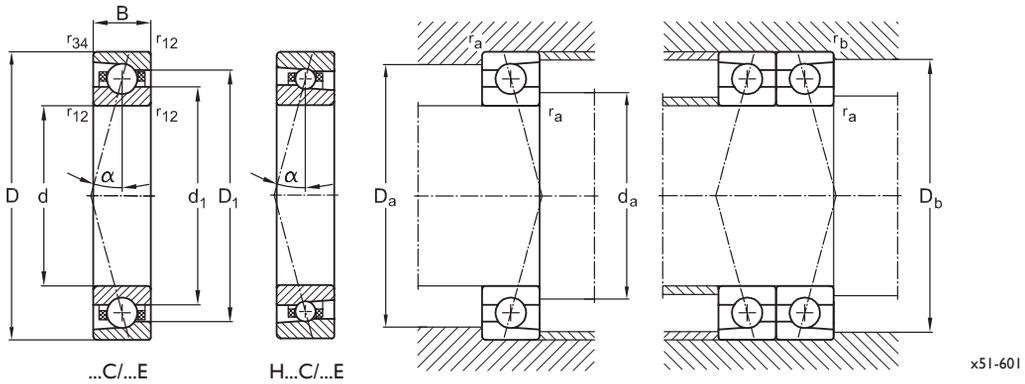
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
70	90	10	71814.C	76,7	83,5	0,6	0,3	0,136	74,5	84,0	85,3	0,6	0,3
			CB 71814.C					0,125					
			71814.E	76,7	83,5	0,6	0,3	0,136	74,5	84,0	85,3	0,6	0,3
			CB 71814.E					0,125					
	100	16	71914.C	80,4	89,8	0,6	0,3	0,345	76,0	94,0	94,8	0,6	0,3
			CB 71914.C					0,317					
			71914.CX	80,4	89,8	0,6	0,3	0,345	76,0	94,0	94,8	0,6	0,3
			CB 71914.CX					0,317					
			71914.E	80,4	89,8	0,6	0,3	0,345	76,0	94,0	94,8	0,6	0,3
			CB 71914.E					0,317					
			71914.EX	80,4	89,8	0,6	0,3	0,345	76,0	94,0	94,8	0,6	0,3
			CB 71914.EX					0,317					
			H 71914.E	80,9	89,3	1,0	1,0	0,368	76,0	94,0	94,8	1,0	1,0
			CBH 71914.E					0,339					
	110	20	7014.C	83,8	96,4	1,1	0,6	0,620	77,0	102,7	105,1	1,1	0,6
			CB 7014.C					0,570					
			7014.CX	83,8	96,4	1,1	0,6	0,601	77,0	102,7	105,1	1,1	0,6
			CB 7014.CX					0,553					
			H 7014.C	84,9	95,4	1,1	1,1	0,670	77,0	102,7	105,1	1,1	1,1
			CBH 7014.C					0,616					
			7014.E	83,8	96,4	1,1	0,6	0,620	77,0	102,7	105,1	1,1	0,6
			CB 7014.E					0,570					
			7014.EX	83,8	96,4	1,1	0,6	0,601	77,0	102,7	105,1	1,1	0,6
			CB 7014.EX					0,553					
			H 7014.E	84,9	95,4	1,1	1,1	0,670	77,0	102,7	105,1	1,1	1,1
			CBH 7014.E					0,616					
	125	24	7214.C	88,4	106,6	1,5	1,0	1,110	80,3	114,7	114	1,5	1,0
			CB 7214.C					1,021					
			7214.E	88,4	106,6	1,5	1,0	1,110	80,3	114,7	114	1,5	1,0
			CB 7214.E					1,021					

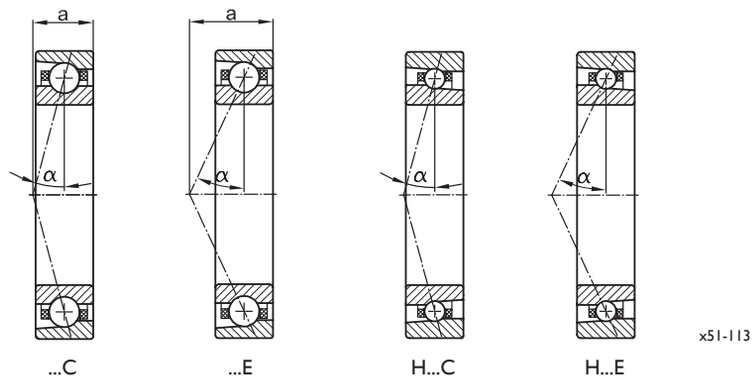
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
75	95	10	71815.C	15.000	22.000	815	12.500	19.500	82,5			16	MBA 75
			CB 71815.C	15.000	15.400	570	16.200	25.300					
			71815.E	14.000	21.000	778	11.200	17.500	82,5			25	
			CB 71815.E	14.000	14.700	544	14.500	22.700					
	105	16	71915.C	29.000	29.500	1.093	13.000	19.800	87,2	o	o	20	MBA 75
			CB 71915.C	29.000	20.600	763	16.900	25.800		o	o		
			71915.CX	23.200	23.600	874	14.900	22.700	87,2	o	o	20	
			CB 71915.CX	23.200	16.500	611	19.400	29.600		o	o		
			71915.E	27.000	28.000	1.037	11.700	17.900	87,2	o	o	29	
			CB 71915.E	27.000	19.600	726	15.300	23.300		o	o		
			71915.EX	21.600	22.400	830	13.500	20.500	87,2	o	o	29	
			CB 71915.EX	21.600	15.600	578	17.600	26.700		o	o		
	115	20	7015.C	51.000	46.500	1.722	12.500	19.000	91,8	o	o	23	MBA 75
			CB 7015.C	51.000	32.500	1.204	16.300	24.700		o	o		
			7015.CX	38.700	37.700	1.396	13.600	21.600	91,8	o	o	23	
			CB 7015.CX	38.700	26.300	974	17.700	28.100		o	o		
			H 7015.C	26.500	29.000	1.074	14.800	24.200	90,9	o	o	23	
			CBH 7015.C	26.500	20.300	752	19.300	31.500		o	o		
			7015.E	48.000	44.000	1.630	11.300	17.100	91,8	o	o	32	
			CB 7015.E	48.000	30.800	1.141	14.700	22.300		o	o		
			7015.EX	36.600	35.500	1.315	12.300	19.500	91,8	o	o	32	
			CB 7015.EX	36.600	24.800	919	16.000	25.400		o	o		
			H 7015.E	25.200	27.100	1.004	13.400	21.800	90,9	o	o	32	
			CBH 7015.E	25.200	18.900	700	17.500	28.400		o	o		
	130	25	7215.C	83.000	70.000	2.593	11.600	17.500	97,4		o	26	MBA 75
			CB 7215.C	83.000	49.000	1.815	15.100	22.800			o		
			7215.E	79.000	66.500	2.463	10.500	15.800	95,9		o	37	
			CB 7215.E	79.000	46.500	1.722	13.700	20.600			o		

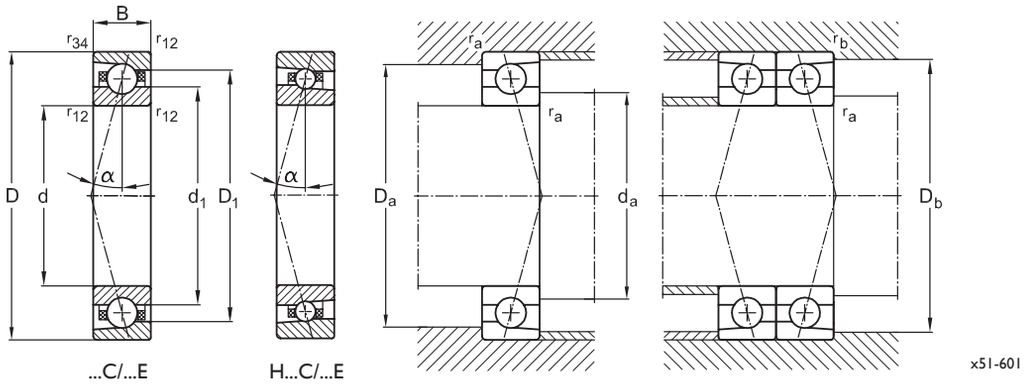
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
75	95	10	71815.C	81,7	88,5	0,6	0,3	0,142	79,5	89,0	90,3	0,6	0,3
			CB 71815.C					0,131					
			71815.E	81,7	88,5	0,6	0,3	0,142	79,5	89,0	90,3	0,6	0,3
			CB 71815.E					0,131					
	105	16	71915.C	85,4	94,8	1,0	0,3	0,370	81,0	99,0	99,9	1,0	0,3
			CB 71915.C					0,340					
			71915.CX	85,4	94,8	1,0	0,3	0,370	81,0	99,0	99,9	1,0	0,3
			CB 71915.CX					0,340					
			71915.E	85,4	94,8	1,0	0,3	0,370	81,0	99,0	99,9	1,0	0,3
			CB 71915.E					0,340					
			71915.EX	85,4	94,8	1,0	0,3	0,370	81,0	99,0	99,9	1,0	0,3
			CB 71915.EX					0,340					
	115	20	7015.C	89,1	101,8	1,1	0,6	0,660	82,0	108,1	110,0	1,1	0,6
			CB 7015.C					0,607					
			7015.CX	89,1	101,8	1,1	0,6	0,640	82,0	108,1	110,0	1,1	0,6
			CB 7015.CX					0,589					
			H 7015.C	90,2	100,1	1,1	1,1	0,710	82,0	108,1	110,0	1,1	1,1
			CBH 7015.C					0,653					
			7015.E	89,1	101,8	1,1	0,6	0,660	82,0	108,1	110,0	1,1	0,6
			CB 7015.E					0,607					
			7015.EX	89,1	101,8	1,1	0,6	0,640	82,0	108,1	110,0	1,1	0,6
			CB 7015.EX					0,589					
			H 7015.E	90,2	100,1	1,1	1,1	0,710	82,0	108,1	110,0	1,1	1,1
			CBH 7015.E					0,653					
	130	25	7215.C	93,4	111,6	1,5	1,0	1,220	85,3	119,7	119,0	1,5	1,0
			CB 7215.C					1,122					
			7215.E	93,4	111,6	1,5	1,0	1,220	85,3	119,7	119,0	1,5	1,0
			CB 7215.E					1,122					

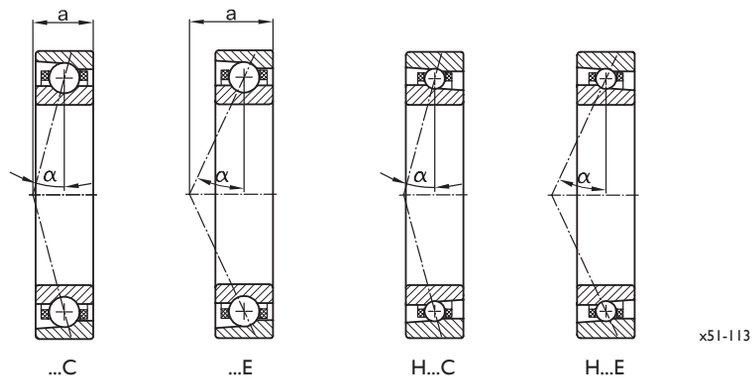
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
80	100	10	71816.C	15.000	24.000	889	11.500	18.000	87,6			17	MBA 80
			CB 71816.C	15.000	16.800	622	14.900	23.400					
			71816.E	14.100	22.000	815	10.300	16.200	87,6			26	
			CB 71816.E	14.100	15.400	570	13.300	21.000					
	110	16	71916.C	29.500	31.000	1.148	12.500	18.800	92,3	o	o	21	MBA 80
			CB 71916.C	29.500	21.700	804	16.300	24.500		o	o		
			71916.CX	23.600	24.800	919	14.300	21.600	92,3	o	o	21	
			CB 71916.CX	23.600	17.300	641	18.600	28.100		o	o		
			71916.E	27.500	29.300	1.085	11.300	17.000	92,3	o	o	30	
			CB 71916.E	27.500	20.500	759	14.700	22.100		o	o		
			71916.EX	22.000	23.400	867	12.900	19.500	92,3	o	o	30	
			CB 71916.EX	22.000	16.300	604	16.800	25.400		o	o		
	125	22	7016.C	62.500	58.000	2.148	11.300	18.000	98,4	o	o	25	MBA 80
			CB 7016.C	62.500	40.600	1.504	14.700	23.400		o	o		
			7016.CX	47.100	46.300	1.715	12.600	20.000	98,4	o	o	25	
			CB 7016.CX	47.100	32.400	1.200	16.400	26.000		o	o		
			H 7016.C	31.700	34.700	1.285	14.000	22.000	97,6	o	o	25	
			CBH 7016.C	31.700	24.200	896	18.200	28.600		o	o		
			7016.E	59.500	55.000	2.037	10.200	16.200	98,4	o	o	35	
			CB 7016.E	59.500	38.500	1.426	13.300	21.100		o	o		
			7016.EX	31.200	43.700	1.619	11.400	18.000	98,4	o	o	35	
			CB 7016.EX	31.200	30.500	1.130	14.900	23.400		o	o		
			H 7016.E	30.000	32.500	1.204	12.600	19.800	97,6	o	o	35	
			CBH 7016.E	30.000	22.700	841	16.400	25.800		o	o		
	140	26	7216.C	93.200	77.600	2.874	10.700	16.500	106,0			28	MBA 80
			CB 7216.C	93.200	54.300	2.011	14.000	21.500					
			7216.E	88.700	74.200	2.748	9.700	14.900	102,8			39	
			CB 7216.E	88.700	51.900	1.922	12.700	19.400					

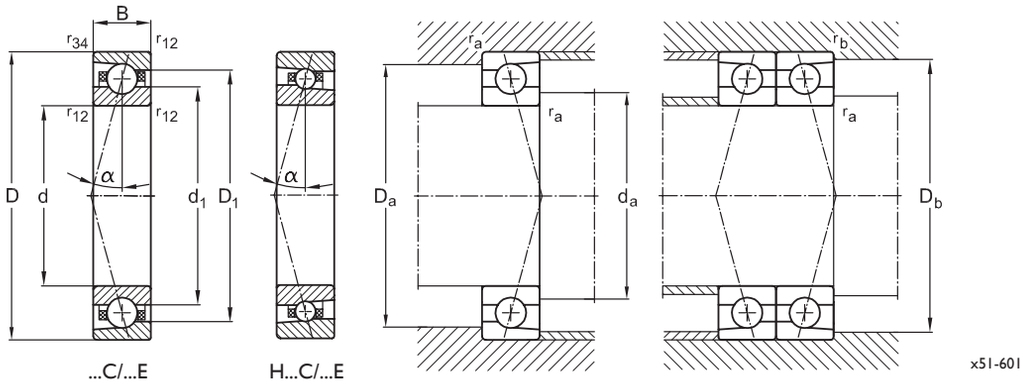
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
80	100	10	71816.C	86,7	93,5	0,6	0,3	0,150	84,5	94,0	95,3	0,6	0,3
			CB 71816.C					0,138					
			71816.E	86,7	93,5	0,6	0,3	0,150	84,5	94,0	95,3	0,6	0,3
			CB 71816.E					0,138					
	110	16	71916.C	90,4	99,7	1,0	0,3	0,390	86,0	104,0	104,8	1,0	0,3
			CB 71916.C					0,359					
			71916.CX	90,4	99,7	1,0	0,3	0,390	86,0	104,0	104,8	1,0	0,3
			CB 71916.CX					0,359					
			71916.E	90,4	99,7	1,0	0,3	0,390	86,0	104,0	104,8	1,0	0,3
			CB 71916.E					0,359					
			71916.EX	90,4	99,7	1,0	0,3	0,390	86,0	104,0	104,8	1,0	0,3
			CB 71916.EX					0,359					
	125	22	7016.C	95,5	109,7	1,1	0,6	0,880	88,0	118,0	120,0	1,1	0,6
			CB 7016.C					0,810					
			7016.CX	95,5	109,7	1,1	0,6	0,854	88,0	118,0	120,0	1,1	0,6
			CB 7016.CX					0,785					
			H 7016.C	96,9	108,1	1,1	1,1	0,955	88,0	118,0	120,0	1,1	1,1
			CBH 7016.C					0,879					
			7016.E	95,5	109,7	1,1	0,6	0,880	88,0	118,0	120,0	1,1	0,6
			CB 7016.E					0,810					
			7016.EX	95,5	109,7	1,1	0,6	0,854	88,0	118,0	120,0	1,1	0,6
			CB 7016.EX					0,785					
			H 7016.E	96,9	108,1	1,1	1,1	0,955	88,0	118,0	120,0	1,1	1,1
			CBH 7016.E					0,879					
	140	26	7216.C	101,7	121,5	2,0	1,0	1,450	94,4	125,6	125,0	2,0	1,0
			CB 7216.C					1,334					
			7216.E	101,7	121,5	2,0	1,0	1,450	94,4	125,6	125,0	2,0	1,0
			CB 7216.E					1,334					

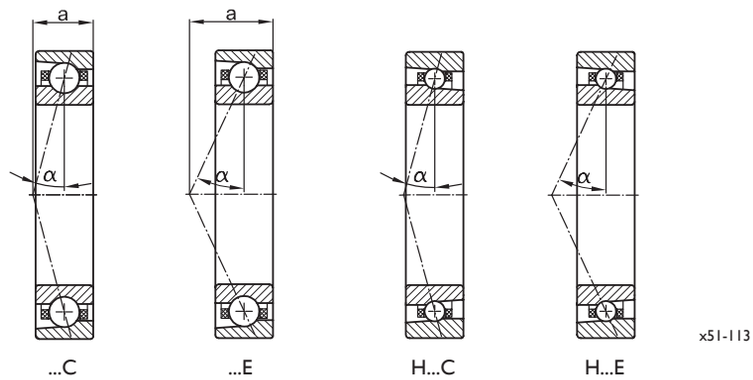
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
85	110	13	71817.C	22.100	32.500	1.204	11.000	16.500	94,3			20	MBA 85
			CB 71817.C	22.100	22.800	844	14.300	21.400					
			71817.E	21.000	31.000	1.148	9.900	14.800	94,3			29	
			CB 71817.E	21.000	21.700	804	12.800	19.200					
	120	18	71917.C	39.500	41.000	1.519	11.800	17.500	99,1	o	o	23	MBA 85
			CB 71917.C	39.500	28.700	1.063	15.400	22.800		o	o		
			71917.CX	31.600	32.800	1.215	13.500	20.100	99,1	o	o	23	
			CB 71917.CX	31.600	22.900	848	17.600	26.200		o	o		
			71917.E	37.000	39.000	1.444	10.700	15.800	99,1	o	o	33	
			CB 71917.E	37.000	27.300	1.011	14.000	20.600		o	o		
			71917.EX	29.600	31.200	1.156	12.200	18.100	99,1	o	o	33	
			CB 71917.EX	29.600	21.800	807	15.900	23.600		o	o		
	130	22	7017.C	62.000	60.000	2.222	11.000	16.800	104,1	o	o	26	MBA 85
			CB 7017.C	62.000	42.000	1.556	14.300	21.900		o	o		
			7017.CX	47.100	48.000	1.778	12.100	18.400	104,1	o	o	26	
			CB 7017.CX	47.100	33.600	1.244	15.800	24.000		o	o		
			H 7017.C	32.200	36.000	1.333	13.200	20.100	102,7	o	o	26	
			CBH 7017.C	32.200	25.200	933	17.200	26.200		o	o		
			7017.E	59.000	57.000	2.111	9.900	15.200	104,1	o	o	36	
			CB 7017.E	59.000	39.900	1.478	12.900	19.800		o	o		
			7017.EX	44.500	45.400	1.681	10.900	16.600	104,1	o	o	36	
			CB 7017.EX	44.500	31.700	1.174	14.200	21.600		o	o		
			H 7017.E	30.000	33.800	1.252	11.900	18.100	102,7	o	o	36	
			CBH 7017.E	30.000	23.600	874	15.500	23.600		o	o		
	150	28	7217.C	107.000	90.500	3.352	10.300	15.400	111,9			30	MBA 85
			CB 7217.C	107.000	63.300	2.344	13.400	20.100					
			7217.E	102.000	86.500	3.204	9.300	13.900	109,8			42	
			CB 7217.E	102.000	60.500	2.241	12.100	18.100					

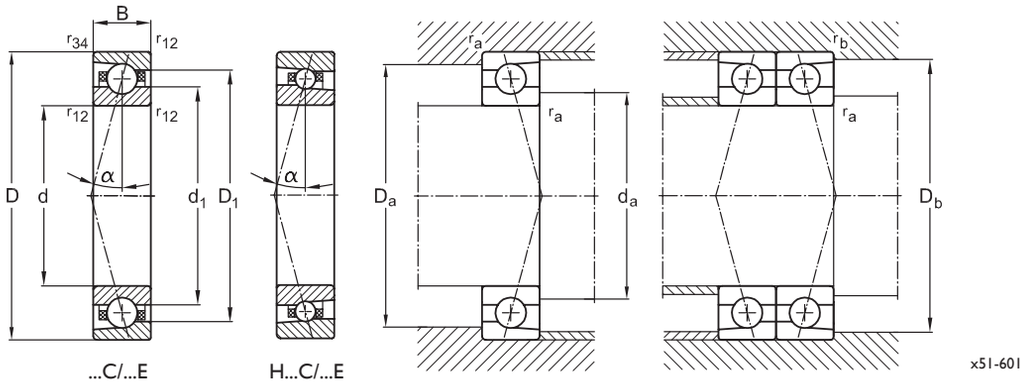
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
85	110	13	71817.C	93,2	102,1	1,0	0,3	0,268	90,5	104,0	104,3	1,0	0,3
			CB 71817.C					0,247					
			71817.E	93,2	102,1	1,0	0,3	0,268	90,5	104,0	104,3	1,0	0,3
			CB 71817.E					0,247					
	120	18	71917.C	97,1	108,2	1,1	0,6	0,555	92,0	113,0	114,8	1,1	0,6
			CB 71917.C					0,511					
			71917.CX	97,1	108,2	1,1	0,6	0,555	92,0	113,0	114,8	1,1	0,6
			CB 71917.CX					0,511					
			71917.E	97,1	108,2	1,1	0,6	0,555	92,0	113,0	114,8	1,1	0,6
			CB 71917.E					0,511					
			71917.EX	97,1	108,2	1,1	0,6	0,555	92,0	113,0	114,8	1,1	0,6
			CB 71917.EX					0,511					
	130	22	7017.C	101,0	115,3	1,1	0,6	0,920	93,0	122,8	124,8	1,1	0,6
			CB 7017.C					0,846					
			7017.CX	101,0	115,3	1,1	0,6	0,892	93,0	122,8	124,8	1,1	0,6
			CB 7017.CX					0,821					
			H 7017.C	101,9	113,1	1,1	1,1	0,988	93,0	122,8	124,8	1,1	1,1
			CBH 7017.C					0,909					
			7017.E	101,0	115,3	1,1	0,6	0,920	93,0	122,8	124,8	1,1	0,6
			CB 7017.E					0,846					
			7017.EX	101,0	115,3	1,1	0,6	0,892	93,0	122,8	124,8	1,1	0,6
			CB 7017.EX					0,821					
			H 7017.E	101,9	113,1	1,1	1,1	0,988	93,0	122,8	124,8	1,1	1,1
			CBH 7017.E					0,909					
	150	28	7217.C	107,3	127,9	2,0	1,0	1,880	98,4	137,6	137,0	2,0	1,0
			CB 7217.C					1,730					
			7217.E	107,3	127,9	2,0	1,0	1,880	98,4	137,6	137,0	2,0	1,0
			CB 7217.E					1,730					

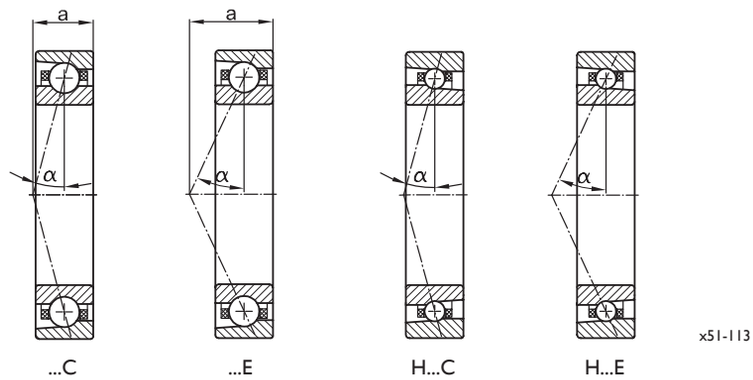
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
90	115	13	71818.C	22.500	34.000	1.259	10.000	15.500	99,3			20	MBA 90
			CB 71818.C	22.500	23.800	881	13.000	20.100					
			71818.E	21.000	32.000	1.185	9.000	13.900	99,3			30	
			CB 71818.E	21.000	22.400	830	11.700	18.000					
	125	18	71918.C	42.000	46.500	1.722	11.000	16.500	104,5	o	o	23	MBA 90
			CB 71918.C	42.000	32.500	1.204	14.300	21.500		o	o		
			71918.CX	33.600	37.200	1.378	12.600	18.900	104,5	o	o	23	
			CB 71918.CX	33.600	26.000	963	16.400	24.600		o	o		
			71918.E	40.000	44.000	1.630	9.900	14.900	104,5	o	o	34	
			CB 71918.E	40.000	30.800	1.141	12.900	19.400		o	o		
			71918.EX	32.000	35.200	1.304	11.400	17.100	104,5	o	o	34	
			CB 71918.EX	32.000	24.600	911	14.900	22.300		o	o		
	140	24	7018.C	76.300	71.800	2.659	9.600	16.500	111,4	o	o	28	MBA 90
			CB 7018.C	76.300	50.200	1.859	12.500	21.500		o	o		
			7018.CX	56.800	57.400	2.126	10.800	17.700	111,4	o	o	28	
			CB 7018.CX	56.800	40.100	1.485	14.100	23.100		o	o		
			H 7018.C	37.300	43.000	1.593	12.000	19.000	109,7	o	o	28	
			CBH 7018.C	37.300	30.100	1.115	15.600	24.700		o	o		
			7018.E	72.500	68.000	2.519	8.700	14.900	111,4	o	o	39	
			CB 7018.E	72.500	47.600	1.763	11.400	19.400		o	o		
			7018.EX	54.000	54.000	2.000	9.800	16.000	111,4	o	o	39	
			CB 7018.EX	54.000	37.800	1.400	12.800	20.800		o	o		
			H 7018.E	35.500	40.000	1.481	10.800	17.100	109,7	o	o	39	
			CBH 7018.E	35.500	28.000	1.037	14.100	22.300		o	o		
	160	30	7218.C	124.000	106.000	3.926	10.000	15.000	120,2			32	MBA 90
			CB 7218.C	124.000	74.200	2.748	13.000	19.500					
			7218.E	118.000	101.000	3.741	9.000	13.500	116,7			44	
			CB 7218.E	118.000	70.700	2.619	11.700	17.600					

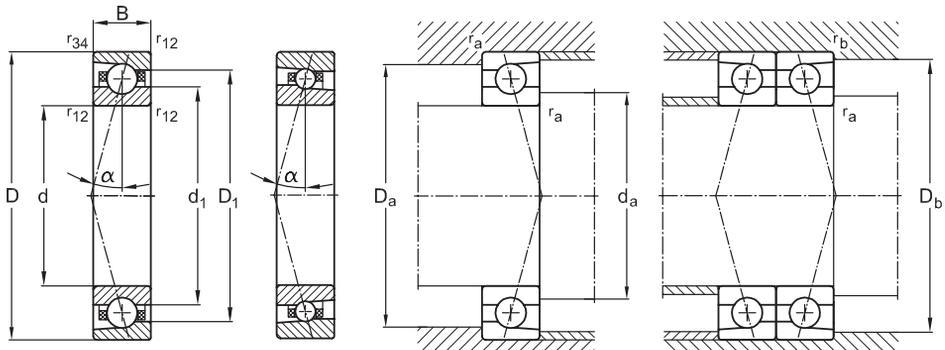
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
90	115	13	71818.C	98,2	107,1	1,0	0,3	0,230	95,5	108,0	109,3	1,0	0,3
			CB 71818.C					0,212					
			71818.E	98,2	107,1	1,0	0,3	0,230	95,5	108,0	109,3	1,0	0,3
			CB 71818.E					0,212					
	125	18	71918.C	102,1	113,1	1,1	0,6	0,590	97,0	118,0	119,7	1,1	0,6
			CB 71918.C					0,543					
			71918.CX	102,1	113,1	1,1	0,6	0,590	97,0	118,0	119,7	1,1	0,6
			CB 71918.CX					0,543					
			71918.E	102,1	113,1	1,1	0,6	0,590	97,0	118,0	119,7	1,1	0,6
			CB 71918.E					0,543					
			71918.EX	102,1	113,1	1,1	0,6	0,590	97,0	118,0	119,7	1,1	0,6
			CB 71918.EX					0,543					
	140	24	7018.C	108,1	124,0	1,5	0,6	1,190	100,0	131,1	134,2	1,5	0,6
			CB 7018.C					1,095					
			7018.CX	108,1	124,0	1,5	0,6	1,154	100,0	131,1	134,2	1,5	0,6
			CB 7018.CX					1,062					
			H 7018.C	108,9	121,4	1,5	1,5	1,315	100,0	131,1	134,2	1,5	1,5
			CBH 7018.C					1,210					
			7018.E	108,1	124,0	1,5	0,6	1,190	100,0	131,1	134,2	1,5	0,6
			CB 7018.E					1,095					
			7018.EX	108,1	124,0	1,5	0,6	1,154	100,0	131,1	134,2	1,5	0,6
			CB 7018.EX					1,062					
			H 7018.E	108,9	121,4	1,5	1,5	1,315	100,0	131,1	134,2	1,5	1,5
			CBH 7018.E					1,210					
	160	30	7218.C	115,3	136,7	2,0	1,0	2,340	104,4	146,6	146,0	2,0	1,0
			CB 7218.C					2,153					
			7218.E	115,3	136,7	2,0	1,0	2,340	104,4	146,6	146,0	2,0	1,0
			CB 7218.E					2,153					

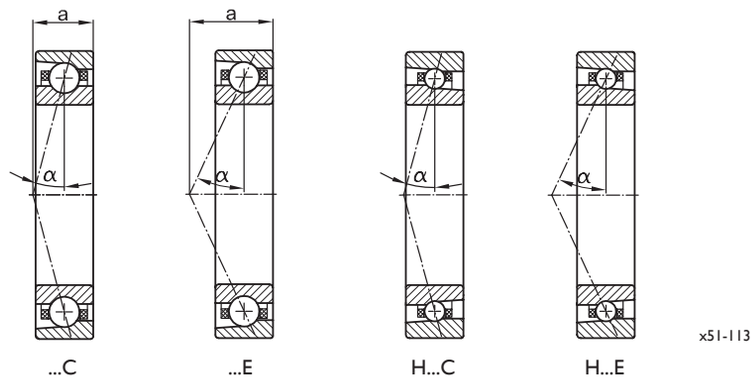
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
95	120	13	71819.C	22.500	35.000	1.296	9.800	15.000	104,2			21	MBA 95
			CB 71819.C	22.500	24.500	907	12.700	19.500					
			71819.E	21.500	33.000	1.222	8.800	13.500	104,2			32	
			CB 71819.E	21.500	23.100	856	11.400	17.500					
	130	18	71919.C	43.000	48.500	1.796	10.800	16.000	109,6	o	o	24	MBA 95
			CB 71919.C	43.000	33.900	1.256	14.100	20.800		o	o		
			71919.CX	34.400	38.800	1.437	12.400	18.400	109,6	o	o	24	
			CB 71919.CX	34.400	27.100	1.004	16.200	24.000		o	o		
			71919.E	40.500	46.000	1.704	9.800	14.400	109,6	o	o	35	
			CB 71919.E	40.500	32.200	1.193	12.800	18.800		o	o		
			71919.EX	32.400	36.800	1.363	11.200	16.600	109,6	o	o	35	
			CB 71919.EX	32.400	25.700	952	14.600	21.600		o	o		
	145	24	7019.C	75.000	74.500	2.759	10.000	15.000	116,3	o	o	28	MBA 95
			CB 7019.C	75.000	52.100	1.930	13.000	19.500		o	o		
			7019.CX	56.500	59.200	2.193	11.000	16.500	116,3	o	o	28	
			CB 7019.CX	56.500	41.400	1.533	14.300	21.500		o	o		
			7019.E	71.000	71.000	2.630	9.000	13.500	116,3	o	o	40	
			CB 7019.E	71.000	49.700	1.841	11.700	17.600		o	o		
			7019.EX	53.300	56.400	2.089	9.900	14.900	116,3	o	o	40	
			CB 7019.EX	53.300	39.400	1.459	12.900	19.400		o	o		
	170	32	7219.C	133.000	112.000	4.148	9.200	13.500	126,5			34	MBA 95
			CB 7219.C	133.000	78.400	2.904	12.000	17.600					
			7219.E	127.000	107.000	3.963	8.300	12.200	123,6			47	
			CB 7219.E	127.000	74.900	2.774	10.800	15.900					

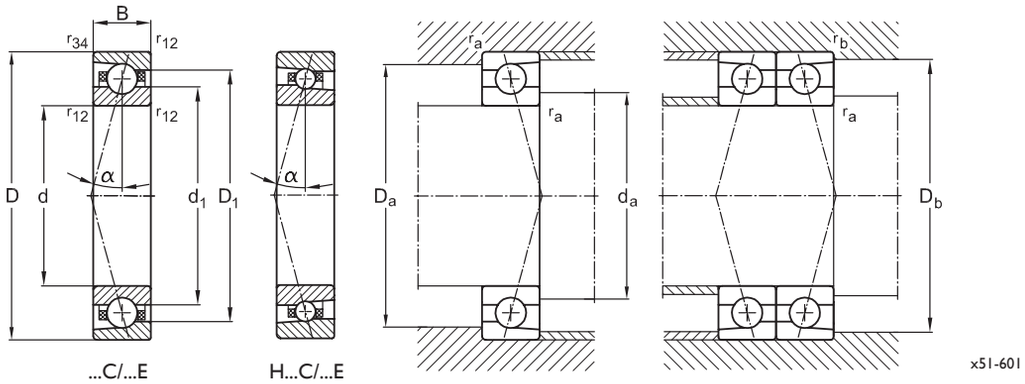
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
95	120	13	71819.C	103,2	112,1	1,0	0,3	0,295	100,5	113,0	114,3	1,0	0,3
			CB 71819.C					0,271					
			71819.E	103,2	112,1	1,0	0,3	0,295	100,5	113,0	114,3	1,0	0,3
			CB 71819.E					0,271					
	130	18	71919.C	107,1	118,1	1,1	0,6	0,620	102,0	123,0	124,7	1,1	0,6
			CB 71919.C					0,570					
			71919.CX	107,1	118,1	1,1	0,6	0,620	102,0	123,0	124,7	1,1	0,6
			CB 71919.CX					0,570					
			71919.E	107,1	118,1	1,1	0,6	0,620	102,0	123,0	124,7	1,1	0,6
			CB 71919.E					0,570					
			71919.EX	107,1	118,1	1,1	0,6	0,620	102,0	123,0	124,7	1,1	0,6
			CB 71919.EX					0,570					
	145	24	7019.C	112,9	128,7	1,5	0,6	1,250	105,0	135,8	138,7	1,5	0,6
			CB 7019.C					1,150					
			7019.CX	112,9	128,7	1,5	0,6	1,213	105,0	135,8	138,7	1,5	0,6
			CB 7019.CX					1,116					
			7019.E	112,9	128,7	1,5	0,6	1,250	105,0	135,8	138,7	1,5	0,6
			CB 7019.E					1,150					
			7019.EX	112,9	128,7	1,5	0,6	1,213	105,0	135,8	138,7	1,5	0,6
			CB 7019.EX					1,116					
	170	32	7219.C	121,3	145,2	2,1	1,1	2,800	111,0	153,5	153,0	2,1	1,1
			CB 7219.C					2,576					
			7219.E	121,3	145,2	2,1	1,1	2,800	111,0	153,5	153,0	2,1	1,1
			CB 7219.E					2,576					

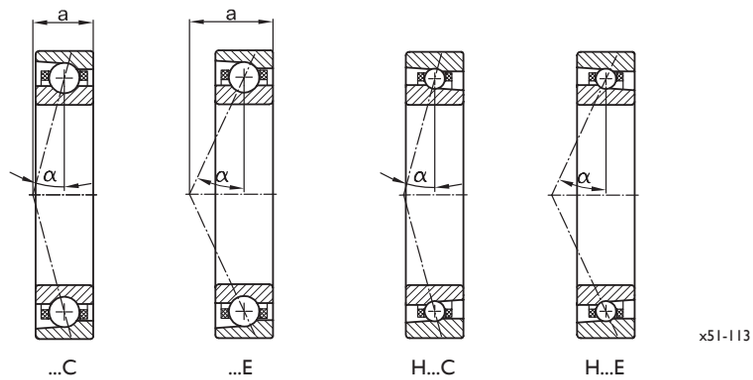
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
100	125	13	71820.C	23.500	37.500	1.389	9.500	14.500	109,2			22	MBA 100
			CB 71820.C	23.500	26.300	974	12.300	18.800					
			71820.E	22.000	35.500	1.315	8.500	13.000	109,2			33	
			CB 71820.E	22.000	24.900	922	11.000	16.900					
	140	20	71920.C	51.000	55.000	2.037	10.000	15.000	116,2	o	o	26	MBA 100
			CB 71920.C	51.000	38.500	1.426	13.000	19.500		o	o		
			71920.CX	40.800	44.000	1.630	11.500	17.200	116,2	o	o	26	
			CB 71920.CX	40.800	30.800	1.141	15.000	22.400		o	o		
			71920.E	48.000	52.000	1.926	9.000	13.500	116,2	o	o	38	
			CB 71920.E	48.000	36.400	1.348	11.700	17.600		o	o		
			71920.EX	38.400	41.600	1.541	10.400	15.500	116,2	o	o	38	
			CB 71920.EX	38.400	29.100	1.078	13.600	20.200		o	o		
	150	24	7020.C	77.000	79.000	2.926	9.500	14.500	121,3	o	o	29	MBA 100
			CB 7020.C	77.000	55.300	2.048	12.400	18.900		o	o		
			7020.CX	57.400	62.200	2.304	10.800	16.500	121,3	o	o	29	
			CB 7020.CX	57.400	43.500	1.611	14.100	21.500		o	o		
			H 7020.C	37.800	45.500	1.685	12.200	18.500	119,8	o	o	29	
			CBH 7020.C	37.800	31.800	1.178	15.900	24.100		o	o		
			7020.E	73.000	75.000	2.778	8.600	13.100	121,3	o	o	41	
			CB 7020.E	73.000	52.500	1.944	11.200	17.100		o	o		
			7020.EX	54.400	58.800	2.178	9.800	14.900	121,3	o	o	41	
			CB 7020.EX	54.400	41.100	1.522	12.800	19.400		o	o		
			H 7020.E	35.800	42.600	1.578	11.000	16.700	119,8	o	o	41	
			CBH 7020.E	35.800	29.800	1.104	14.300	21.800		o	o		
	180	34	7220.C	150.000	127.000	4.704	8.800	13.000	132,4			36	MBA 100
			CB 7220.C	150.000	88.900	3.293	11.500	16.900					
			7220.E	143.000	122.000	4.519	8.000	11.700	130,6			50	
			CB 7220.E	143.000	85.400	3.163	10.400	15.300					

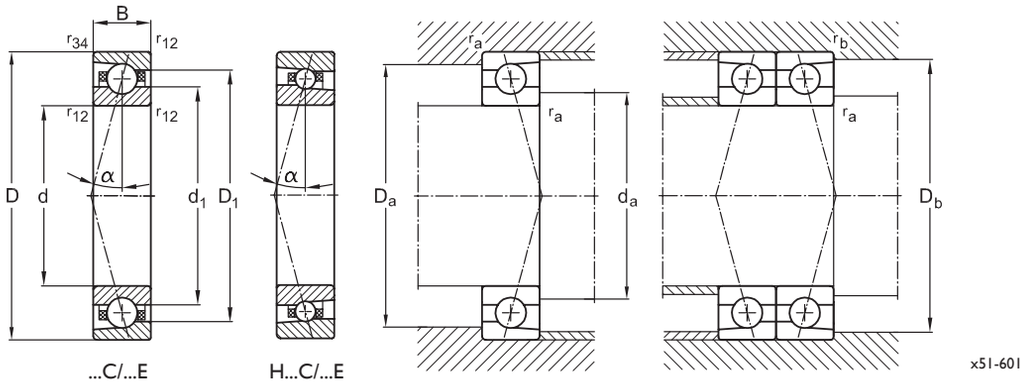
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
100	125	13	71820.C	108,2	117,0	1,0	0,3	0,315	105,5	118,0	119,3	1,0	0,3
			CB 71820.C					0,290					
			71820.E	108,2	117,0	1,0	0,3	0,315	105,5	118,0	119,3	1,0	0,3
			CB 71820.E					0,290					
	140	20	71920.C	113,8	126,4	1,1	0,6	0,830	107,0	133,0	134,7	1,1	0,6
			CB 71920.C					0,764					
			71920.CX	113,8	126,4	1,1	0,6	0,830	107,0	133,0	134,7	1,1	0,6
			CB 71920.CX					0,764					
			71920.E	113,8	126,4	1,1	0,6	0,830	107,0	133,0	134,7	1,1	0,6
			CB 71920.E					0,764					
			71920.EX	113,8	126,4	1,1	0,6	0,830	107,0	133,0	134,7	1,1	0,6
			CB 71920.EX					0,764					
	150	24	7020.C	117,7	133,5	1,5	0,6	1,300	110,0	140,9	144,0	1,5	0,6
			CB 7020.C					1,196					
			7020.CX	117,7	133,5	1,5	0,6	1,261	110,0	140,9	144,0	1,5	0,6
			CB 7020.CX					1,160					
			H 7020.C	118,9	131,4	1,5	1,5	1,450	110,0	140,9	144,0	1,5	1,5
			CBH 7020.C					1,334					
			7020.E	117,7	133,5	1,5	0,6	1,300	110,0	140,9	144,0	1,5	0,6
			CB 7020.E					1,196					
			7020.EX	117,7	133,5	1,5	0,6	1,261	110,0	140,9	144,0	1,5	0,6
			CB 7020.EX					1,160					
			H 7020.E	118,9	131,4	1,5	1,5	1,450	110,0	140,9	144,0	1,5	1,5
			CBH 7020.E					1,334					
	180	34	7220.C	127,0	153,2	2,1	1,1	3,320	115,0	165,0	165,0	2,1	1,1
			CB 7220.C					3,054					
			7220.E	127,0	153,2	2,1	1,1	3,320	115,0	165,0	165,0	2,1	1,1
			CB 7220.E					3,054					

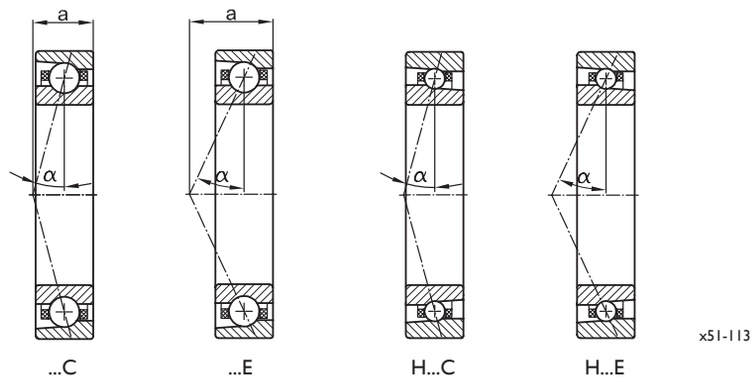
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
105	130	13	71821.C	23.600	38.500	1.426	9.000	13.500	114,5			22	MBA 105
			CB 71821.C	23.600	27.000	1.000	11.700	17.500					
			71821.E	22.300	36.500	1.352	8.100	12.100	114,5			34	
			CB 71821.E	22.300	25.600	948	10.500	15.700					
	145	20	71921.C	52.000	58.000	2.148	9.500	14.500	121,3		o	27	MBA 105
			CB 71921.C	52.000	40.600	1.504	12.300	18.800			o		
			71921.CX	41.600	46.400	1.719	10.900	16.600	121,3		o	27	
			CB 71921.CX	41.600	32.500	1.204	14.100	21.500			o		
			71921.E	49.000	55.000	2.037	8.500	13.000	121,3		o	39	
			CB 71921.E	49.000	38.500	1.426	11.000	16.900			o		
			71921.EX	39.200	44.000	1.630	9.800	14.900	121,3		o	39	
			CB 71921.EX	39.200	30.800	1.141	12.700	19.300			o		
	160	26	7021.C	105.000	101.000	3.741	8.200	13.100	127,7		o	31	MBA 105
			CB 7021.C	105.000	70.700	2.619	10.600	17.000			o		
			7021.CX	84.000	80.800	2.993	9.400	15.000	127,7		o	31	
			CB 7021.CX	84.000	56.600	2.096	12.200	19.500			o		
			7021.E	101.000	97.000	3.593	7.300	11.700	127,7		o	44	
			CB 7021.E	101.000	67.900	2.515	9.400	15.200			o		
			7021.EX	80.800	77.600	2.874	8.400	13.500	127,7		o	44	
			CB 7021.EX	80.800	54.400	2.015	10.900	17.500			o		
	190	36	7221.C	162.000	143.000	5.296	8.000	12.000	140,0			38	MBA 105
			7221.E	155.000	137.000	5.074	7.200	10.800				53	

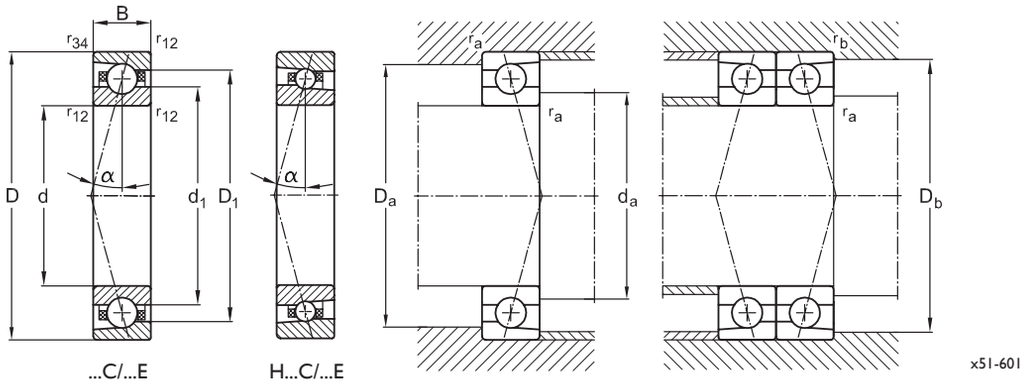
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
105	130	13	71821.C	113,2	122,0	1,0	0,3	0,325	110,5	122,5	124,3	1,0	0,3
			CB 71821.C					0,299					
			71821.E	113,2	122,0	1,0	0,3	0,325	110,5	122,5	124,3	1,0	0,3
			CB 71821.E					0,299					
	145	20	71921.C	118,8	131,4	1,1	0,6	0,850	112,0	138,0	139,6	1,1	0,6
			CB 71921.C					0,782					
			71921.CX	118,8	131,4	1,1	0,6	0,850	112,0	138,0	139,6	1,1	0,6
			CB 71921.CX					0,782					
			71921.E	118,8	131,4	1,1	0,6	0,850	112,0	138,0	139,6	1,1	0,6
			CB 71921.E					0,782					
			71921.EX	118,8	131,4	1,1	0,6	0,000	112,0	138,0	139,6	1,1	0,6
			CB 71921.EX					0,000					
	160	26	7021.C	123,9	141,3	2,0	1,0	1,600	116,0	150,0	153,8	2,0	1,0
			CB 7021.C					1,472					
			7021.CX	123,9	141,3	2,0	1,0	1,700	116,0	150,0	153,8	2,0	1,0
			CB 7021.CX					1,564					
			7021.E	123,9	141,3	2,0	1,0	1,600	116,0	150,0	153,8	2,0	1,0
			CB 7021.E					1,472					
			7021.EX	123,9	141,3	2,0	1,0	1,700	116,0	150,0	153,8	2,0	1,0
			CB 7021.EX					1,564					
	190	36	7221.C	134,3	162,9	2,1	1,1	3,850	121,0	174,0	174,0	2,1	1,1
			7221.E					3,850					

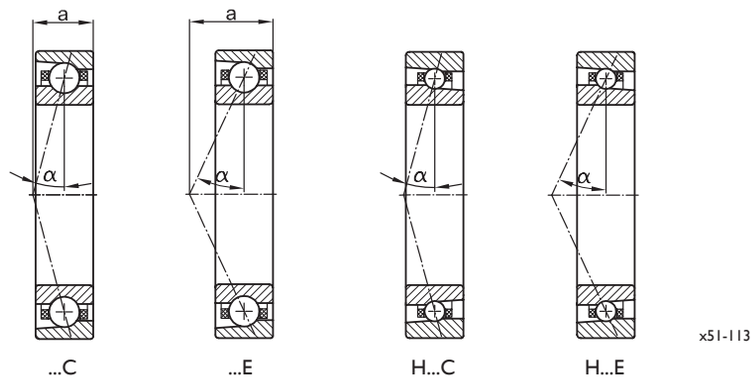
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
110	140	16	71822.C	32.500	52.500	1.944	8.500	13.000	121,0			25	MBA 110
			CB 71822.C	32.500	36.800	1.363	11.000	16.900					
			71822.E	31.000	49.000	1.815	7.600	11.700	121,0			37	
			CB 71822.E	31.000	34.300	1.270	9.800	15.200					
	150	20	71922.C	53.000	60.000	2.222	9.300	13.800	126,5		o	30	MBA 110
			CB 71922.C	53.000	42.000	1.556	12.000	17.900			o		
			71922.CX	42.400	48.000	1.778	10.600	15.800	126,5		o	30	
			CB 71922.CX	42.400	33.600	1.244	13.700	20.500			o		
			71922.E	50.000	57.000	2.111	8.300	12.400	126,5		o	40	
			CB 71922.E	50.000	39.900	1.478	10.700	16.100			o		
			71922.EX	40.000	45.600	1.689	9.500	14.200	126,5		o	40	
			CB 71922.EX	40.000	32.000	1.185	12.300	18.400			o		
	170	28	7022.C	110.000	110.000	4.074	7.600	12.200	132,9		o	33	MBA 110
			CB 7022.C	110.000	77.000	2.852	9.800	15.800			o		
			7022.CX	50.300	60.500	2.241	9.400	15.800	133,6		o	33	
			CB 7022.CX	50.300	42.400	1.570	12.200	20.500			o		
			7022.E	105.000	105.000	3.889	6.800	10.900	132,9		o	47	
			CB 7022.E	105.000	73.500	2.722	8.800	14.100			o		
			7022.EX	47.000	56.500	2.093	8.400	14.200	133,6		o	47	
			CB 7022.EX	47.000	39.600	1.467	10.900	18.400			o		
	200	38	7222.C	176.000	160.000	5.926	7.700	11.300	148,2			40	MBA 110
			7222.E	168.000	153.000	5.667	6.900	10.100				55	

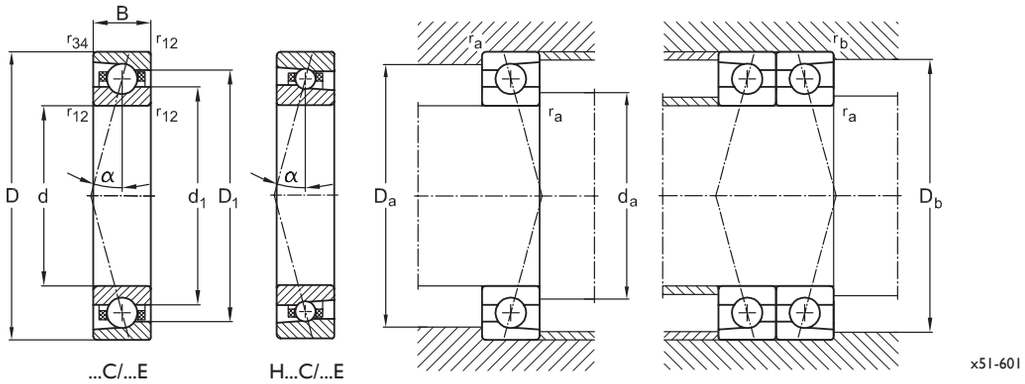
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
110	140	16	71822.C	119,8	130,6	1,0	0,3	0,510	116,5	131,5	133,8	1,0	0,3
			CB 71822.C					0,469					
			71822.E	119,8	130,6	1,0	0,3	0,510	116,5	131,5	133,8	1,0	0,3
			CB 71822.E					0,469					
	150	20	71922.C	123,8	136,4	1,1	0,6	0,850	117,0	143,0	144,9	1,1	0,6
			CB 71922.C					0,782					
			71922.CX	123,8	136,4	1,1	0,6	0,850	117,0	143,0	144,9	1,1	0,6
			CB 71922.CX					0,782					
			71922.E	123,8	136,4	1,1	0,6	0,850	117,0	143,0	144,9	1,1	0,6
			CB 71922.E					0,782					
			71922.EX	123,8	136,4	1,1	0,6	0,850	117,0	143,0	144,9	1,1	0,6
			CB 71922.EX					0,782					
	170	28	7022.C	129,0	151,1	2,0	1,0	2,000	121,0	160,0	164,0	2,0	1,0
			CB 7022.C					1,840					
			7022.CX	132,6	147,0	2,0	2,0	2,210	121,0	160,0	164,0	2,0	2,0
			CB 7022.CX					2,033					
			7022.E	129,0	151,1	2,0	1,0	2,000	121,0	160,0	164,0	2,0	1,0
			CB 7022.E					1,840					
			7022.EX	132,6	147,0	2,0	2,0	2,210	121,0	160,0	164,0	2,0	2,0
			CB 7022.EX					2,033					
	200	38	7222.C	142,1	170,0	2,1	1,1	4,700	127,0	183,0	183,0	2,1	1,1
			7222.E					4,700					

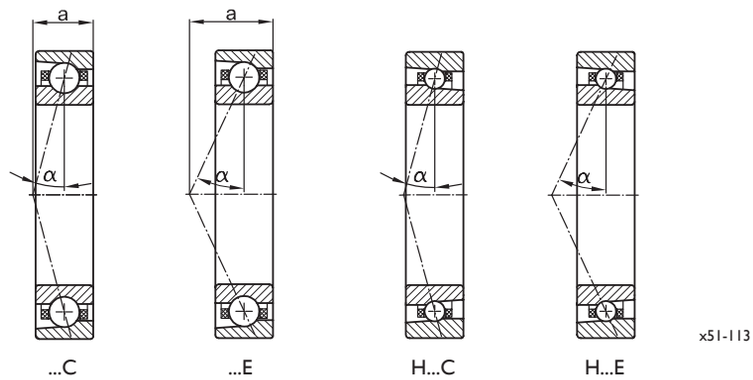
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
120	150	16	71824.C	33.800	57.300	2.122	7.500	11.500	131,0			26	MBA 120
			CB 71824.C	33.800	40.200	1.489	9.700	14.900					
			71824.E	32.000	54.500	2.019	6.700	10.300	131,0			39	
			CB 71824.E	32.000	38.200	1.415	8.700	13.300					
	165	22	71924.C	73.000	82.000	3.037	8.500	12.500	138,4		o	33	MBA 120
			CB 71924.C	73.000	57.400	2.126	11.000	16.200			o		
			71924.CX	58.400	65.600	2.430	9.700	14.300	138,4		o	33	
			CB 71924.CX	58.400	46.000	1.704	12.600	18.500			o		
			71924.E	69.000	79.000	2.926	7.600	11.200	138,4		o	44	
			CB 71924.E	69.000	55.300	2.048	9.800	14.500			o		
			71924.EX	55.200	63.200	2.341	8.700	12.800	138,4		o	44	
			CB 71924.EX	55.200	44.300	1.641	11.300	16.600			o		
	180	28	7024.C	113.500	118.500	4.389	8.000	12.000	144,9		o	34	MBA 120
			CB 7024.C	113.500	83.000	3.074	10.400	15.600			o		
			7024.CX	52.000	63.500	2.352	8.700	14.200	143,9		o	34	
			CB 7024.CX	52.000	44.500	1.648	11.300	18.400			o		
			7024.E	108.000	113.000	4.185	7.200	10.800	144,9		o	49	
			CB 7024.E	108.000	79.100	2.930	9.300	14.000			o		
			7024.EX	49.000	59.000	2.185	7.800	12.700	143,9		o	49	
			CB 7024.EX	49.000	41.300	1.530	10.100	16.500			o		
	215	40	7224.C	200.000	195.000	7.222	7.000	10.500	160,5			43	MBA 120
			7224.E	190.000	185.000	6.852	6.300	9.400				60	

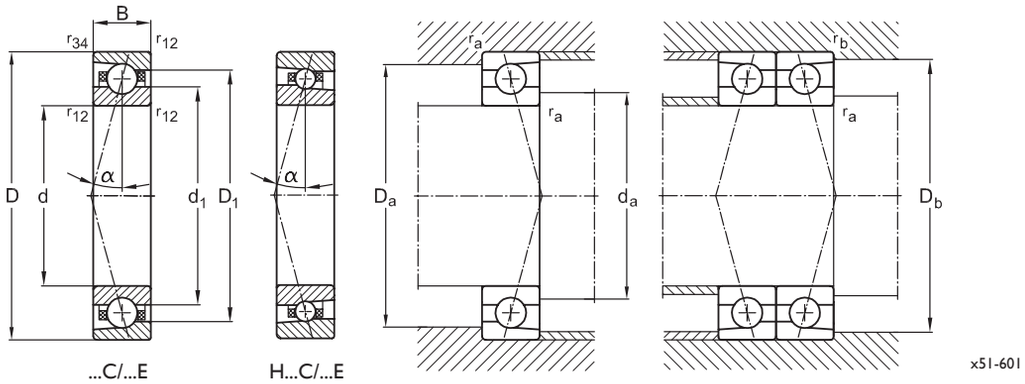
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
120	150	16	71824.C	129,8	140,6	1,0	0,3	0,555	126,5	142,0	143,8	1,0	0,3
			CB 71824.C					0,511					
			71824.E	129,8	140,6	1,0	0,3	0,555	126,5	142,0	143,8	1,0	0,3
			CB 71824.E					0,511					
	165	22	71924.C	135,5	149,7	1,1	0,6	1,160	128,0	158,0	159,8	1,1	0,6
			CB 71924.C					1,067					
			71924.CX	135,5	149,7	1,1	0,6	1,160	128,0	158,0	159,8	1,1	0,6
			CB 71924.CX					1,067					
			71924.E	135,5	149,7	1,1	0,6	1,160	128,0	158,0	159,8	1,1	0,6
			CB 71924.E					1,067					
			71924.EX	135,5	149,7	1,1	0,6	1,160	128,0	158,0	159,8	1,1	0,6
			CB 71924.EX					1,067					
	180	28	7024.C	140,6	159,6	2,0	1,0	2,200	131,0	170,4	173,8	2,0	1,0
			CB 7024.C					2,024					
			7024.CX	142,8	155,2	2,0	2,0	2,300	131,0	170,4	173,8	2,0	2,0
			CB 7024.CX					2,116					
			7024.E	140,6	159,6	2,0	1,0	2,200	131,0	170,4	173,8	2,0	1,0
			CB 7024.E					2,024					
			7024.EX	142,8	155,2	2,0	2,0	2,300	131,0	170,4	173,8	2,0	2,0
			CB 7024.EX					2,116					
	215	40	7224.C	153,9	182,8	2,1	1,1	5,700	141,0	194,0	194,0	2,1	1,1
			7224.E					5,700					

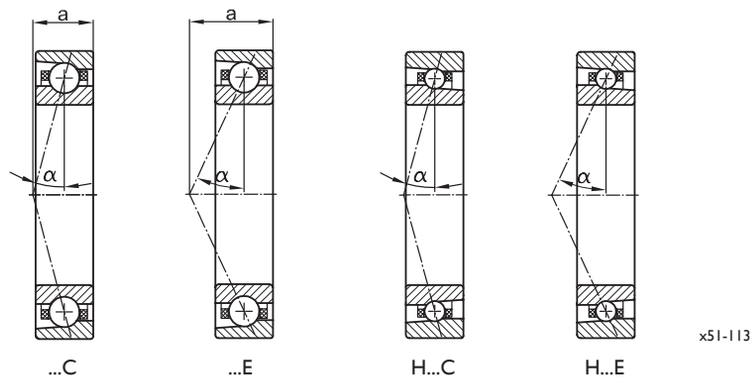
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
130	165	18	71826.C	39.500	68.500	2.537	7.000	10.500	143,8			29	MBA 130
			CB 71826.C	39.500	48.000	1.778	9.100	13.600					
			71826.E	37.000	64.500	2.389	6.300	9.400	143,8			43	
			CB 71826.E	37.000	45.200	1.674	8.100	12.200					
	180	24	71926.C	80.000	93.000	3.444	7.700	11.500	150,8		o	34	MBA 130
			CB 71926.C	80.000	65.100	2.411	10.000	14.900			o		
			71926.E	76.000	88.000	3.259	6.900	10.300	150,8		o	48	
			CB 71926.E	76.000	61.600	2.281	8.900	13.300			o		
	200	33	7026.C	145.000	152.000	5.630	6.000	9.000	159,1		o	39	MBA 130
			CB 7026.C	145.000	106.400	3.941	7.800	11.700			o		
			7026.E	140.000	145.000	5.370	5.400	8.100	159,1		o	55	
			CB 7026.E	140.000	101.500	3.759	7.000	10.500			o		
	230	40	7226.C	206.000	209.000	7.741	6.500	9.800	171,8			44	MBA 130
			7226.E	196.000	200.000	7.410	5.800	8.800				62	
140	175	18	71828.C	45.800	79.500	2.944	6.500	10.000	153,0			30	MBA 140
			CB 71828.C	45.800	55.700	2.063	8.400	13.000					
			71828.E	43.000	75.500	2.796	5.800	9.000	153,0			46	
			CB 71828.E	43.000	52.900	1.959	7.500	11.700					
	190	24	71928.C	82.000	97.000	3.593	7.100	10.900	179,1		o	38	MBA 140
			CB 71928.C	82.000	67.900	2.515	9.200	14.100			o		
			71928.E	77.000	92.000	3.407	6.300	9.800	179,1		o	51	
			CB 71928.E	77.000	64.400	2.385	8.100	12.700			o		
	210	33	7028.C	135.000	148.000	5.481	6.800	10.200	169,4		o	40	MBA 140
			CB 7028.C	135.000	103.600	3.837	8.800	13.200			o		
			7028.E	127.000	140.000	5.185	6.100	9.100	169,4		o	58	
			CB 7028.E	127.000	98.000	3.630	7.900	11.800			o		
	250	42	7228.C	238.000	254.000	9.407	6.000	9.000	184,6			47	MBA 140
			7228.E	226.000	242.000	8.963	5.400	8.100				66	

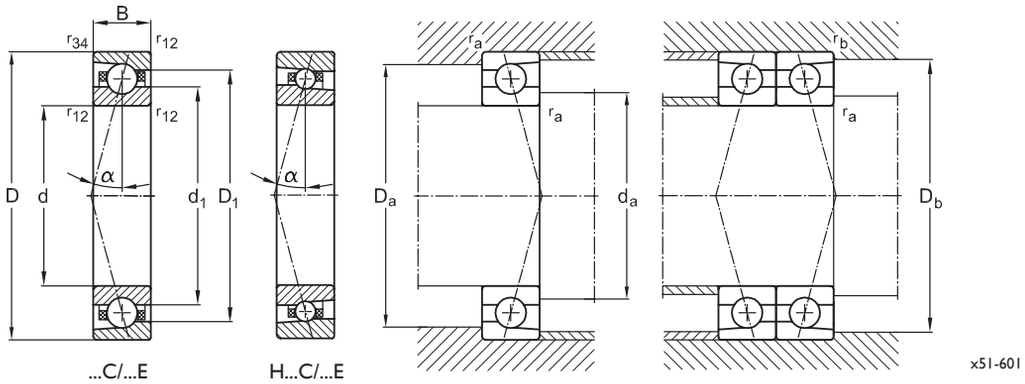
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptab-messungen			Basiskurz-zeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
130	165	18	71826.C	142,0	153,1	1,1	0,6	0,780	138,0	154,5	156,8	1,1	0,6
			CB 71826.C					0,718					
			71826.E	142,0	153,1	1,1	0,6	0,780	138,0	154,5	156,8	1,1	0,6
			CB 71826.E					0,718					
	180	24	71926.C	147,2	163,0	1,1	0,6	1,550	139,0	171,0	173,8	1,1	0,6
			CB 71926.C					1,426					
			71926.E	147,2	163,0	1,1	0,6	1,550	139,0	171,0	173,8	1,1	0,6
			CB 71926.E					1,426					
	200	33	7026.C	154,4	175,8	2,0	1,0	3,350	142,0	190,0	194,0	2,0	1,0
			CB 7026.C					3,082					
			7026.E	154,4	175,8	2,0	1,0	3,350	142,0	190,0	194,0	2,0	1,0
			CB 7026.E					3,082					
	230	40	7226.C	164,8	195,6	3,0	1,1	6,400	149,0	211,0	211,0	3,0	1,1
			7226.E					6,400					
140	175	18	71828.C	151,5	163,9	1,1	0,6	0,800	148,0	165,0	166,8	1,1	0,6
			CB 71828.C					0,736					
			71828.E	151,5	163,9	1,1	0,6	0,800	148,0	165,0	166,8	1,1	0,6
			CB 71828.E					0,736					
	190	24	71928.C	157,2	173,0	1,1	0,6	1,620	149,0	181,0	183,8	1,1	0,6
			CB 71928.C					1,490					
			71928.E	157,2	173,0	1,1	0,6	1,620	149,0	181,0	183,8	1,1	0,6
			CB 71928.E					1,490					
	210	33	7028.C	164,4	185,8	2,0	1,0	3,600	152,0	202,0	204,0	2,0	1,0
			CB 7028.C					3,312					
			7028.E	164,4	185,8	2,0	1,0	3,600	152,0	202,0	204,0	2,0	1,0
			CB 7028.E					3,312					
	250	42	7228.C	177,0	212,7	3,0	1,1	8,000	164,0	226,0	226,0	3,0	1,1
			7228.E					8,000					

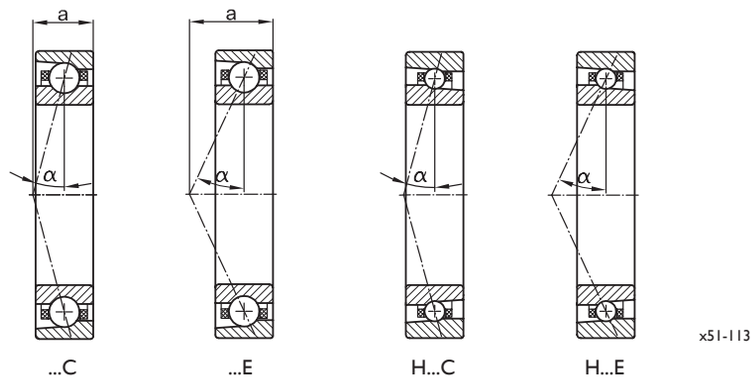
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
150	190	20	71830.C	52.500	92.300	3.419	6.000	9.300	165,5			33	MBA 150
			CB 71830.C	52.500	64.700	2.396	7.800	12.000					
			71830.E	49.000	87.500	3.241	5.400	8.300	165,5			50	
			CB 71830.E	49.000	61.300	2.270	7.000	10.700					
	210	28	71930.C	105.000	125.000	4.630	6.500	10.000	174,3		o	40	MBA 150
			CB 71930.C	105.000	87.500	3.241	8.400	13.000			o		
			71930.E	100.000	118.000	4.370	5.800	9.000	174,3		o	56	
			CB 71930.E	100.000	82.600	3.059	7.500	11.700			o		
	225	35	7030.C	153.000	170.000	6.296	6.200	9.400	181,6		o	43	MBA 150
			CB 7030.C	153.000	119.000	4.407	8.000	12.200			o		
			7030.E	145.000	162.000	6.000	5.500	8.400	181,6		o	62	
			CB 7030.E	145.000	113.400	4.200	7.100	10.900			o		
160	200	20	71832.C	56.500	73.000	2.704	5.500	8.300	177,6			34	MBA 160
			CB 71832.C	56.500	51.100	1.893	7.100	10.700					
			71832.E	53.500	67.500	2.500	4.900	7.400	177,6			52	
			CB 71832.E	53.500	47.300	1.752	6.300	9.600					
	220	28	71932.C	110.000	135.000	5.000	6.300	9.500	184,5		o	41	MBA 160
			CB 71932.C	110.000	94.500	3.500	8.100	12.300			o		
			71932.E	102.000	127.000	4.704	5.600	8.500	184,5		o	58	
			CB 71932.E	102.000	88.900	3.293	7.200	11.000			o		
	240	38	7032.C	173.000	195.000	7.222	5.800	8.800	193,6		o	46	MBA 160
			CB 7032.C	173.000	136.500	5.056	7.500	11.400			o		
			7032.E	165.000	185.000	6.852	5.200	7.900	193,6		o	66	
			CB 7032.E	165.000	129.500	4.796	6.700	10.200			o		
170	215	22	71834.C	67.800	87.500	3.241	5.000	7.600	188,7			37	MBA 170
			CB 71834.C	67.800	61.300	2.270	6.500	9.800					
			71834.E	63.500	81.000	3.000	4.500	6.800	188,7			56	
			CB 71834.E	63.500	56.700	2.100	5.800	8.800					
	230	28	71934.C	115.000	150.000	5.556	5.800	8.900	194,7		o	45	MBA 170
			CB 71934.C	115.000	105.000	3.889	7.500	11.500			o		
			71934.E	110.000	145.000	5.370	5.200	8.000	194,7		o	61	
			CB 71934.E	110.000	101.500	3.759	6.700	10.400			o		
	260	42	7034.C	205.000	235.000	8.704	5.500	8.400	207,4			50	MBA 170
			CB 7034.C	205.000	164.500	6.093	7.100	10.900					
			7034.E	195.000	225.000	8.333	4.900	7.500	207,4			71	
			CB 7034.E	195.000	157.500	5.833	6.300	9.700					

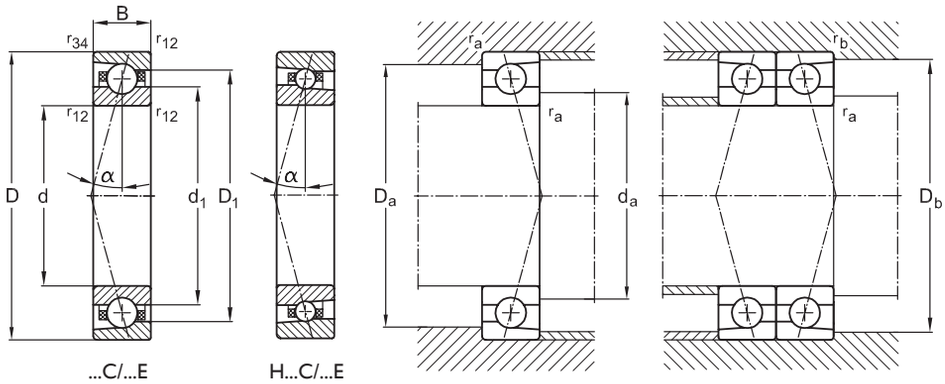
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Abmessungen d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	Gewicht m	Anschlussmaße $d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
150	190	20	71830.C	163,5	176,7	1,1	0,6	1,150	159,0	179,0	180,7	1,1	0,6
			CB 71830.C					1,058					
			71830.E	163,5	176,7	1,1	0,6	1,150	159,0	179,0	180,7	1,1	0,6
			CB 71830.E					1,058					
	210	28	71930.C	170,6	189,6	1,1	1,0	2,550	160,0	200,0	203,7	1,1	1,0
			CB 71930.C					2,346					
			71930.E	170,6	189,6	1,1	1,0	2,550	160,0	200,0	203,7	1,1	1,0
			CB 71930.E					2,346					
	225	35	7030.C	176,2	199,1	2,1	1,0	4,320	163,0	214,0	218,0	2,1	1,0
			CB 7030.C					3,974					
			7030.E	176,2	199,1	2,1	1,0	4,320	163,0	214,0	218,0	2,1	1,0
			CB 7030.E					3,974					
160	200	20	71832.C	174,4	186,0	1,1	0,6	1,250	170,0	188,0	190,0	1,1	0,6
			CB 71832.C					1,150					
			71832.E	174,4	186,0	1,1	0,6	1,250	170,0	188,0	190,0	1,1	0,6
			CB 71832.E					1,150					
	220	28	71932.C	180,6	199,6	1,1	1,0	2,750	170,0	210,0	213,6	1,1	1,0
			CB 71932.C					2,530					
			71932.E	180,6	199,6	1,1	1,0	2,750	170,0	210,0	213,6	1,1	1,0
			CB 71932.E					2,530					
	240	38	7032.C	187,8	212,4	2,1	1,0	5,000	174,0	230,0	232,0	2,1	1,0
			CB 7032.C					4,600					
			7032.E	187,8	212,4	2,1	1,0	5,000	174,0	230,0	232,0	2,1	1,0
			CB 7032.E					4,600					
170	215	22	71834.C	185,3	200,0	1,1	0,6	1,650	181,0	202,1	204,0	1,1	0,6
			CB 71834.C					1,518					
			71834.E	185,3	200,0	1,1	0,6	1,650	181,0	202,1	204,0	1,1	0,6
			CB 71834.E					1,518					
	230	28	71934.C	190,6	209,6	1,1	1,0	2,700	180,0	220,0	223,6	1,1	1,0
			CB 71934.C					2,484					
			71934.E	190,6	209,6	1,1	1,0	2,700	180,0	220,0	223,6	1,1	1,0
			CB 71934.E					2,484					
	260	42	7034.C	201,2	229,1	2,1	1,1	6,800	185,0	249,0	252,8	2,1	1,1
			CB 7034.C					6,256					
			7034.E	201,2	229,1	2,1	1,1	6,800	185,0	249,0	252,8	2,1	1,1
			CB 7034.E					6,256					

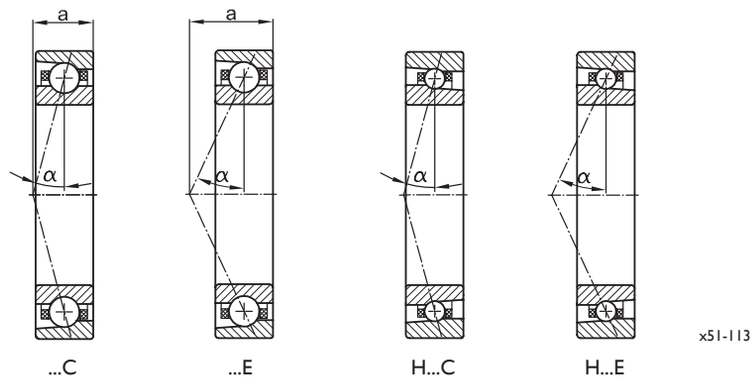
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
180	225	22	71836.C	70.800	92.600	3.430	4.900	7.100	199,8			38	MBA 180
			CB 71836.C	70.800	64.900	2.404	6.300	9.200					
			71836.E	66.500	86.000	3.185	4.400	6.300	199,8			58	
			CB 71836.E	66.500	60.200	2.230	5.700	8.100					
	250	33	71936.C	150.000	186.000	6.889	5.500	8.300	208,8		o	47	MBA 180
			CB 71936.C	150.000	130.200	4.822	7.100	10.700			o		
			71936.E	140.000	176.000	6.519	4.900	7.400	208,8		o	65	
			CB 71936.E	140.000	123.200	4.563	6.300	9.600			o		
	280	46	7036.C	230.000	278.000	10.296	5.200	7.800	222,0			54	MBA 180
			CB 7036.C	230.000	194.600	7.207	6.700	10.100					
			7036.E	218.000	265.000	9.815	4.600	7.000	222,0			77	
			CB 7036.E	218.000	185.500	6.870	5.900	9.100					
190	240	24	71838.C	81.000	108.500	4.019	4.600	6.800	210,9			41	MBA 190
			CB 71838.C	81.000	76.000	2.815	5.900	8.800					
			71838.E	76.000	101.000	3.741	4.100	6.100	210,9			62	
			CB 71838.E	76.000	70.700	2.619	5.300	7.900					
	260	33	71938.C	150.000	195.000	7.222	5.300	7.900	219,1		o	51	MBA 190
			CB 71938.C	150.000	136.500	5.056	6.800	10.200			o		
			71938.E	140.000	185.000	6.852	4.700	7.100	219,1		o	69	
			CB 71938.E	140.000	129.500	4.796	6.100	9.200			o		
	290	46	7038.C	250.000	310.000	11.481	5.000	7.500	232,3			55	MBA 190
			CB 7038.C	250.000	217.000	8.037	6.500	9.700					
			7038.E	235.000	295.000	10.926	4.500	6.700	232,3			79	
			CB 7038.E	235.000	206.500	7.648	5.800	8.700					
200	250	24	71840.C	81.000	113.500	4.204	4.400	6.500	222,0			42	MBA 200
			CB 71840.C	81.000	79.500	2.944	5.700	8.400					
			71840.E	76.000	105.500	3.907	3.900	5.800	222,0			64	
			CB 71840.E	76.000	73.900	2.737	5.000	7.500					
	280	38	71940.C	206.000	257.000	9.519	4.200	6.200	232,8			54	MBA 200
			CB 71940.C	206.000	179.900	6.663	5.400	8.000					
			71940.E	195.000	242.000	8.963	3.700	5.500	232,8			75	
			CB 71940.E	195.000	196.400	6.274	4.800	7.100					
	310	51	7040.C	267.000	342.000	12.667	4.600	6.900	246,3			60	MBA 200
			7040.E	255.000	328.000	12.148	4.100	6.200				85	

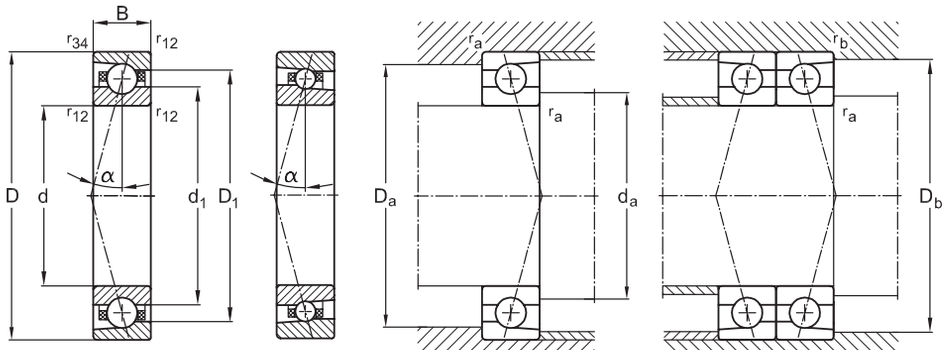
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



...C/...E H...C/...E

Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Abmessungen d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	Gewicht m	Anschlussmaße $d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
180	225	22	71836.C	196,2	209,3	1,1	0,6	1,730	191,0	211,5	214,0	1,1	0,6
			CB 71836.C					1,592					
			71836.E	196,2	209,3	1,1	0,6	1,730	191,0	211,5	214,0	1,1	0,6
			CB 71836.E					1,592					
	250	33	71936.C	204,4	225,8	1,1	1,0	4,180	192,0	240,0	243,6	1,1	1,0
			CB 71936.C					3,846					
			71936.E	204,4	225,8	1,1	1,0	4,180	192,0	240,0	243,6	1,1	1,0
			CB 71936.E					3,846					
	280	46	7036.C	215,4	244,8	2,1	1,1	9,000	196,0	268,5	273,0	2,1	1,1
			CB 7036.C					8,280					
			7036.E	215,4	244,8	2,1	1,1	9,000	196,0	268,5	273,0	2,1	1,1
			CB 7036.E					8,280					
190	240	24	71838.C	207,1	223,2	1,1	0,6	2,250	202,0	225,6	228,0	1,1	0,6
			CB 71838.C					2,070					
			71838.E	207,1	223,2	1,1	0,6	2,250	202,0	225,6	228,0	1,1	0,6
			CB 71838.E					2,070					
	260	33	71938.C	214,4	235,8	2,1	1,0	4,450	202,0	250,0	253,6	2,1	1,0
			CB 71938.C					4,094					
			71938.E	214,4	235,8	2,1	1,0	4,450	202,0	250,0	253,6	2,1	1,0
			CB 71938.E					4,094					
	290	46	7038.C	225,4	254,5	2,1	1,1	9,350	207,0	279,0	283,5	2,1	1,1
			CB 7038.C					8,602					
			7038.E	225,4	254,5	2,1	1,1	9,350	207,0	279,0	283,5	2,1	1,1
			CB 7038.E					8,602					
200	250	24	71840.C	218,0	232,5	1,5	0,6	2,330	212,0	235,0	237,0	1,5	0,6
			CB 71840.C					2,144					
			71840.E	218,0	232,5	1,5	0,6	2,330	212,0	235,0	237,0	1,5	0,6
			CB 71840.E					2,144					
	280	38	71940.C	227,8	252,4	2,1	1,1	6,200	214,0	268,0	273,0	2,1	1,1
			CB 71940.C					5,704					
			71940.E	227,8	252,4	2,1	1,1	6,200	214,0	268,0	273,0	2,1	1,1
			CB 71940.E					5,704					
	310	51	7040.C	238,9	271,4	2,1	1,1	12,000	218,0	297,5	303,5	2,1	1,1
			7040.E					12,000					

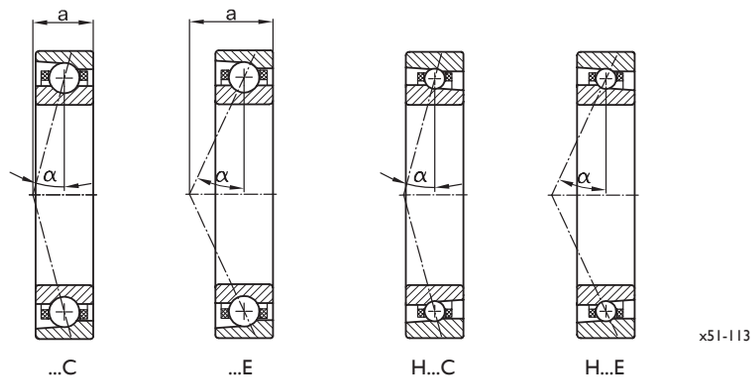
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
220	270	24	71844.C	83.000	118.000	4.370	4.000	5.800	244,2			45	MBA 220
			CB 71844.C	83.000	82.600	3.059	5.200	7.500					
			71844.E	78.000	110.000	4.074	3.600	5.200	244,2			69	
			CB 71844.E	78.000	77.000	2.852	4.600	6.700					
	300	38	71944.C	218.000	287.000	10.630	3.800	5.500	253,2			56	MBA 220
			CB 71944.C	218.000	200.900	7.441	4.900	7.100					
			71944.E	206.000	272.000	10.074	3.400	4.900	253,2			80	
			CB 71944.E	206.000	190.400	7.052	4.400	6.300					
	340	56	7044.C	325.000	440.000	16.296	3.300	5.000	272,1			66	MBA 220
			7044.E	310.000	417.000	15.444	2.900	4.500				92	
240	300	28	71848.C	106.500	151.000	5.593	3.500	5.200	266,4			50	MBA 240
			CB 71848.C	106.500	105.700	3.915	4.500	6.700					
			71848.E	99.000	141.000	5.222	3.100	4.600	266,4			77	
			CB 71848.E	99.000	98.700	3.656	4.000	5.900					
	320	38	71948.C	225.000	312.000	11.556	3.300	4.900	273,6			60	MBA 240
			CB 71948.C	225.000	218.400	8.089	4.200	6.300					
			71948.E	214.000	287.000	10.630	2.900	4.400	273,6			84	
			CB 71948.E	214.000	200.900	7.441	3.700	5.700					
	360	56	7048.C	335.000	465.000	17.222	3.200	4.700	296,9			73	MBA 240
			7048.E	315.000	440.000	16.296	2.800	4.200				100	
260	320	28	71852.C	109.200	157.000	5.815	3.300	4.900	288,6			65	MBA 260
			CB 71852.C	109.200	109.900	4.070	4.200	6.300					
			71852.E	100.500	147.600	5.467	2.900	4.400	288,6			95	
			CB 71852.E	100.500	103.400	3.830	3.700	5.700					
	360	46	71952.C	284.500	414.000	15.333	3.100	4.600	275,9			68	MBA 260
			CB 71952.C	284.500	289.800	10.733	4.000	5.900					
			71952.E	275.000	385.000	14.259	2.700	4.100	275,9			95	
			CB 71952.E	275.000	269.500	9.981	3.500	5.300					

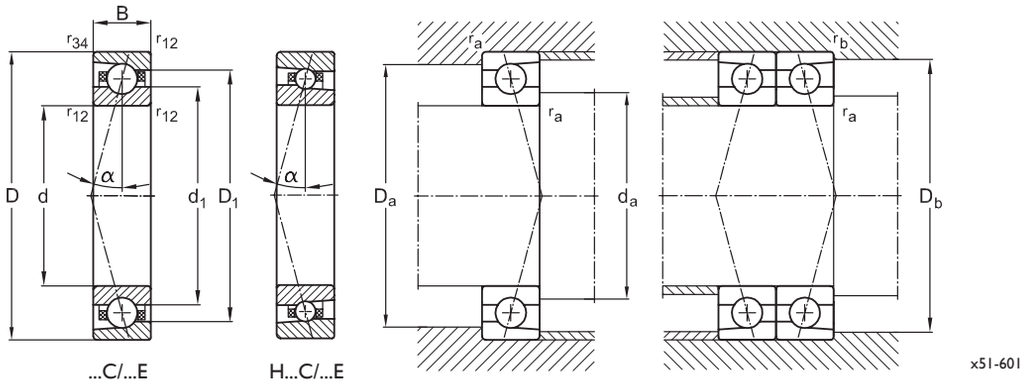
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
220	270	24	71844.C	239,8	251,1	1,5	0,6	2,540	234,0	253,8	256,0	1,5	0,6
			CB 71844.C					2,337					
			71844.E	239,8	251,1	1,5	0,6	2,540	234,0	253,8	256,0	1,5	0,6
			CB 71844.E					2,337					
	300	38	71944.C	247,8	272,5	2,1	1,1	6,800	236,0	282,0	286,6	2,1	1,1
			CB 71944.C					6,256					
			71944.E	247,8	272,5	2,1	1,1	6,800	236,0	282,0	286,6	2,1	1,1
			CB 71944.E					6,256					
	340	56	7044.C	264,0	289,0	3,0	1,1	16,000	239,0	321,0	329,0	3,0	1,1
			7044.E					16,000					
240	300	28	71848.C	261,6	279,0	1,5	0,6	4,000	255,0	282,0	285,0	1,5	0,6
			CB 71848.C					3,680					
			71848.E	261,6	279,0	1,5	0,6	4,000	255,0	282,0	285,0	1,5	0,6
			CB 71848.E					3,680					
	320	38	71948.C	267,8	292,4	2,1	1,1	7,200	257,0	301,0	305,6	2,1	1,1
			CB 71948.C					6,624					
			71948.E	267,8	292,4	2,1	1,1	7,200	257,0	301,0	305,6	2,1	1,1
			CB 71948.E					6,624					
	360	56	7048.C	288,0	306,0	3,0	1,1	17,100	260,0	341,0	348,0	3,0	1,1
			7048.E					17,100					
260	320	28	71852.C	283,4	297,6	1,5	0,6	4,400	276,0	300,8	304,0	1,5	0,6
			CB 71852.C					4,048					
			71852.E	283,4	297,6	1,5	0,6	4,400	276,0	300,8	304,0	1,5	0,6
			CB 71852.E					4,048					
	360	46	71952.C	270,0	349,2	2,1	1,1	12,200	283,0	341,0	345,0	2,1	1,1
			CB 71952.C					11,224					
			71952.E	270,0	349,2	2,1	1,1	12,200	283,0	341,0	345,0	2,1	1,1
			CB 71952.E					11,224					

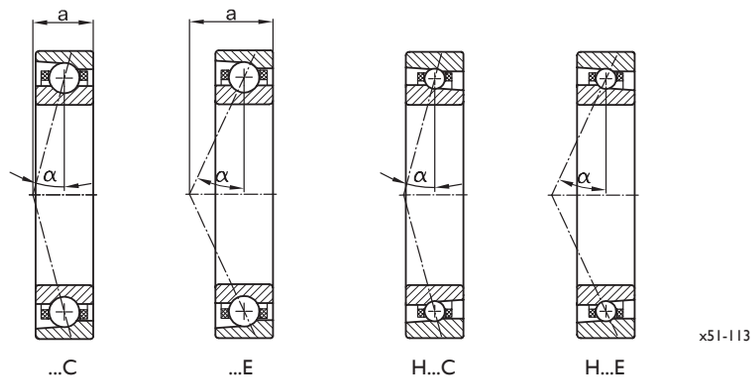
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung C_U (radial)	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Abdichtung	Stützweite a	Präzisionsspannmutter
mm				N		N	min^{-1}		mm			mm	
280	350	33	71856.C	142.000	201.000	7.444	3.000	4.500	310,8			67	MBA 280
			CB 71856.C	142.000	140.700	5.211	3.900	5.800					
			71856.E	128.000	191.000	7.074	2.700	4.000	310,8			100	
			CB 71856.E	128.000	133.700	4.952	3.500	5.200					
	380	46	71956.C	300.000	450.000	16.667	2.700	4.100	296,3			70	MBA 280
			CB 71956.C	300.000	315.000	11.667	3.500	5.300					
			71956.E	280.000	425.000	15.741	2.400	3.600	296,3			104	
			CB 71956.E	280.000	297.500	11.019	3.100	4.600					
300	380	38	71860.C	184.500	245.000	9.074	2.800	4.300	333,0			76	MBA 300
			CB 71860.C	184.500	171.500	6.352	3.600	5.500					
			71860.E	167.000	235.000	8.704	2.500	3.800	333,0			112	
			CB 71860.E	167.000	164.500	6.093	3.200	4.900					
	420	56	71960.C	361.000	572.000	21.185	2.500	3.900	321,9			83	MBA 300
			71960.E	341.000	541.000	20.037	2.200	3.500				119	
320	400	38	71864.C	189.500	252.300	9.344	2.600	4.100	355,2			79	MBA 320
			CB 71864.C	189.500	176.700	6.544	3.300	5.300					
			71864.E	170.500	241.000	8.926	2.300	3.600	355,2			117	
			CB 71864.E	170.500	168.700	6.248	2.900	4.600					
	440	56	71964.C	377.000	622.000	23.037	2.500	3.900	342,3			97	MBA 320
			71964.E	357.000	587.000	21.741	2.200	3.500				134	
340	460	56	71968.C	383.000	645.000	23.889	2.400	3.800	362,8			112	MBA 340
			71968.E	362.000	612.000	22.667	2.100	3.400				150	
360	480	56	71972.C	395.000	698.000	25.852	2.200	3.500	383,2			127	MBA 360
			71972.E	377.000	644.000	23.852	1.900	3.100				155	

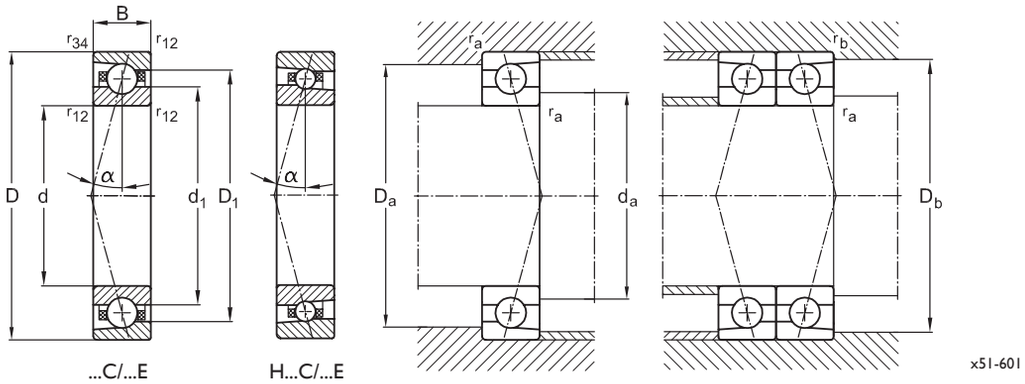
718 C/E
CB 718 C/E

719 C/E
CB 719 C/E
H 719 C/E
CBH 719 C/E

70 C/E
CB 70 C/E
H 70 C/E
CBH 70 C/E

72 C/E
CB 72 C/E

73 C/E



Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen				Gewicht	Anschlussmaße				
d	D	B		d_1	D_1	r_{12min}	r_{34min}	m	$d_{a,min}$	$D_{a,max}$	$D_{b,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
mm				mm				kg	mm				
280	350	33	71856.C	305,2	325,5	1,5	0,6	5,300	297,0	329,0	332,0	1,5	0,6
			CB 71856.C					4,876					
			71856.E	305,2	325,5	1,5	0,6	5,300	297,0	329,0	332,0	1,5	0,6
			CB 71856.E					4,876					
	380	46	71956.C	290,0	368,6	2,1	1,1	13,000	304,0	360,0	364,8	2,1	1,1
			CB 71956.C					11,960					
			71956.E	290,0	368,6	2,1	1,1	13,000	304,0	360,0	364,8	2,1	1,1
			CB 71956.E					11,960					
300	380	38	71860.C	327,0	353,4	2,1	1,0	5,800	318,0	357,2	361,0	2,1	1,0
			CB 71860.C					5,336					
			71860.E	327,0	353,4	2,1	1,0	5,800	318,0	357,2	361,0	2,1	1,0
			CB 71860.E					5,336					
	420	56	71960.C	315,0	407,4	3,0	1,1	20,500	327,0	399,0	403,0	3,0	1,1
			71960.E					20,500					
320	400	38	71864.C	348,8	372,0	2,1	1,0	6,100	340,0	376,0	380,0	2,1	1,0
			CB 71864.C					5,612					
			71864.E	348,8	372,0	2,1	1,0	6,100	340,0	376,0	380,0	2,1	1,0
			CB 71864.E					5,612					
	440	56	71964.C	335,0	426,8	3,0	1,1	21,600	348,0	419,0	423,0	3,0	1,1
			71964.E					21,600					
340	460	56	71968.C	335,0	446,2	3,0	1,1	22,800	371,0	437,0	441,0	3,0	1,1
			71968.E					22,800					
360	480	56	71972.C	375,0	465,6	3,0	1,1	24,000	392,0	457,0	461,0	3,0	1,1
			71972.E					24,000					

2.4 Vorspannung und Steifigkeit

Selten werden auf Werkzeugmaschinen nur identische Teile hergestellt, wonach die Werkstück- und Werkzeugspindeln ausgelegt werden könnten. Vielmehr orientiert sich die Auslegung einer Spindellagerung an einer bestimmten Werkstückbearbeitung.

Bei satzweisem Einbau von Hochpräzisions-Schrägkugellagern bestimmt die eingeschliffene Vorspannung wesentlich das Drehzahl-, Wärme- und Steifigkeitsverhalten. Hohe Drehzahl und Steifigkeit stellen dabei gegensätzliche Eigenschaften dar, sodass es gilt, einen optimalen Kompromiss zu finden.

Besonders anspruchsvolle Wälzlagerungen sind auch schon über hydraulische Einrichtungen mit verstellbaren Vorspannungen aufwendig realisiert worden.

Um verschiedenen Anforderungen gerecht zu werden, wurden die Hochpräzisions-Schrägkugellager daher nicht nur mit unterschiedlich großen Wälzkörpern und damit Tragzahlen, sondern auch mit verschiedenen Vorspannungen entwickelt.

Die standardmäßig vorgesehenen Vorspannungen sind mit X für extra leichte, L für leichte, M für mittlere und H für hohe Vorspannung gekennzeichnet. Diese Abstufung wird der weit überwiegenden Zahl von Anwendungen gerecht.

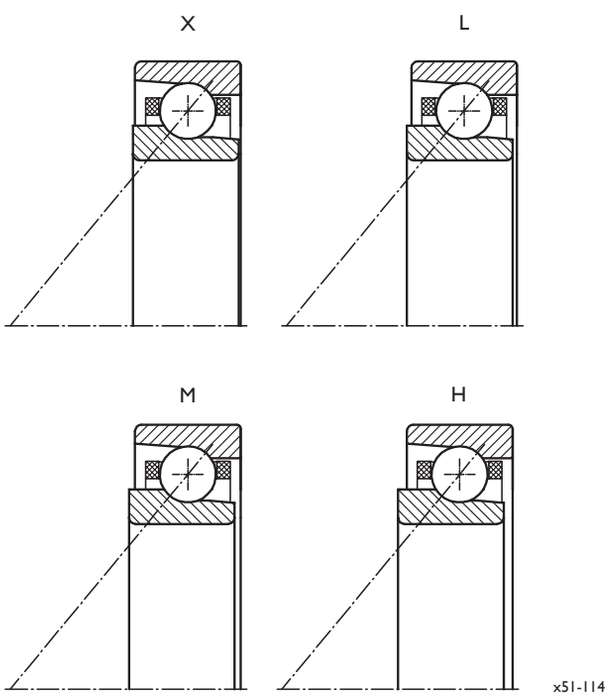


Bild 2.6: Vorspannung von IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagern

Die Vorspannung eines Hochpräzisions-Schrägkugellagers ist als die axiale Kraft definiert, welche aufgewendet werden muss, um die im ungespannten Zustand eines einzelnen Wälzlagers leicht gegeneinander versetzt stehenden Ringe auf gleiche Höhe zu bringen. Das Wälzlager verformt sich dabei elastisch, jedoch ohne einen Schaden zu erleiden.

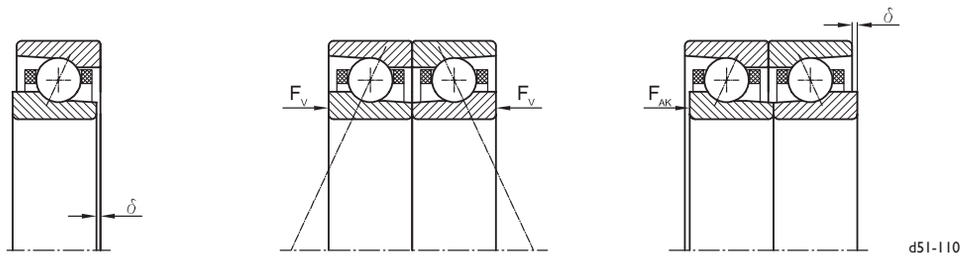
Der Kehrwert der Lagerelastizität ist die Steifigkeit. Sie gibt die Widerstandskraft eines vorgespannten Wälzlagers in Newton über dessen Federweg in µm an. Vorspannung und Steifigkeit bedingen einander. Typischerweise steigt die Steifigkeit der Wälzlager nicht linear mit der Vorspannung an. Die axiale und radiale Steifigkeit eines Schrägkugellagerpaares ist sowohl von der Vorspannung als auch vom Berührungswinkel abhängig.

Die Tabellenwerte nennen die axiale Steifigkeit S_a und die radiale Steifigkeit S_r des einzelnen Schrägkugellagers. Die gleichen Werte gelten für ein Paar gegeneinanderstehender, gleichartiger Schrägkugellager. Zur Berechnung der Vorspannung und Steifigkeit weiterer Sätze von Hochpräzisions-Schrägkugellagern sind im Kapitel 2.7 (IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze) die entsprechenden Faktoren genannt.

Die Vorspannung beansprucht die Hochpräzisions-Wälzlager in gleicher Weise wie äußere axiale Kräfte. Bei der Dimensionierung der Wälzlagerung ist oftmals ein sinnvoller Kompromiss zwischen Vorspannung und Steifigkeit einerseits und der erreichbaren Drehzahl und Standzeit andererseits zu finden.

Hochpräzisions-Hybridwälzlager haben aufgrund ihrer geringeren statischen Tragfähigkeit der keramischen Wälzkörper im Vergleich zu den Standardlagern gleicher Geometrie etwas geringere Vorspannungen. Da keramische Wälzkörper jedoch eine höhere Härte aufweisen, sind die Steifigkeiten der Hybridlager bei gleicher Vorspannung deutlich erhöht.

In die Werte der axialen und radialen Steifigkeit gehen Parameter ein, die herstellungsbedingten Toleranzen unterliegen. Die tatsächliche Steifigkeit einer Wälzlagerung stellt sich letztendlich erst in der jeweiligen Einbausituation ein.
Aus diesem Grund sind die Werte in den Tabellen gerundet und sollten nur zu Vergleichszwecken unterschiedlicher Hochpräzisions-Schrägkugellager herangezogen werden.



Überstand
δ

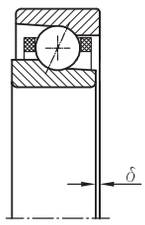
Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

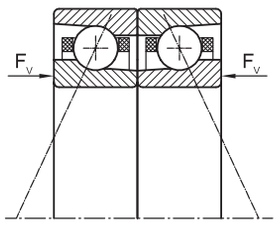
Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
X-706.C	5	4	6	40	14	10	6	8	50	30	22	10	12	55	65	45	14	16	70	130
CBX-706.C	3	2	5	35	7	5	4	7	45	14	12	7	10	50	30	22	9	14	65	65
X-706.E	7	2	12	25	18	14	3	16	35	35	30	6	22	45	85	60	9	30	60	170
CBX-706.E	4	1	12	22	10	7	2	16	30	20	16	4	22	45	45	30	6	30	65	90
X-707.C	6	4	7	45	16	12	6	9	55	35	25	10	14	65	75	55	14	18	85	150
CBX-707.C	3	3	6	40	8	6	4	8	50	16	14	7	12	60	40	25	10	18	80	75
X-707.E	8	2	14	30	22	16	4	20	40	45	35	6	25	50	100	70	9	35	70	200
CBX-707.E	4	1	12	25	12	8	2	18	35	22	18	4	25	50	50	35	6	35	75	100
X-708.C	9	4	8	50	24	18	6	10	65	50	40	10	14	75	110	75	14	22	95	220
CBX-708.C	5	3	7	45	12	9	4	10	60	25	20	7	14	70	55	40	10	20	90	110
X-708.E	10	2	16	35	30	20	4	22	45	55	45	6	30	60	130	90	9	40	80	250
CBX-708.E	5	2	14	30	14	10	2	20	40	30	22	4	30	60	65	45	6	40	85	130
X-709.C	10	4	9	60	30	20	6	12	70	55	45	10	16	85	130	90	16	24	110	250
CBX-709.C	5	3	8	50	14	10	4	10	65	30	22	7	16	80	65	45	10	22	100	130
X-709.E	12	2	18	40	35	24	4	24	50	65	50	6	35	65	150	100	9	45	90	290
CBX-709.E	6	2	16	35	16	12	2	22	45	35	25	4	35	65	75	55	6	45	95	150
X-71900.C	12	2	9	60	30	22	3	12	70	65	50	6	18	90	150	100	10	25	110	290
CBX-71900.C	6	1	8	50	16	12	2	10	65	30	25	4	16	80	75	50	6	22	100	150
X-71900.E	16	2	22	45	45	30	2	30	60	90	70	4	40	80	200	140	6	55	110	400
CBX-71900.E	8	1	20	40	22	16	2	25	55	45	35	3	35	75	100	70	4	50	100	200
X-7000.C	12	4	10	65	35	25	6	14	80	70	55	10	18	95	160	110	16	25	120	320
CBX-7000.C	9	3	9	55	24	18	4	12	75	50	40	7	18	85	110	80	10	24	110	220
X-7000.E	12	2	22	40	35	24	4	25	55	70	55	6	35	75	160	110	10	50	100	310
CBX-7000.E	6	2	18	35	18	12	2	25	50	35	30	4	35	75	80	55	6	50	100	160
7200.C	14	4	9	60	40	25	7	12	75	75	60	10	18	90	170	120	14	24	110	350
7200.E	22	2	22	45	65	45	4	30	55	130	100	6	40	80	280	200	10	55	110	570

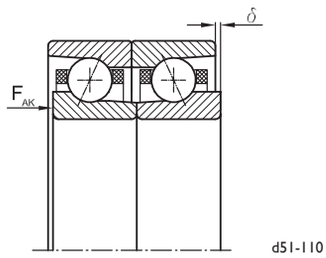
F_v Vorspannkraft eines Wälzlagers
δ Überstand eines Wälzlagers
S_a axiale Steifigkeit bezogen auf ein Lagerpaar in X- oder O-Anordnung
S_r radiale Steifigkeit bezogen auf ein Lagerpaar in X- oder O-Anordnung
F_{AK} Abhebekraft, die zur Entlastung eines Wälzlagers führt



Überstand
δ



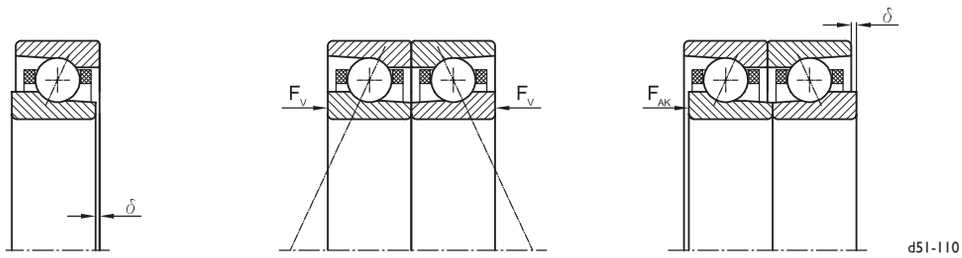
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
X-71901.C	12	2	10	70	35	24	3	14	85	65	50	7	22	110	150	100	10	30	140	300
CBX-71901.C	6	1	9	60	16	12	2	12	80	35	25	4	18	95	75	50	7	25	120	150
X-71901.E	16	2	25	55	45	30	2	35	70	90	70	4	50	95	200	140	7	65	130	410
CBX-71901.E	8	1	24	50	22	16	2	30	65	45	35	3	45	90	100	70	4	60	120	200
X-7001.C	14	4	12	80	35	25	6	16	95	75	60	12	22	110	170	120	16	30	140	340
CBX-7001.C	7	3	10	70	18	14	4	14	85	35	30	7	20	100	85	60	10	30	130	170
X-7001.E	14	2	25	50	40	30	4	35	65	80	65	6	45	90	180	130	10	60	120	350
CBX-7001.E	7	2	22	45	20	14	2	30	60	40	30	4	45	85	90	65	6	65	130	180
7201.C	16	4	12	75	45	30	7	16	90	85	70	10	22	110	190	140	16	30	130	390
7201.E	24	3	25	55	70	50	4	35	70	140	110	7	45	95	310	220	10	65	130	610
X-71902.C	12	2	14	90	35	24	4	18	110	70	55	7	25	130	160	110	10	40	170	310
CBX-71902.C	6	2	12	75	18	12	2	16	95	35	30	5	24	120	80	55	7	35	150	160
X-71902.E	16	2	35	70	45	35	3	45	90	95	75	4	60	120	210	150	7	80	160	430
CBX-71902.E	8	1	30	60	24	16	2	40	80	45	40	3	55	110	110	75	4	75	150	210
7002.C	14	4	16	100	40	30	7	20	120	85	65	12	30	140	190	130	16	40	180	370
CB 7002.C	7	3	14	85	20	14	4	18	110	40	35	8	25	130	95	65	10	35	170	190
7002.CX	9	4	12	80	24	18	6	18	100	50	40	10	22	110	110	80	14	30	140	220
CB 7002.CX	4	2	12	70	12	9	4	16	95	24	20	6	20	100	55	40	9	30	130	110
7002.E	16	3	30	65	50	35	4	40	80	95	75	7	55	110	220	150	10	75	150	430
CB 7002.E	8	2	30	55	24	16	3	40	75	50	40	4	55	110	110	75	7	80	160	220
7002.EX	10	2	25	50	30	20	3	35	65	60	45	6	45	90	130	90	9	60	120	260
CB 7002.EX	5	1	24	45	14	10	2	30	60	30	22	4	40	80	65	45	6	55	110	130
7202.C	18	5	14	90	50	35	7	18	110	100	85	12	25	130	240	170	16	35	170	470
CB 7202.C	12	3	14	90	35	25	5	18	110	75	60	7	25	130	160	120	10	35	170	330
7202.E	30	3	35	65	80	55	4	45	85	160	120	7	60	120	350	250	10	80	160	700
CB 7202.E	20	2	35	220	55	40	3	45	260	110	85	5	60	290	250	170	7	80	360	490



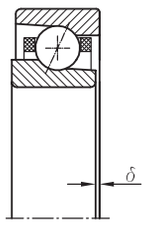
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

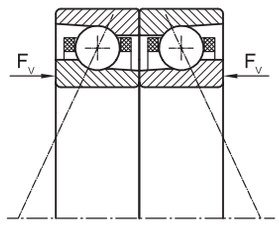
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

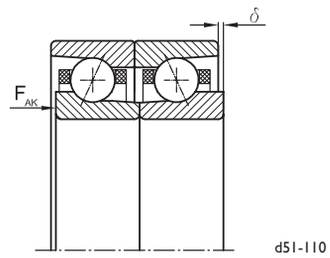
Basiskurzzeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71903.C	12	2	16	100	35	25	4	20	120	75	60	7	30	150	160	120	12	45	190	330
CB 71903.C	6	2	14	85	18	12	2	18	110	35	30	5	25	130	80	60	7	35	170	160
71903.E	18	2	40	75	50	35	3	50	100	100	80	5	65	130	220	160	7	90	180	440
CB 71903.E	9	1	35	70	24	18	2	45	90	50	40	3	60	120	110	80	5	85	170	220
7003.C	16	5	18	110	45	30	7	22	140	90	70	12	30	160	200	140	18	45	200	400
CB 7003.C	8	3	14	95	22	16	5	20	120	45	35	8	30	150	100	70	12	40	190	200
7003.CX	10	4	14	90	25	20	6	20	120	55	45	10	25	130	120	85	14	35	160	240
CB 7003.CX	5	3	12	80	14	10	4	18	110	25	22	7	24	120	60	45	9	35	150	120
7003.E	20	3	35	70	55	40	4	45	90	110	85	7	65	130	250	170	10	85	170	490
CB 7003.E	10	2	30	65	25	20	3	45	85	55	45	5	60	120	120	85	7	90	180	250
7003.EX	12	2	30	55	35	24	4	35	75	65	50	6	50	100	150	100	9	70	140	300
CB 7003.EX	6	1	25	50	16	12	2	35	70	35	25	4	45	90	75	50	6	65	130	150
7203.C	22	5	16	100	60	40	8	22	130	120	95	12	30	150	270	190	18	40	190	540
CB 7203.C	14	3	14	95	40	30	5	20	120	85	65	8	30	150	190	130	12	40	190	380
7203.E	30	3	40	75	85	60	4	50	100	170	140	7	65	130	390	280	12	90	180	780
CB 7203.E	22	2	35	65	60	45	3	45	90	120	95	5	65	130	270	190	7	95	190	550
71904.C	14	3	18	120	40	30	4	24	140	80	65	8	35	180	180	130	12	50	230	360
CB 71904.C	7	2	16	100	20	14	3	22	130	40	30	5	30	160	90	65	8	45	200	180
71904.E	20	2	45	90	55	40	3	60	120	110	85	5	80	160	240	170	7	110	220	480
CB 71904.E	10	1	40	85	25	20	2	55	110	55	45	3	75	150	120	85	5	100	200	240
7004.C	18	5	20	130	50	35	7	25	160	100	80	12	35	190	230	160	18	55	240	460
CB 7004.C	9	3	18	110	25	18	5	24	150	50	40	8	35	170	120	80	12	50	220	230
7004.CX	10	4	16	100	30	22	6	24	140	60	50	10	30	150	140	100	16	40	190	280
CB 7004.CX	5	3	14	95	16	10	4	22	130	30	24	7	25	140	70	50	10	40	170	140
7004.E	24	3	40	85	65	45	4	55	110	130	110	7	75	150	300	210	12	100	200	600
CB 7004.E	12	2	35	75	35	24	3	50	100	65	55	5	75	150	150	110	7	100	210	300
7004.EX	14	2	35	65	40	30	4	45	85	80	65	6	60	120	180	130	10	80	160	360
CB 7004.EX	7	2	30	60	20	14	2	40	80	40	30	4	55	110	90	65	6	75	150	180
7204.C	25	5	18	120	75	50	8	25	150	150	120	12	35	180	330	230	18	50	220	650
CB 7204.C	18	3	18	110	50	35	5	24	150	100	80	8	35	170	230	160	12	50	220	460
7204.E	35	3	45	90	100	70	5	55	110	200	160	8	80	160	460	330	12	110	210	920
CB 7204.E	25	2	40	80	70	50	3	55	110	140	110	5	75	150	320	230	8	110	220	650
7304.C	40	5	18	120	120	85	9	25	150	240	190	14	35	180	540	380	20	50	220	1080
7304.E	85	3	45	90	230	170	5	55	110	470	370	9	80	160	1050	740	14	110	210	2110



Überstand
δ



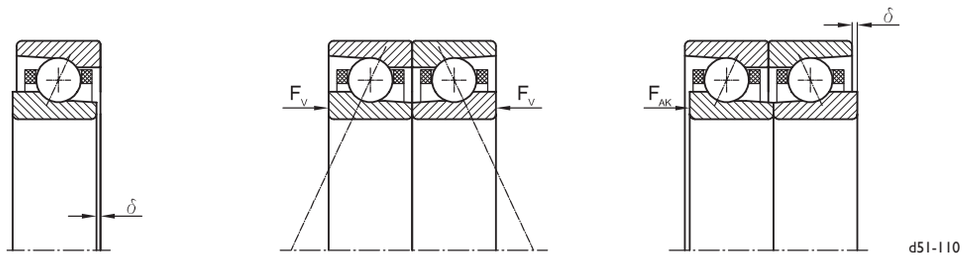
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71905.C	16	3	22	150	50	35	4	30	180	95	75	8	45	220	210	150	12	65	280	430
CB 71905.C	8	2	20	130	24	16	3	25	160	50	40	5	40	190	110	75	8	55	250	210
71905.E	22	2	55	110	65	45	3	75	150	130	100	5	100	200	290	200	8	140	270	580
CB 71905.E	12	1	50	100	30	22	2	70	140	65	50	3	90	180	140	100	5	130	250	290
7005.C	24	5	25	160	65	45	8	35	200	130	100	14	45	230	300	210	18	65	300	590
CB 7005.C	12	3	22	140	35	24	5	30	180	65	50	9	45	220	150	100	12	60	280	300
7005.CX	14	4	20	130	40	30	7	30	170	80	65	12	35	190	180	130	16	55	240	360
CB 7005.CX	7	3	18	120	20	14	4	25	160	40	30	7	35	170	90	65	10	50	220	180
7005.E	30	3	55	110	90	65	5	70	140	180	140	8	95	190	410	290	12	130	250	810
CB 7005.E	16	2	45	95	45	30	3	65	130	90	70	5	90	180	200	140	8	130	260	410
7005.EX	20	3	40	85	55	40	4	55	110	110	85	7	75	150	240	170	10	100	200	490
CB 7005.EX	10	2	40	75	25	20	3	50	100	55	45	4	70	140	120	85	7	90	180	240
7205.C	35	6	24	150	100	70	9	30	190	200	160	14	45	220	450	320	20	60	280	890
CB 7205.C	24	4	22	140	70	50	6	30	180	140	110	9	45	220	310	220	14	60	280	620
7205.E	50	3	55	110	140	95	5	70	140	270	220	8	100	200	610	430	12	130	270	1220
CB 7205.E	35	2	50	100	95	65	3	65	130	190	150	5	95	190	430	300	8	140	280	860
7305.C	60	6	24	150	170	120	10	30	190	350	280	14	45	220	780	550	22	60	280	1570
7305.E	120	3	55	110	350	250	6	70	140	700	560	10	100	200	1580	1110	14	130	270	3150



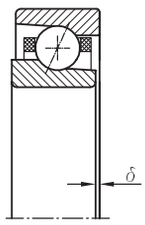
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

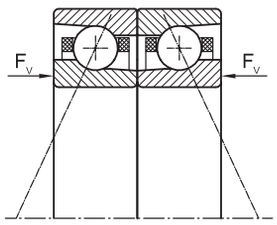
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

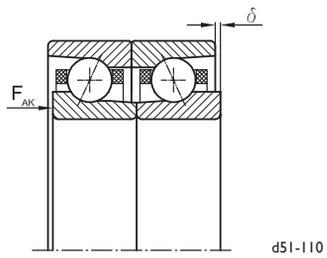
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71906.C	20	3	25	180	60	40	5	35	220	120	95	9	55	260	260	190	14	75	340	520
CB 71906.C	10	2	24	150	30	20	3	30	190	60	45	6	45	230	130	95	9	65	300	260
71906.CX	12	3	22	140	35	24	4	30	170	70	55	8	40	210	160	110	12	60	270	310
CB 71906.CX	6	2	20	130	18	12	3	25	160	35	30	5	40	190	80	55	7	55	250	160
71906.E	30	2	70	140	80	55	3	90	180	160	120	6	120	240	350	250	9	160	320	710
CB 71906.E	14	1	60	120	40	30	2	80	160	80	60	4	110	220	180	120	6	150	300	350
71906.EX	16	2	55	110	45	35	3	70	140	95	75	5	95	190	210	150	7	130	260	420
CB 71906.EX	8	1	50	100	24	16	2	65	130	45	35	3	90	180	110	75	5	120	240	210
7006.C	30	5	30	200	85	60	8	40	240	170	130	14	55	280	380	270	20	80	360	760
CB 7006.C	14	3	25	170	40	30	5	35	220	85	65	9	50	260	190	130	14	75	330	380
7006.CX	18	5	24	160	50	35	7	35	210	100	80	12	45	220	230	160	18	65	280	460
CB 7006.CX	9	3	22	140	25	18	5	30	190	50	40	8	40	200	110	80	12	60	260	230
7006.E	40	3	65	130	120	85	5	80	160	240	190	8	110	220	540	380	12	150	300	1080
CB 7006.E	22	2	55	110	60	40	3	75	150	120	95	5	110	220	270	190	8	160	310	540
7006.EX	25	3	50	100	70	50	4	65	130	140	110	7	90	180	320	230	10	120	240	650
CB 7006.EX	12	2	45	90	35	25	3	60	120	70	55	5	80	160	160	110	7	110	220	320
7206.C	45	6	30	180	130	95	9	40	230	260	210	14	55	260	590	420	22	75	330	1190
CB 7206.C	35	4	25	170	95	65	6	35	220	190	150	10	50	260	420	290	14	75	330	830
7206.E	65	4	65	130	180	130	5	85	170	360	280	9	120	230	800	570	14	160	320	1600
CB 7206.E	45	2	60	120	120	90	4	80	160	250	200	6	110	230	560	400	9	170	330	1120
7306.C	80	6	30	180	230	160	10	40	230	470	370	16	55	260	1050	740	24	75	330	2100
7306.E	170	4	65	130	470	330	6	85	170	940	750	10	120	230	2120	1500	16	160	320	4250



Überstand
δ



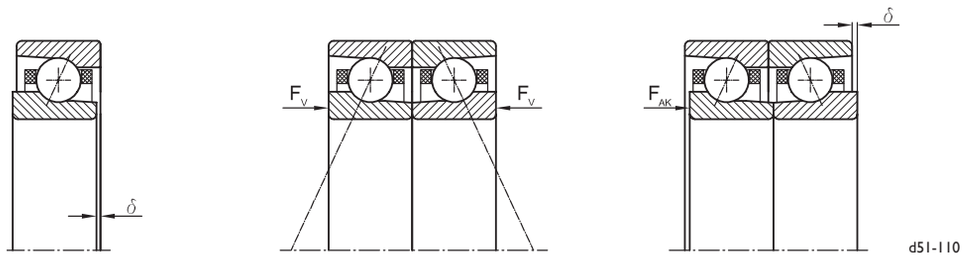
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71907.C	25	3	30	200	70	50	5	40	250	140	110	9	60	310	320	230	14	90	400	640
CB 71907.C	12	2	30	180	35	25	3	40	230	70	55	6	55	270	160	110	9	75	350	320
71907.CX	16	3	25	160	45	30	4	35	200	85	70	8	50	250	190	140	12	70	320	390
CB 71907.CX	8	2	24	150	22	16	3	30	180	45	35	5	45	220	95	70	8	65	290	190
71907.E	35	2	80	160	95	70	3	100	200	190	150	6	140	280	440	310	9	190	380	870
CB 71907.E	18	1	70	140	50	35	2	95	190	95	75	4	130	260	220	150	6	180	350	440
71907.EX	20	2	65	130	60	40	3	80	160	120	90	5	110	220	260	180	8	150	300	520
CB 71907.EX	10	1	60	120	30	20	2	75	150	60	45	3	100	200	130	90	5	140	280	260
7007.C	40	6	35	230	110	75	9	45	280	210	170	14	65	330	480	340	22	90	420	960
CB 7007.C	18	4	30	200	55	40	6	40	250	110	85	10	60	300	240	170	14	85	390	480
7007.CX	22	5	30	180	65	45	7	40	240	130	100	12	50	260	290	200	18	75	330	580
CB 7007.CX	12	3	25	170	30	22	5	35	220	65	50	8	50	240	140	100	12	70	300	290
7007.E	55	3	75	150	150	110	5	95	190	310	240	9	130	260	690	490	14	180	350	1390
CB 7007.E	25	2	65	130	75	55	3	90	180	150	120	6	130	250	350	240	9	180	360	690
7007.EX	35	3	60	120	90	65	4	75	150	180	150	7	100	210	420	290	12	140	280	830
CB 7007.EX	16	2	55	110	45	35	3	70	140	90	75	5	95	190	210	150	7	130	260	420
7207.C	60	7	35	210	170	120	10	45	260	340	270	16	60	310	770	550	24	85	390	1540
CB 7207.C	40	4	30	200	120	85	6	40	250	240	190	10	60	300	540	380	16	85	390	1080
7207.E	80	4	75	150	230	160	6	100	200	460	370	10	140	270	1030	730	16	190	370	2070
CB 7207.E	55	2	70	140	160	110	4	95	190	320	260	6	130	270	720	510	10	190	390	1450
7307.C	100	7	35	210	300	210	12	45	260	590	470	18	60	310	1340	940	25	85	390	2670
7307.E	210	4	75	150	600	420	7	100	200	1200	950	12	140	270	2690	1900	18	190	370	5390



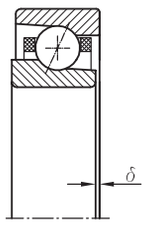
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

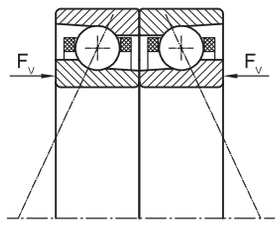
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

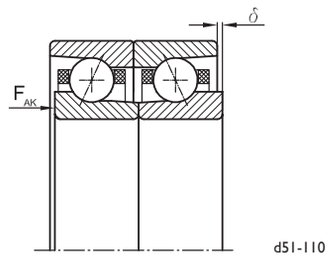
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71908.C	30	3	35	230	85	60	5	50	290	170	140	10	70	350	390	280	16	100	460	790
CB 71908.C	16	2	30	210	45	30	3	45	260	85	70	7	60	310	200	140	10	90	400	390
71908.CX	18	3	30	190	50	35	4	40	230	100	85	9	55	280	240	170	14	80	360	470
CB 71908.CX	9	2	25	170	25	18	3	35	210	50	40	6	50	260	120	85	9	75	330	240
71908.E	40	2	90	180	120	85	4	120	230	240	190	6	160	320	530	380	10	220	430	1070
CB 71908.E	22	1	85	170	60	40	2	110	220	120	95	4	150	290	270	190	6	200	400	530
71908.EX	25	2	70	140	70	50	3	95	190	140	110	5	130	250	320	230	8	170	350	640
CB 71908.EX	12	1	65	130	35	25	2	85	170	70	55	3	120	230	160	110	5	160	320	320
H 71908.E	16	2	70	140	50	35	3	90	180	95	75	5	120	240	210	150	8	170	330	430
CBH 71908.E	12	1	70	140	35	24	2	95	190	65	55	3	120	250	150	110	5	170	340	300
7008.C	45	6	40	260	130	95	9	55	320	270	210	16	75	370	600	430	22	110	480	1210
CB 7008.C	24	4	35	230	65	45	6	50	290	130	110	10	70	350	300	210	14	100	450	600
7008.CX	30	4	30	210	80	55	6	45	280	160	130	12	60	300	360	260	16	85	380	720
CB 7008.CX	14	3	30	190	40	30	4	45	260	80	65	7	55	270	180	130	10	75	350	360
H 7008.C	14	2	30	190	40	30	8	40	240	80	65	14	55	290	180	130	20	80	370	360
CBH 7008.C	10	2	30	200	30	20	5	40	250	55	45	9	60	300	130	90	12	85	380	250
7008.E	70	4	85	170	190	140	5	110	220	390	310	9	150	300	870	620	14	200	400	1740
CB 7008.E	35	2	75	150	95	70	4	100	200	190	150	6	150	290	440	310	9	210	420	870
7008.EX	40	3	65	130	120	80	4	85	170	230	180	7	120	240	520	370	10	160	320	1050
CB 7008.EX	20	2	60	120	60	40	3	80	160	120	90	4	110	220	260	180	7	150	300	520
H 7008.E	20	1	55	110	60	40	5	75	150	120	90	8	110	220	260	180	12	160	310	520
CBH 7008.E	14	1	60	120	40	30	3	80	160	80	65	5	110	230	180	130	8	160	320	370
7208.C	75	7	40	240	220	150	10	50	300	430	350	16	70	350	980	690	25	100	450	1960
CB 7208.C	55	5	35	230	150	110	7	50	290	300	240	12	70	350	680	480	16	100	440	1370
7208.E	100	4	90	180	290	210	6	110	230	580	460	10	160	310	1310	920	16	210	430	2610
CB 7208.E	70	3	80	160	200	140	4	110	210	410	320	7	150	310	910	650	10	220	440	1830



Überstand
δ



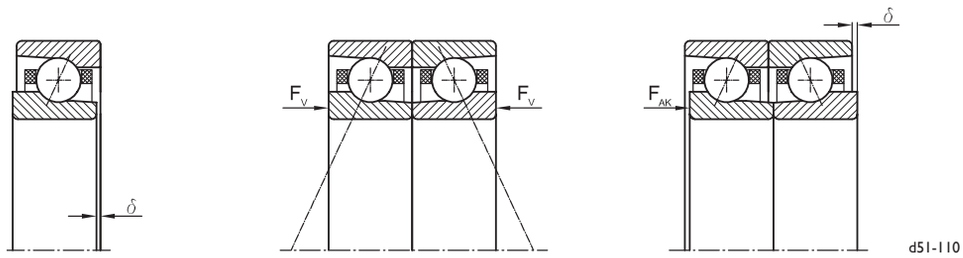
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71909.C	35	4	40	260	110	75	5	55	320	210	170	10	80	390	480	340	16	110	510	950
CB 71909.C	18	2	35	230	55	35	4	50	290	110	85	7	70	350	240	170	10	100	450	480
71909.CX	22	3	30	210	65	45	5	45	260	130	100	9	65	320	290	200	14	90	410	570
CB 71909.CX	12	2	30	190	30	22	3	40	240	65	50	6	60	290	140	100	9	85	380	290
71909.E	50	2	100	200	140	100	4	130	260	290	230	7	180	360	650	460	10	240	490	1300
CB 71909.E	25	2	95	190	70	50	2	120	240	140	120	4	170	330	330	230	7	230	460	650
71909.EX	30	2	80	160	85	60	3	110	210	170	140	6	140	290	390	280	9	190	390	780
CB 71909.EX	16	1	75	150	45	30	2	95	190	85	70	4	130	260	200	140	6	180	360	390
H 71909.E	20	2	80	160	60	40	3	100	200	120	90	6	140	270	260	180	9	190	370	520
CBH 71909.E	14	1	80	160	40	30	2	100	210	80	65	4	140	280	180	130	6	190	380	370
7009.C	60	6	45	290	170	120	10	60	360	330	260	16	85	420	740	530	24	120	530	1490
CB 7009.C	30	4	40	260	85	60	6	55	330	170	130	10	80	390	370	260	16	110	500	740
7009.CX	35	4	35	230	100	70	7	50	310	200	160	12	65	330	450	320	16	95	430	890
CB 7009.CX	18	3	35	210	50	35	4	50	290	100	80	8	60	310	220	160	10	85	390	450
H 7009.C	18	3	35	210	50	35	8	45	260	100	80	14	65	320	220	160	20	90	420	450
CBH 7009.C	12	2	35	230	35	24	5	45	280	70	55	9	65	340	160	110	14	95	430	310
7009.E	85	4	95	190	240	170	6	120	240	480	380	10	170	330	1080	760	16	230	450	2150
CB 7009.E	40	2	85	170	120	85	4	110	230	240	190	6	160	330	540	380	10	230	470	1080
7009.EX	50	3	75	150	140	100	4	100	200	290	230	7	130	270	650	460	10	180	360	1290
CB 7009.EX	25	2	70	140	70	50	3	90	180	140	110	5	120	240	320	230	7	170	330	650
H 7009.E	25	2	60	120	70	50	5	85	170	140	110	8	120	250	320	230	12	170	350	650
CBH 7009.E	18	1	65	130	50	35	3	90	180	100	80	5	130	250	230	160	8	180	360	450
7209.C	95	7	40	270	270	190	12	55	340	540	430	18	80	390	1210	860	25	110	500	2420
CB 7209.C	65	5	40	250	190	130	7	55	330	380	300	12	80	390	850	600	18	110	500	1700
7209.E	130	4	100	200	360	250	7	130	260	720	570	12	180	350	1620	1140	18	240	480	3240
CB 7209.E	90	3	90	180	250	180	4	120	240	500	400	7	170	340	1130	800	12	250	500	2270



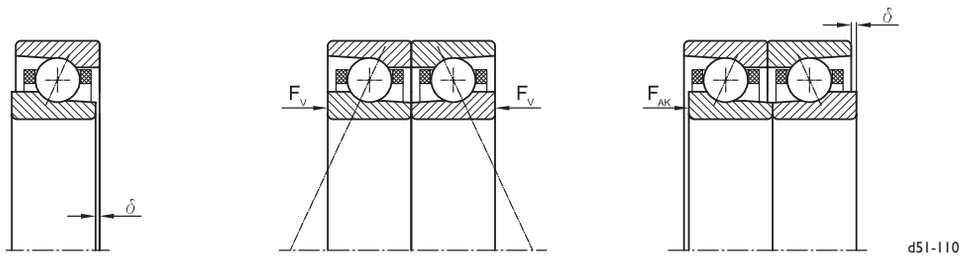
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71810.C	18	4	30	200	50	35	6	40	240	100	80	12	60	290	220	160	18	80	370	450
CB 71810.C	9	2	24	150	24	18	4	30	190	50	40	7	45	220	110	80	12	60	270	220
71810.E	25	3	60	400	75	50	5	80	490	150	120	10	120	580	330	230	14	160	730	660
CB 71810.E	12	2	45	310	35	25	3	65	380	75	60	6	90	440	160	120	10	120	550	330
71910.C	45	4	45	290	130	90	6	60	360	250	200	12	90	440	570	410	18	130	570	1150
CB 71910.C	22	2	40	260	65	45	4	55	320	130	100	7	80	390	290	200	12	110	500	570
71910.CX	25	3	35	230	75	55	5	50	290	150	120	10	70	350	340	240	14	100	450	690
CB 71910.CX	14	2	35	210	40	25	3	45	260	75	60	6	65	320	170	120	10	95	420	340
71910.E	60	3	110	230	170	120	4	150	290	350	280	7	200	400	790	560	10	270	540	1570
CB 71910.E	30	2	100	210	85	60	3	140	270	170	140	4	180	370	390	280	7	250	510	790
71910.EX	35	2	90	180	100	75	3	120	230	210	170	6	160	320	470	330	9	220	430	940
CB 71910.EX	18	1	85	170	50	35	2	110	210	100	85	4	150	290	240	170	6	200	400	470
H 71910.E	24	2	85	170	70	50	3	110	220	140	110	6	150	310	310	220	9	210	420	630
CBH 71910.E	18	1	90	180	50	35	2	120	230	100	80	4	160	310	220	160	6	210	430	440
7010.C	70	7	50	330	200	140	10	65	400	400	320	18	95	470	900	640	24	130	590	1810
CB 7010.C	35	4	45	290	100	70	7	60	360	200	160	12	85	430	450	320	16	120	560	900
7010.CX	45	5	40	260	120	85	7	60	350	240	190	12	75	370	540	380	18	110	470	1090
CB 7010.CX	22	3	35	240	60	45	5	55	320	120	95	8	70	340	270	190	12	95	440	540
H 7010.C	22	6	35	240	60	45	9	50	290	120	95	14	70	360	270	190	22	100	460	540
CBH 7010.C	14	4	40	250	40	30	6	50	310	85	65	10	75	370	190	130	14	110	470	380
7010.E	100	4	110	210	290	200	6	140	270	580	460	10	190	370	1300	920	16	250	500	2600
CB 7010.E	50	3	95	190	140	100	4	130	250	290	230	7	180	360	650	460	10	260	520	1300
7010.EX	60	3	85	170	170	120	4	110	220	350	280	7	150	300	780	550	12	200	400	1560
CB 7010.EX	30	2	75	150	85	60	3	100	200	170	140	5	140	270	390	280	7	180	370	780
H 7010.E	30	3	70	140	85	60	5	95	190	170	140	9	140	270	390	280	14	190	390	780
CBH 7010.E	22	2	75	150	60	45	3	100	200	120	95	6	140	280	270	190	9	200	400	550
7210.C	120	8	45	310	330	230	12	65	380	660	520	20	90	440	1480	1040	30	120	560	2950
CB 7210.C	80	5	45	280	230	160	8	60	360	460	360	12	85	430	1030	730	18	120	560	2070
7210.E	160	5	110	220	440	310	7	140	290	880	700	12	200	390	1970	1400	18	270	530	3950
CB 7210.E	110	3	100	200	310	220	5	130	270	610	490	8	190	380	1380	980	12	280	550	2760



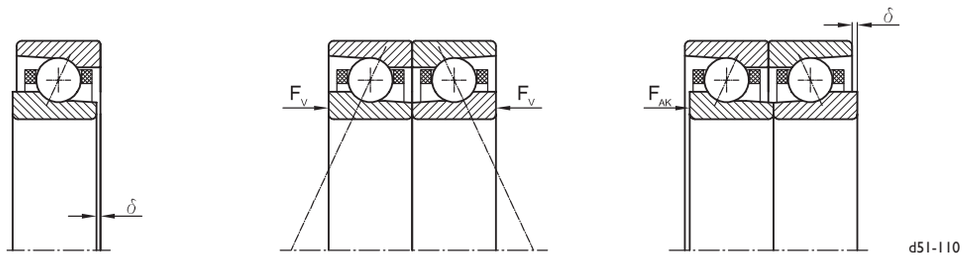
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71811.C	20	4	35	220	60	40	6	45	260	120	90	12	65	320	260	180	18	90	400	520
CB 71811.C	10	3	25	170	30	20	4	35	210	60	45	8	50	240	130	90	12	65	300	260
71811.E	30	3	70	440	85	60	5	90	530	170	130	10	130	640	380	270	16	180	810	760
CB 71811.E	14	2	50	340	40	30	3	70	420	85	65	7	95	480	190	130	10	130	600	380
71911.C	55	4	50	320	150	110	6	65	400	300	240	12	95	480	680	480	18	140	630	1360
CB 71911.C	25	3	45	280	75	55	4	60	360	150	120	8	85	430	340	240	12	120	540	680
71911.CX	30	3	40	260	90	65	5	55	320	180	140	10	75	390	410	290	16	110	500	820
CB 71911.CX	16	2	35	240	45	30	3	50	290	90	70	7	70	350	200	140	10	100	460	410
71911.E	75	3	120	250	210	150	4	160	320	420	330	7	220	440	940	660	12	300	590	1880
CB 71911.E	35	2	110	230	100	75	3	150	300	210	170	5	200	400	470	330	7	280	560	940
71911.EX	45	2	100	200	130	90	4	130	260	250	200	6	170	350	560	400	10	240	480	1130
CB 71911.EX	22	1	90	180	65	45	2	120	240	130	100	4	160	320	280	200	6	220	440	560
H 71911.E	30	2	95	190	85	60	4	120	250	170	130	6	170	340	380	270	10	230	460	750
CBH 71911.E	20	1	100	200	60	40	2	130	260	120	95	4	170	340	260	190	6	230	470	530
7011.C	85	7	55	360	240	170	10	75	440	480	380	18	100	510	1080	770	25	150	650	2170
CB 7011.C	45	5	50	310	120	85	7	65	400	240	190	12	95	480	540	380	16	140	610	1080
7011.CX	50	5	45	290	140	100	8	65	380	290	230	12	80	410	650	460	18	120	520	1300
CB 7011.CX	25	3	40	260	70	50	5	60	350	140	110	8	75	370	320	230	12	110	480	650
H 7011.C	25	6	40	260	70	50	9	55	320	140	110	16	80	390	320	230	22	110	510	650
CBH 7011.C	18	4	40	280	50	35	6	55	340	100	80	10	80	410	230	160	14	120	520	450
7011.E	120	4	120	230	350	240	6	150	300	690	550	10	200	410	1550	1100	16	280	550	3110
CB 7011.E	60	3	100	200	170	120	4	140	280	350	270	7	200	400	780	550	10	290	570	1550
7011.EX	75	3	90	180	210	150	5	120	240	410	330	8	160	330	930	660	12	220	440	1860
CB 7011.EX	35	2	85	170	100	75	3	110	220	210	160	5	150	300	470	330	8	200	410	930
H 7011.E	35	4	75	150	100	75	5	100	210	210	160	9	150	300	470	330	14	210	430	930
CBH 7011.E	25	2	80	160	70	50	4	110	210	140	120	6	160	310	330	230	9	220	440	650
7211.C	140	8	50	340	390	280	12	70	410	790	620	20	95	480	1770	1250	30	140	610	3530
CB 7211.C	95	5	50	310	270	190	8	65	400	550	440	14	95	480	1240	870	20	140	610	2470
7211.E	190	5	120	240	530	370	7	160	320	1050	840	12	210	430	2370	1670	20	290	590	4740
CB 7211.E	130	3	110	210	370	260	5	150	290	740	590	8	210	420	1660	1170	12	300	610	3320



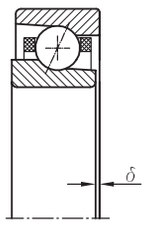
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

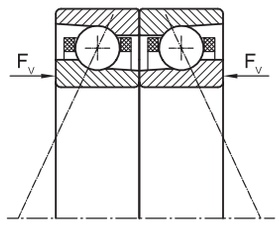
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

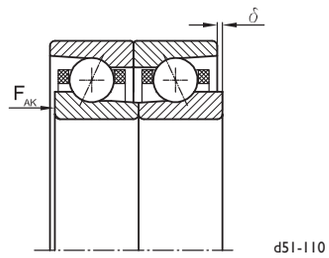
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71812.C	24	4	35	240	65	45	6	50	290	130	100	12	70	350	300	210	20	100	440	590
CB 71812.C	12	3	30	180	35	24	4	40	230	65	50	8	55	260	150	100	12	75	330	300
71812.E	35	4	75	480	95	70	5	95	580	190	150	10	140	690	440	310	16	200	880	870
CB 71812.E	18	2	55	370	50	35	4	75	460	95	75	7	110	530	220	150	10	150	660	440
71912.C	65	4	55	350	180	130	6	70	430	360	280	12	110	530	800	570	20	150	680	1600
CB 71912.C	30	3	45	310	90	65	4	65	390	180	140	8	95	470	400	280	12	130	590	800
71912.CX	40	4	45	280	110	75	5	60	350	210	170	10	85	420	480	340	16	120	550	960
CB 71912.CX	18	2	40	260	55	40	4	55	320	110	85	7	75	390	240	170	10	110	500	480
71912.E	85	3	140	270	250	170	4	180	350	490	390	8	240	480	1110	780	12	320	650	2220
CB 71912.E	45	2	120	250	120	85	3	160	320	250	200	5	220	440	550	390	8	300	610	1110
71912.EX	50	2	110	220	150	100	4	140	280	300	230	6	190	380	660	470	10	260	520	1330
CB 71912.EX	25	2	100	200	75	50	2	130	260	150	120	4	180	350	330	230	7	240	480	660
H 71912.E	35	2	100	210	100	70	4	130	270	200	160	6	180	370	440	310	10	250	500	890
CBH 71912.E	24	2	110	210	70	50	2	140	280	140	110	4	190	370	310	220	7	260	510	620
7012.C	100	7	60	390	280	200	12	80	480	570	450	18	110	560	1280	910	25	160	710	2560
CB 7012.C	50	5	55	340	140	100	7	75	440	280	230	12	100	520	640	450	18	150	670	1280
7012.CX	60	5	50	310	170	120	8	70	420	340	270	14	90	440	770	540	20	130	570	1540
CB 7012.CX	30	3	45	290	85	60	5	65	380	170	140	9	80	410	380	270	12	120	520	770
H 7012.C	30	6	45	280	85	60	10	60	350	170	140	16	85	430	380	270	24	120	550	770
CBH 7012.C	22	4	45	300	60	40	6	60	370	120	95	10	90	450	270	190	16	130	570	540
7012.E	140	4	130	250	410	290	7	160	330	810	650	12	220	440	1830	1290	18	300	600	3650
CB 7012.E	70	3	110	220	200	140	4	150	300	410	320	7	220	440	910	650	12	310	630	1830
7012.EX	85	3	100	200	240	170	5	130	260	490	390	8	180	360	1100	770	12	240	480	2190
CB 7012.EX	45	2	90	180	120	85	3	120	240	240	190	5	160	330	550	390	8	220	440	1100
H 7012.E	45	4	85	170	120	85	6	110	230	240	190	10	160	330	550	390	14	230	470	1100
CBH 7012.E	30	2	90	180	85	60	4	120	230	170	140	6	170	340	380	270	10	240	480	770
7212.C	160	9	55	370	460	330	14	75	450	930	740	22	110	530	2090	1480	30	150	670	4180
CB 7212.C	110	6	50	340	320	230	9	75	440	650	520	14	100	520	1460	1030	20	150	670	2920
7212.E	220	5	130	270	620	440	8	170	340	1250	990	14	230	470	2800	1980	20	320	640	5610
CB 7212.E	150	3	120	230	440	310	5	160	320	870	690	9	230	460	1960	1390	14	330	660	3930



Überstand
δ



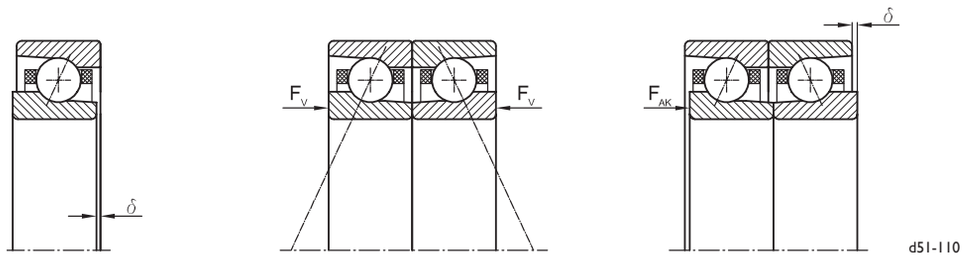
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71813.C	25	4	40	260	75	55	7	50	310	150	120	14	75	370	340	240	20	110	480	670
CB 71813.C	14	3	30	200	35	25	4	40	250	75	60	9	55	290	170	120	14	80	360	340
71813.E	40	4	80	520	110	80	6	110	630	220	180	12	150	750	500	350	18	210	950	990
CB 71813.E	20	2	60	400	55	40	4	85	500	110	90	7	110	570	250	180	12	160	710	500
71913.C	75	4	60	380	210	150	7	80	470	410	330	14	110	570	930	660	20	160	740	1870
CB 71913.C	35	3	50	330	100	75	4	70	420	210	160	9	100	500	470	330	14	140	640	930
71913.CX	45	4	45	300	120	90	6	60	370	250	200	12	90	460	560	400	18	130	590	1120
CB 71913.CX	22	2	45	280	60	45	4	55	340	120	100	7	85	420	280	200	12	120	540	560
71913.E	100	3	150	290	290	200	5	190	380	580	460	8	260	520	1290	920	12	350	700	2590
CB 71913.E	50	2	130	270	140	100	3	180	350	290	230	5	240	480	650	460	8	330	660	1290
71913.EX	60	2	120	230	170	120	4	150	300	350	270	7	210	410	780	550	10	280	560	1550
CB 71913.EX	30	2	110	210	85	60	2	140	280	170	140	4	190	380	390	270	7	260	520	780
H 71913.E	40	2	110	220	120	80	4	150	290	230	180	7	200	400	520	370	10	270	540	1040
CBH 71913.E	30	2	120	230	80	55	2	150	300	160	130	4	200	400	360	260	7	280	560	730
7013.C	120	8	65	420	330	240	12	85	520	670	530	20	120	610	1500	1060	30	170	770	3000
CB 7013.C	60	5	55	370	170	120	8	80	470	330	260	12	110	560	750	530	18	160	730	1500
7013.CX	70	5	50	340	200	140	8	75	450	400	320	14	95	480	900	640	20	140	620	1800
CB 7013.CX	35	3	50	310	100	70	5	70	420	200	160	9	90	440	450	320	12	130	570	900
H 7013.C	35	6	45	310	100	70	10	65	380	200	160	16	95	460	450	320	24	130	600	900
CBH 7013.C	24	4	50	330	70	50	7	65	400	140	110	10	95	480	310	220	16	140	620	630
7013.E	170	5	140	270	470	330	7	180	350	940	750	12	240	480	2130	1500	18	330	660	4250
CB 7013.E	85	3	120	240	240	170	5	170	330	470	380	8	240	470	1060	750	12	340	680	2130
7013.EX	100	3	110	220	280	200	5	140	280	570	450	8	190	380	1280	900	12	260	520	2550
CB 7013.EX	50	2	100	200	140	100	3	130	260	280	230	5	180	350	640	450	8	240	480	1280
H 7013.E	50	4	90	180	140	100	6	120	250	280	230	10	180	350	640	450	16	250	500	1280
CBH 7013.E	35	2	95	190	100	70	4	130	250	200	160	6	180	370	450	320	10	260	520	890
7213.C	190	9	60	400	540	380	14	80	490	1080	860	22	110	570	2440	1720	35	160	730	4870
CB 7213.C	130	6	55	370	380	270	9	80	470	760	600	14	110	560	1710	1210	22	160	720	3410
7213.E	260	5	140	290	730	520	8	190	370	1460	1160	14	250	510	3280	2320	22	350	690	6560
CB 7213.E	180	3	130	250	510	360	5	170	350	1020	810	9	250	500	2300	1620	14	360	720	4590



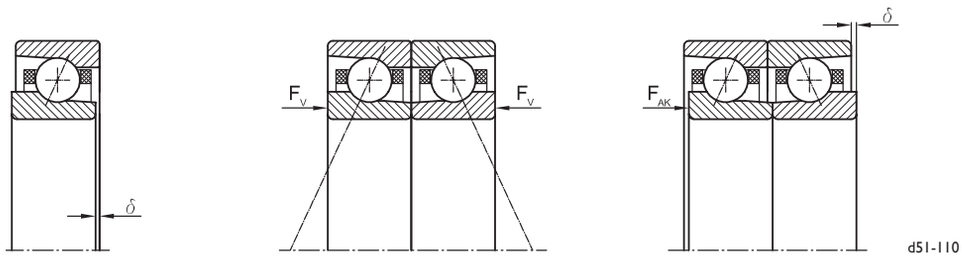
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurzzeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71814.C	30	5	45	280	85	60	7	55	340	170	130	14	80	400	380	270	22	110	510	760
CB 71814.C	14	3	35	210	40	30	5	45	260	85	65	9	60	310	190	130	14	85	380	380
71814.E	45	4	85	560	120	90	6	110	680	250	200	12	160	810	560	400	18	230	1030	1120
CB 71814.E	22	3	65	430	60	45	4	90	530	120	100	8	120	620	280	200	12	170	770	560
71914.C	85	5	65	410	240	170	7	85	500	480	380	14	120	610	1080	760	22	180	800	2150
CB 71914.C	40	3	55	360	120	85	5	75	450	240	190	9	110	540	540	380	14	150	690	1080
71914.CX	50	4	50	330	140	100	6	65	400	290	230	12	100	490	650	460	18	140	640	1290
CB 71914.CX	25	3	45	300	70	50	4	60	370	140	110	8	90	450	320	230	12	130	580	650
71914.E	120	3	160	320	330	240	5	200	410	670	530	8	280	560	1500	1060	14	380	760	3000
CB 71914.E	60	2	140	290	170	120	3	190	380	330	260	5	260	510	750	530	9	350	710	1500
71914.EX	70	3	130	250	200	140	4	160	330	400	320	7	220	450	900	640	12	300	600	1800
CB 71914.EX	35	2	120	230	100	70	3	150	300	200	160	5	200	410	450	320	7	280	550	900
H 71914.E	45	3	120	240	130	95	4	160	310	270	210	7	210	430	600	420	12	290	580	1200
CBH 71914.E	35	2	130	250	95	65	3	160	320	190	150	5	220	440	420	300	7	300	600	840
7014.C	140	8	70	460	390	270	12	95	560	770	610	20	130	650	1730	1230	30	180	830	3470
CB 7014.C	70	5	60	400	190	140	8	85	510	390	310	14	120	610	870	610	20	170	780	1730
7014.CX	80	6	55	360	230	160	9	80	490	460	370	14	100	520	1040	740	20	150	660	2080
CB 7014.CX	40	4	50	330	120	80	6	75	450	230	180	9	95	480	520	370	14	140	610	1040
H 7014.C	40	7	50	330	120	80	10	70	410	230	180	18	100	500	520	370	25	140	650	1040
CBH 7014.C	30	4	55	350	80	55	7	70	430	160	130	12	100	520	360	260	16	150	660	730
7014.E	190	5	150	290	540	380	7	190	380	1090	870	12	260	520	2450	1730	18	350	710	4900
CB 7014.E	95	3	130	260	270	190	5	180	360	540	430	8	250	510	1220	870	12	360	730	2450
7014.EX	120	3	120	240	330	230	5	150	310	650	520	9	210	410	1470	1040	14	280	560	2940
CB 7014.EX	60	2	110	220	160	120	3	140	280	330	260	6	190	380	730	520	9	260	520	1470
H 7014.E	60	4	95	190	160	120	6	130	260	330	260	10	190	380	730	520	16	270	540	1470
CBH 7014.E	40	3	100	210	110	80	4	140	270	230	180	7	200	400	510	360	10	280	560	1030
7214.C	220	10	65	430	630	440	14	90	530	1250	990	24	120	610	2810	1990	35	170	780	5630
CB 7214.C	150	6	60	400	440	310	10	85	510	880	700	16	120	610	1970	1390	22	170	780	3940
7214.E	300	6	150	310	840	600	9	200	400	1690	1340	14	270	550	3800	2680	22	370	740	7600
CB 7214.E	210	4	140	270	590	420	6	190	380	1180	940	9	270	540	2660	1880	14	390	770	5320



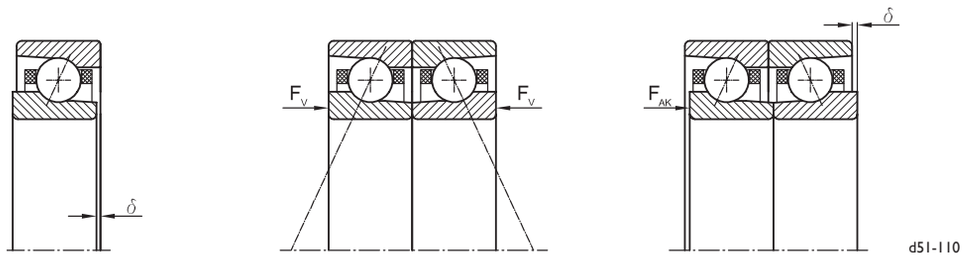
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71815.C	35	5	45	300	95	65	7	60	360	190	150	14	85	430	430	300	22	120	550	850
CB 71815.C	16	3	35	230	45	35	5	45	280	95	75	9	65	330	210	150	14	90	410	430
71815.E	50	4	95	600	140	100	6	120	730	280	220	12	170	870	630	440	18	240	1100	1250
CB 71815.E	24	3	70	460	70	50	4	95	570	140	110	8	130	660	310	220	12	180	820	630
71915.C	95	5	70	440	270	190	7	90	540	550	440	14	130	660	1230	870	22	190	850	2470
CB 71915.C	50	3	60	390	140	95	5	80	490	270	220	9	120	580	620	440	14	170	740	1230
71915.CX	60	4	55	350	160	120	6	70	430	330	260	12	110	530	740	520	18	150	680	1480
CB 71915.CX	30	3	50	320	80	60	4	65	400	160	130	8	95	480	370	260	12	140	630	740
71915.E	140	3	170	340	380	270	5	220	440	770	610	9	300	600	1720	1220	14	410	810	3440
CB 71915.E	70	2	160	310	190	140	3	200	410	380	300	6	280	550	860	610	9	380	760	1720
71915.EX	80	3	140	270	230	160	4	180	350	460	370	7	240	480	1030	730	12	320	650	2070
CB 71915.EX	40	2	120	250	110	80	3	160	320	230	180	5	220	440	520	370	8	300	590	1030
7015.C	160	8	75	490	440	310	12	100	600	880	700	22	140	700	1990	1410	30	200	890	3980
CB 7015.C	80	5	65	430	220	160	8	90	540	440	350	14	130	650	990	700	20	190	840	1990
7015.CX	95	6	60	390	270	190	9	85	520	530	420	16	110	560	1190	840	22	160	710	2390
CB 7015.CX	45	4	55	360	130	95	6	80	480	270	210	10	100	510	600	420	14	150	650	1190
H 7015.C	45	7	55	360	130	95	10	75	440	270	210	18	110	540	600	420	25	150	690	1190
CBH 7015.C	35	5	60	380	95	65	7	75	460	190	150	12	110	560	420	300	18	160	710	840
7015.E	220	5	160	320	620	440	8	200	410	1240	990	12	280	560	2790	1970	20	380	760	5590
CB 7015.E	110	3	140	280	310	220	5	190	380	620	490	8	270	540	1400	990	12	390	780	2790
7015.EX	130	3	130	250	370	260	5	160	330	750	590	9	220	440	1680	1180	14	300	600	3350
CB 7015.EX	65	2	120	230	190	130	3	150	300	370	300	6	200	410	840	590	9	280	550	1680
H 7015.E	65	4	100	210	190	130	6	140	280	370	300	10	200	410	840	590	16	290	580	1680
CBH 7015.E	45	3	110	220	130	90	4	150	290	260	210	7	210	420	590	410	10	300	600	1170
7215.C	250	10	70	460	720	510	16	95	560	1430	1140	24	130	660	3220	2280	35	190	840	6440
CB 7215.C	180	7	65	420	500	350	10	90	540	1000	800	16	130	650	2250	1590	24	190	830	4510
7215.E	340	6	170	330	970	680	9	220	430	1940	1540	16	290	590	4360	3080	24	400	800	8710
CB 7215.E	240	4	150	290	680	480	6	200	400	1360	1080	10	290	570	3050	2150	16	410	830	6100



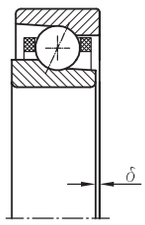
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

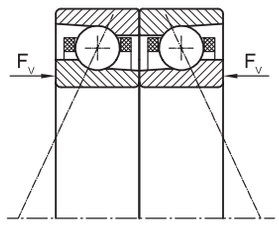
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

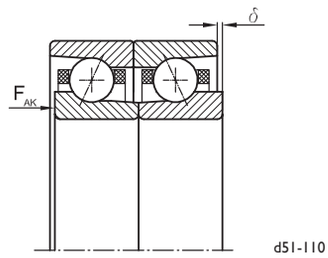
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71816.C	35	5	50	320	110	75	8	65	380	210	170	14	90	460	470	330	22	130	590	950
CB 71816.C	18	3	40	240	55	35	5	50	300	110	85	10	70	350	240	170	14	100	440	470
71816.E	55	4	100	640	150	110	6	130	780	310	250	12	180	920	700	490	20	260	1170	1390
CB 71816.E	25	3	75	490	75	55	4	100	610	150	120	8	140	700	350	250	12	200	880	700
71916.C	110	5	70	470	310	220	8	95	580	620	500	14	140	700	1400	990	22	200	910	2800
CB 71916.C	55	3	65	410	160	110	5	85	520	310	250	10	120	620	700	500	14	180	790	1400
71916.CX	65	4	60	370	190	130	6	75	460	370	300	12	110	560	840	590	20	160	730	1680
CB 71916.CX	35	3	55	340	95	65	4	70	420	190	150	8	100	510	420	300	12	150	670	840
71916.E	150	3	180	360	440	310	5	230	470	870	690	9	320	640	1960	1390	14	430	860	3920
CB 71916.E	75	2	170	330	220	150	3	220	430	440	350	6	290	590	980	690	9	400	810	1960
71916.EX	90	3	140	290	260	180	4	190	370	520	420	8	250	510	1180	830	12	350	690	2350
CB 71916.EX	45	2	130	260	130	90	3	170	340	260	210	5	230	470	590	420	8	320	630	1180
7016.C	180	9	80	520	500	360	14	110	640	1010	800	22	150	750	2260	1600	30	210	950	4530
CB 7016.C	90	6	70	460	250	180	9	95	580	500	400	14	140	690	1130	800	20	200	890	2260
7016.CX	110	6	65	420	300	210	9	95	560	600	480	16	120	590	1360	960	22	170	760	2720
CB 7016.CX	55	4	60	380	150	110	6	85	510	300	240	10	110	540	680	480	14	150	700	1360
H 7016.C	55	7	60	380	150	110	12	80	470	300	240	18	110	570	680	480	25	160	740	1360
CBH 7016.C	35	5	60	400	110	75	7	80	490	210	170	12	120	600	480	340	18	170	760	950
7016.E	250	5	170	340	700	500	8	220	440	1410	1120	14	300	590	3160	2240	20	400	810	6330
CB 7016.E	120	3	150	300	350	250	5	200	410	700	560	9	290	580	1580	1120	14	420	830	3160
7016.EX	150	4	130	270	420	300	6	170	350	840	670	9	240	470	1900	1340	14	320	640	3800
CB 7016.EX	75	2	120	250	210	150	4	160	320	420	340	6	220	430	950	670	9	300	590	1900
H 7016.E	75	4	110	220	210	150	7	150	300	420	340	12	220	440	950	670	18	310	620	1900
CBH 7016.E	50	3	120	240	150	100	4	160	310	300	230	7	230	450	660	470	12	320	640	1330
7216.C	290	10	75	490	810	570	16	100	600	1620	1290	25	140	700	3660	2580	40	200	890	7310
CB 7216.C	200	7	70	450	570	400	10	95	580	1140	900	16	140	690	2560	1810	25	200	890	5120
7216.E	390	6	180	350	1100	780	9	230	460	2200	1750	16	310	620	4950	3500	24	430	850	9910
CB 7216.E	270	4	160	310	770	540	6	210	430	1540	1230	10	310	610	3470	2450	16	440	880	6940



Überstand
δ



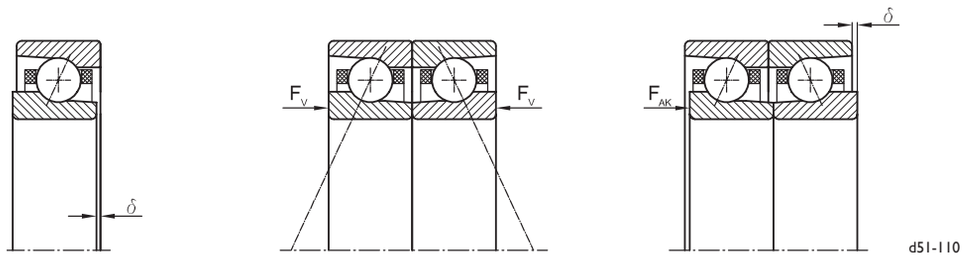
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71817.C	40	5	55	340	120	80	8	70	410	230	190	16	100	490	520	370	24	140	620	1050
CB 71817.C	20	3	40	260	60	40	5	55	320	120	95	10	75	370	260	190	16	100	470	520
71817.E	60	4	110	690	170	120	7	140	830	340	270	14	200	980	770	550	20	280	1250	1540
CB 71817.E	30	3	80	520	85	60	4	110	650	170	140	9	150	750	390	270	14	210	930	770
71917.C	120	5	75	500	350	250	8	100	610	700	560	16	150	740	1580	1120	24	220	970	3170
CB 71917.C	60	3	65	440	180	120	5	90	550	350	280	10	130	660	790	560	16	190	840	1580
71917.CX	75	4	60	400	210	150	7	80	490	420	340	14	120	600	950	670	20	170	770	1900
CB 71917.CX	35	3	55	360	110	75	4	75	450	210	170	9	110	550	470	340	14	160	710	950
71917.E	170	3	190	380	490	350	5	250	500	990	780	9	340	670	2220	1570	14	460	920	4440
CB 71917.E	85	2	180	350	250	170	3	230	460	490	390	6	310	620	1110	780	10	430	860	2220
71917.EX	100	3	150	310	300	210	5	200	400	590	470	8	270	540	1330	940	12	370	730	2660
CB 71917.EX	50	2	140	280	150	100	3	180	360	300	240	5	250	500	670	470	8	340	670	1330
7017.C	200	9	85	550	570	400	14	110	680	1140	900	24	160	790	2560	1810	35	220	1010	5120
CB 7017.C	100	6	75	490	280	200	9	100	620	570	450	14	150	740	1280	900	22	210	950	2560
7017.CX	120	6	70	440	340	240	10	100	590	680	540	16	130	630	1530	1080	24	180	810	3070
CB 7017.CX	60	4	60	410	170	120	6	90	540	340	270	10	120	580	770	540	16	160	740	1530
H 7017.C	60	8	60	400	170	120	12	85	500	340	270	20	120	610	770	540	30	170	780	1530
CBH 7017.C	40	5	65	430	120	85	8	90	530	240	190	12	130	630	540	380	18	180	810	1070
7017.E	280	5	180	360	790	560	8	230	460	1580	1260	14	310	630	3560	2510	22	430	860	7120
CB 7017.E	140	3	160	310	400	280	5	220	430	790	630	9	310	620	1780	1260	14	440	890	3560
7017.EX	170	4	140	290	470	340	6	190	370	950	750	10	250	500	2140	1510	16	340	690	4270
CB 7017.EX	85	2	130	260	240	170	4	170	340	470	380	6	230	460	1070	750	10	310	630	2140
H 7017.E	85	4	120	230	240	170	7	160	320	470	380	12	230	460	1070	750	18	330	660	2140
CBH 7017.E	60	3	120	250	170	120	4	170	330	330	260	8	240	480	750	530	12	340	680	1490
7217.C	320	12	80	520	920	650	16	110	640	1830	1460	25	150	740	4120	2910	40	210	950	8240
CB 7217.C	230	7	75	480	640	450	10	100	620	1280	1020	18	150	740	2880	2040	25	210	940	5770
7217.E	440	6	190	380	1240	880	10	240	490	2490	1980	16	330	660	5590	3950	25	450	900	11190
CB 7217.E	310	4	170	330	870	610	6	230	460	1740	1380	10	330	650	3920	2770	16	470	940	7830



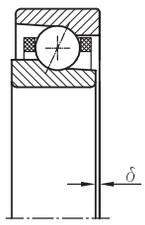
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

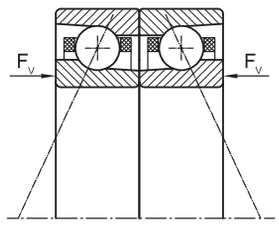
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

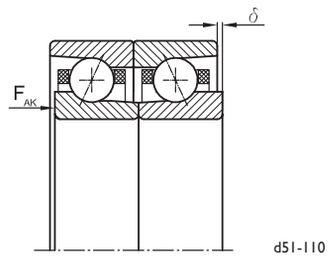
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71818.C	45	5	55	360	130	90	8	70	430	260	200	16	100	520	580	410	24	150	660	1160
CB 71818.C	22	3	40	270	65	45	5	55	340	130	100	10	80	400	290	200	16	110	490	580
71818.E	65	5	110	730	190	130	7	150	870	380	300	14	210	1040	850	600	22	290	1320	1700
CB 71818.E	35	3	85	550	95	65	5	110	690	190	150	9	160	790	420	300	14	220	990	850
71918.C	140	5	80	530	390	280	8	110	650	790	630	16	160	790	1780	1250	24	230	1020	3550
CB 71918.C	70	3	70	460	200	140	5	95	580	390	310	10	140	700	890	630	16	200	890	1780
71918.CX	85	5	65	420	240	170	7	85	520	470	380	14	130	630	1070	750	22	180	820	2130
CB 71918.CX	40	3	60	390	120	85	5	80	480	240	190	9	120	580	530	380	14	170	750	1070
71918.E	200	4	200	410	550	390	6	260	530	1110	880	10	360	710	2490	1760	16	490	970	4990
CB 71918.E	100	2	190	370	280	200	4	240	490	550	440	6	330	660	1250	880	10	460	910	2490
71918.EX	120	3	160	320	330	230	5	210	420	660	530	8	290	570	1500	1060	14	390	780	2990
CB 71918.EX	60	2	150	300	170	120	3	190	390	330	260	5	260	530	750	530	9	360	710	1500
7018.C	230	9	90	590	640	450	14	120	720	1280	1010	24	170	840	2870	2030	35	240	1070	5740
CB 7018.C	110	6	80	510	320	230	9	110	650	640	510	16	160	780	1440	1010	22	220	1000	2870
7018.CX	140	6	70	470	380	270	10	100	630	770	610	16	130	670	1720	1220	24	190	850	3440
CB 7018.CX	70	4	65	430	190	140	6	95	570	380	300	10	120	610	860	610	16	170	780	1720
H 7018.C	70	8	65	430	190	140	12	90	530	380	300	20	130	640	860	610	30	180	830	1720
CBH 7018.C	45	5	70	450	130	95	8	95	560	270	210	14	130	670	600	430	20	190	850	1210
7018.E	310	5	190	380	880	620	8	240	490	1770	1410	14	330	670	3980	2810	22	450	910	7950
CB 7018.E	160	4	170	330	440	310	5	230	460	880	700	9	330	650	1990	1410	14	470	940	3980
7018.EX	190	4	150	300	530	370	6	200	390	1060	840	10	270	530	2390	1690	16	360	730	4770
CB 7018.EX	95	3	140	280	270	190	4	180	360	530	420	7	240	490	1190	840	10	330	670	2390
H 7018.E	95	5	120	250	270	190	7	170	340	530	420	12	250	490	1190	840	18	350	700	2390
CBH 7018.E	65	3	130	260	190	130	5	180	350	370	300	8	250	510	840	590	12	360	720	1670
7218.C	360	12	85	550	1020	720	18	110	680	2050	1630	30	160	790	4610	3260	40	220	1000	9220
CB 7218.C	250	7	80	510	720	510	12	110	650	1430	1140	18	160	780	3230	2280	25	220	1000	6460
7218.E	490	7	200	400	1390	990	10	260	520	2790	2220	18	350	700	6270	4430	25	480	960	12550
CB 7218.E	340	4	180	350	980	690	7	240	480	1950	1550	12	340	690	4390	3100	18	500	990	8780



Überstand
δ



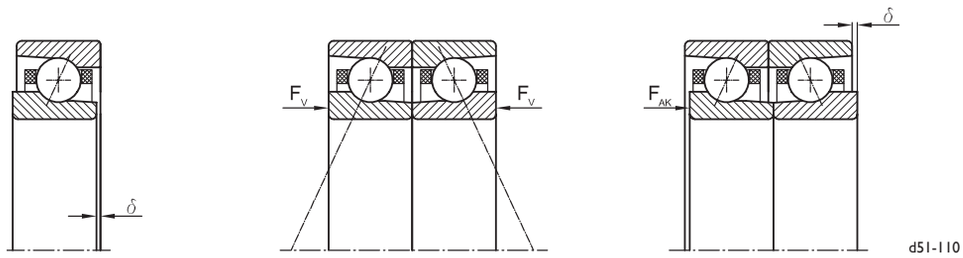
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71819.C	50	6	60	380	140	100	8	75	460	280	220	16	110	550	630	450	25	150	700	1270
CB 71819.C	24	4	45	290	70	50	6	60	360	140	110	10	85	420	320	220	16	120	520	630
71819.E	75	5	120	770	210	150	7	150	920	410	330	14	220	1100	930	660	22	310	1390	1860
CB 71819.E	35	3	90	580	100	75	5	120	720	210	160	9	170	840	460	330	14	230	1040	930
71919.C	160	6	85	560	440	310	8	110	680	880	700	16	170	830	1980	1400	25	240	1080	3960
CB 71919.C	80	4	75	490	220	160	6	100	620	440	350	10	150	740	990	700	16	210	940	1980
71919.CX	95	5	70	440	260	190	7	90	550	530	420	14	130	670	1190	840	22	190	860	2380
CB 71919.CX	45	3	65	410	130	95	5	85	500	260	210	9	120	610	590	420	14	180	790	1190
71919.E	220	4	210	430	620	440	6	280	550	1240	980	10	380	750	2780	1970	16	510	1030	5570
CB 71919.E	110	2	200	390	310	220	4	260	510	620	490	7	350	700	1390	980	10	480	960	2780
71919.EX	130	3	170	340	370	260	5	220	440	740	590	9	300	600	1670	1180	14	410	820	3340
CB 71919.EX	65	2	160	310	190	130	3	200	410	370	300	6	280	550	840	590	9	380	750	1670
7019.C	250	10	95	620	710	500	14	130	760	1420	1130	24	180	890	3200	2260	35	250	1130	6400
CB 7019.C	130	6	85	540	360	250	10	110	690	710	570	16	160	820	1600	1130	24	240	1060	3200
7019.CX	150	7	75	490	430	300	10	110	660	850	680	18	140	700	1920	1360	24	200	900	3840
CB 7019.CX	75	4	70	450	210	150	7	100	610	430	340	12	130	640	960	680	16	180	830	1920
7019.E	350	6	200	400	980	690	9	260	520	1960	1560	14	350	700	4420	3120	22	480	960	8840
CB 7019.E	170	4	180	350	490	350	6	240	480	980	780	10	340	690	2210	1560	14	490	990	4420
7019.EX	210	4	160	320	590	420	6	210	410	1180	940	10	280	560	2650	1870	16	380	770	5300
CB 7019.EX	100	3	150	290	290	210	4	190	380	590	470	7	260	520	1330	940	10	350	700	2650
7219.C	400	12	90	580	1140	810	18	120	710	2280	1810	30	170	830	5130	3630	45	240	1060	10270
CB 7219.C	280	8	85	540	800	560	12	110	690	1600	1270	20	160	820	3590	2540	30	230	1060	7190
7219.E	550	7	210	420	1550	1100	10	270	550	3110	2470	18	370	740	6990	4940	30	510	1010	13990
CB 7219.E	380	4	190	370	1090	770	7	250	510	2180	1730	12	360	730	4900	3460	18	520	1050	9790



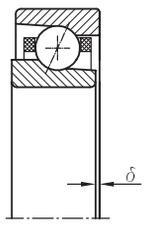
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

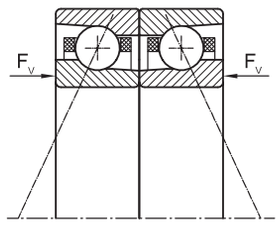
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

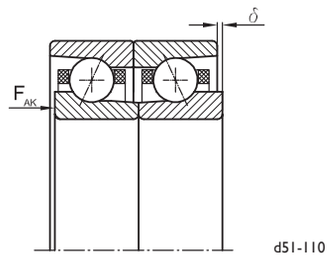
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71820.C	55	6	60	400	150	110	9	80	480	310	250	18	120	580	690	490	25	160	730	1390
CB 71820.C	25	4	45	310	75	55	6	65	380	150	120	12	90	440	350	250	18	120	550	690
71820.E	80	5	120	810	230	160	7	160	970	450	360	14	230	1160	1010	720	22	330	1470	2030
CB 71820.E	40	3	95	610	110	80	5	130	760	230	180	10	180	880	510	360	14	240	1100	1010
71920.C	170	6	90	590	490	350	9	120	720	980	780	18	180	880	2200	1550	25	250	1140	4390
CB 71920.C	85	4	80	510	240	170	6	110	650	490	390	12	160	780	1100	780	18	220	990	2200
71920.CX	100	5	70	470	290	210	7	95	580	590	470	14	140	700	1320	930	22	200	910	2640
CB 71920.CX	50	3	65	430	150	100	5	90	530	290	230	10	130	640	660	470	14	190	830	1320
71920.E	240	4	230	450	690	490	6	290	580	1380	1090	10	400	790	3090	2190	16	540	1080	6190
CB 71920.E	120	3	210	410	340	240	4	270	540	690	550	7	370	730	1550	1090	10	510	1010	3090
71920.EX	150	3	180	360	410	290	5	230	470	830	660	9	320	640	1860	1310	14	430	860	3710
CB 71920.EX	75	2	170	330	210	150	3	210	430	410	330	6	290	580	930	660	9	400	790	1860
7020.C	280	10	100	650	790	560	16	130	800	1580	1260	25	190	940	3550	2510	35	260	1190	7110
CB 7020.C	140	6	90	570	390	280	10	120	730	790	630	16	170	870	1780	1260	24	250	1120	3550
7020.CX	170	7	80	520	470	330	10	120	700	950	750	18	150	740	2130	1510	25	210	950	4260
CB 7020.CX	85	5	75	480	240	170	7	110	640	470	380	12	140	680	1070	750	16	190	870	2130
H 7020.C	85	8	75	470	240	170	12	100	590	470	380	22	140	720	1070	750	30	210	920	2130
CBH 7020.C	60	5	75	500	170	120	8	100	620	330	260	14	150	750	750	530	20	210	950	1490
7020.E	380	6	210	420	1090	770	9	270	540	2170	1730	16	370	740	4880	3450	24	500	1010	9770
CB 7020.E	190	4	190	370	540	380	6	250	510	1090	860	10	360	730	2440	1730	16	520	1040	4880
7020.EX	230	4	170	340	650	460	6	220	440	1300	1040	10	300	590	2930	2070	16	400	810	5860
CB 7020.EX	120	3	150	310	330	230	4	200	400	650	520	7	270	540	1470	1040	10	370	740	2930
H 7020.E	120	5	140	280	330	230	8	190	380	650	520	12	270	550	1470	1040	20	390	780	2930
CBH 7020.E	80	3	150	290	230	160	5	200	390	460	360	8	280	570	1030	720	14	400	800	2050
7220.C	450	12	95	610	1260	890	18	130	750	2530	2010	30	180	880	5680	4020	45	250	1120	11360
CB 7220.C	310	8	85	570	880	620	12	120	730	1770	1410	20	170	870	3980	2810	30	250	1110	7960
7220.E	610	7	220	440	1720	1220	10	290	570	3450	2740	18	390	780	7760	5480	30	530	1060	15510
CB 7220.E	430	5	200	390	1210	850	7	270	540	2410	1920	12	380	770	5430	3840	18	550	1100	10860



Überstand
δ



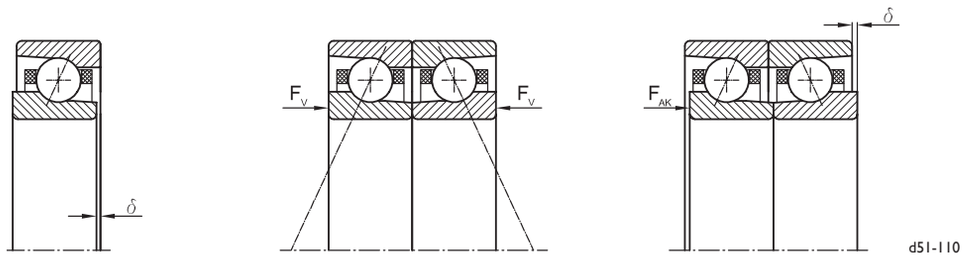
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71821.C	60	6	65	420	170	120	9	85	500	340	270	18	120	600	760	530	30	170	770	1510
CB 71821.C	30	4	50	320	85	60	6	65	400	170	130	12	90	460	380	270	18	130	580	760
71821.E	85	5	130	850	250	170	8	170	1020	490	390	16	240	1210	1100	780	24	340	1540	2210
CB 71821.E	45	3	100	640	120	85	5	130	800	250	190	10	180	920	550	390	16	260	1150	1100
71921.C	190	6	95	610	540	380	9	130	760	1080	860	18	180	920	2430	1710	30	270	1200	4850
CB 71921.C	95	4	85	540	270	190	6	110	680	540	430	12	160	810	1210	860	18	230	1040	2430
71921.CX	110	5	75	490	320	230	8	100	600	650	510	16	150	740	1460	1030	24	210	950	2910
CB 71921.CX	55	3	70	450	160	110	5	90	550	320	260	10	130	670	730	510	16	190	880	1460
71921.E	270	4	240	470	760	540	6	310	610	1520	1210	10	420	830	3420	2420	18	570	1130	6840
CB 71921.E	130	3	220	430	380	270	4	280	570	760	600	7	390	770	1710	1210	12	530	1060	3420
71921.EX	160	3	190	380	460	320	5	250	490	910	730	9	330	670	2050	1450	14	450	910	4110
CB 71921.EX	80	2	170	350	230	160	3	230	450	460	360	6	310	610	1030	730	9	420	830	2050
7021.C	310	10	110	680	870	620	16	140	840	1740	1390	25	200	980	3920	2770	40	280	1250	7850
CB 7021.C	150	7	90	600	440	310	10	130	760	870	690	18	180	910	1960	1390	24	260	1170	3920
7021.CX	180	9	85	550	520	370	14	120	730	1050	830	22	160	780	2350	1660	30	220	1000	4710
CB 7021.CX	90	6	75	500	260	180	9	110	670	520	420	14	140	710	1180	830	20	200	910	2350
7021.E	420	6	220	440	1190	840	9	290	570	2390	1900	16	390	780	5370	3800	24	530	1060	10750
CB 7021.E	210	4	190	390	600	420	6	270	530	1190	950	10	380	760	2690	1900	16	550	1090	5370
7021.EX	250	5	180	350	720	510	8	230	460	1430	1140	14	310	620	3220	2280	20	420	850	6450
CB 7021.EX	130	3	160	320	360	250	5	210	420	720	570	9	290	570	1610	1140	14	390	780	3220
7221.C	490	12	100	640	1390	980	20	130	790	2780	2210	30	180	920	6260	4420	45	260	1170	12520
7221.E	670	7	230	460	1900	1340	12	300	600	3800	3020	20	410	820	8560	6050	30	560	1120	17120



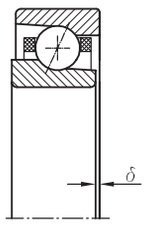
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

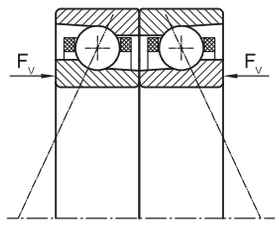
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

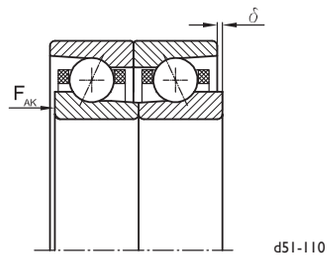
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71822.C	65	6	70	440	180	130	9	90	530	360	290	18	130	630	820	580	30	180	810	1640
CB 71822.C	30	4	50	340	90	65	6	70	420	180	140	12	95	480	410	290	18	130	600	820
71822.E	95	5	140	890	270	190	8	180	1070	530	420	16	250	1270	1190	840	24	360	1610	2390
CB 71822.E	45	3	100	670	130	95	5	140	840	270	210	10	190	970	600	420	16	270	1210	1190
71922.C	210	6	100	640	590	420	9	130	790	1190	940	18	190	960	2670	1880	30	280	1250	5330
CB 71922.C	100	4	85	560	300	210	6	120	710	590	470	12	170	850	1330	940	18	240	1090	2670
71922.CX	130	5	80	510	360	250	8	110	630	710	570	16	150	770	1600	1130	24	220	1000	3200
CB 71922.CX	65	3	75	470	180	130	5	95	580	360	280	10	140	710	800	570	16	200	920	1600
71922.E	300	4	250	500	840	590	6	320	640	1670	1330	12	440	870	3770	2660	18	590	1190	7530
CB 71922.E	150	3	230	460	420	300	4	300	590	840	670	7	400	810	1880	1330	12	560	1110	3770
71922.EX	180	3	200	400	500	350	5	260	510	1000	800	9	350	700	2260	1600	16	480	950	4520
CB 71922.EX	90	2	180	360	250	180	3	240	470	500	400	6	320	640	1130	800	10	440	870	2260
7022.C	340	10	110	720	960	680	16	150	880	1920	1520	25	210	1030	4310	3050	40	290	1310	8620
CB 7022.C	170	7	95	630	480	340	10	130	800	960	760	18	190	950	2160	1520	25	270	1230	4310
H 7022.C	100	9	80	520	290	200	14	110	650	570	460	24	160	790	1290	910	35	230	1010	2590
CBH 7022.C	70	6	85	550	200	140	9	110	680	400	320	14	160	820	910	640	22	230	1040	1810
7022.E	460	6	230	460	1310	920	10	300	600	2620	2080	16	410	810	5890	4160	25	550	1110	11770
CB 7022.E	230	4	200	410	650	460	6	280	560	1310	1040	10	400	800	2940	2080	16	570	1150	5890
H 7022.E	140	5	150	300	390	280	8	210	420	780	620	14	300	600	1770	1250	22	430	850	3530
CBH 7022.E	95	3	160	320	270	190	5	210	430	550	440	9	310	620	1240	870	14	440	880	2470
7222.C	540	14	100	670	1530	1080	20	140	830	3050	2430	35	190	960	6870	4850	50	270	1230	13740
7222.E	740	8	240	490	2090	1480	12	320	630	4180	3320	20	430	860	9400	6640	30	590	1170	18800



Überstand
δ



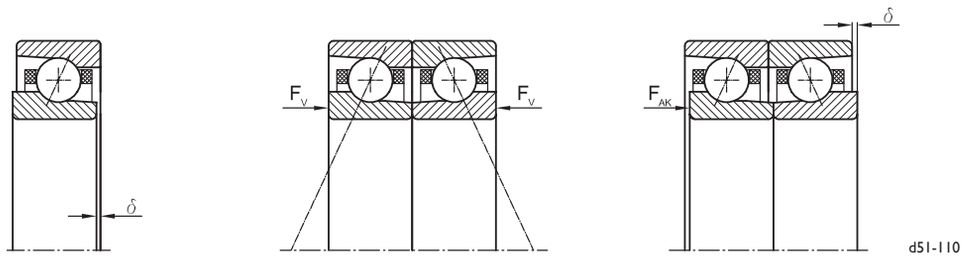
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71824.C	75	6	75	480	210	150	10	95	580	430	340	20	140	690	960	680	30	200	880	1920
CB 71824.C	40	4	55	370	110	75	6	75	450	210	170	12	110	530	480	340	20	150	660	960
71824.E	110	6	150	970	310	220	8	190	1170	620	490	16	280	1390	1390	980	25	390	1760	2780
CB 71824.E	55	4	110	730	150	110	6	150	910	310	250	10	210	1060	690	490	16	290	1320	1390
71924.C	250	6	110	700	710	500	10	140	860	1420	1130	20	210	1050	3190	2250	30	300	1370	6370
CB 71924.C	130	4	95	620	350	250	6	130	780	710	560	12	190	930	1590	1130	20	260	1190	3190
71924.CX	150	6	85	560	420	300	8	120	690	850	680	16	170	840	1910	1350	25	240	1090	3820
CB 71924.CX	75	4	80	520	210	150	6	110	630	420	340	10	150	770	960	680	16	220	1000	1910
71924.E	350	4	270	540	1000	710	7	350	700	2000	1590	12	480	950	4510	3190	18	650	1300	9020
CB 71924.E	180	3	250	500	500	350	4	320	650	1000	800	8	440	880	2250	1590	12	610	1210	4510
71924.EX	210	4	220	430	600	420	6	280	560	1200	960	10	380	760	2700	1910	16	520	1040	5410
CB 71924.EX	110	2	200	400	300	210	4	260	520	600	480	7	350	700	1350	960	10	480	950	2700
7024.C	400	12	120	780	1140	810	18	160	960	2290	1820	30	220	1120	5150	3640	40	320	1430	10290
CB 7024.C	200	7	110	690	570	400	12	150	870	1140	910	18	210	1040	2570	1820	25	300	1340	5150
H 7024.C	120	10	90	570	340	240	14	120	710	690	550	24	170	860	1540	1090	35	250	1110	3090
CBH 7024.C	85	6	90	600	240	170	10	120	740	480	380	16	180	890	1080	760	22	250	1140	2160
7024.E	550	7	250	500	1550	1100	10	330	650	3100	2470	18	440	890	6990	4940	25	600	1210	13970
CB 7024.E	270	4	220	440	780	550	7	300	610	1550	1230	12	440	870	3490	2470	18	630	1250	6990
H 7024.E	160	6	170	330	470	330	9	230	450	930	740	14	330	660	2100	1480	22	470	930	4190
CBH 7024.E	120	4	180	350	330	230	6	230	470	650	520	10	340	680	1470	1040	14	480	960	2930
7224.C	640	14	110	730	1810	1280	22	150	900	3630	2890	35	210	1050	8170	5770	50	300	1340	16330
7224.E	880	8	270	530	2490	1760	12	340	690	4980	3960	22	470	940	11210	7920	35	640	1280	22420



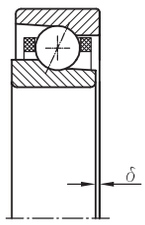
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

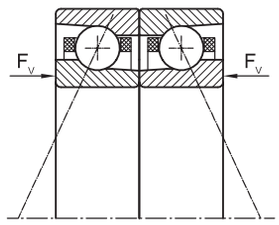
Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

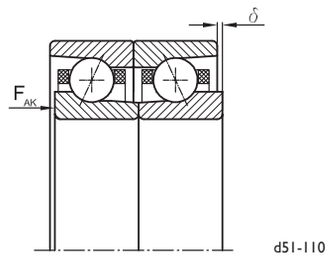
Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71826.C	85	7	80	520	250	170	10	100	620	490	390	20	150	750	1110	780	30	210	950	2210
CB 71826.C	45	4	60	400	120	85	7	80	490	250	200	14	110	570	550	390	22	160	710	1110
71826.E	130	6	160	1050	350	250	9	210	1260	710	560	18	300	1500	1600	1130	25	420	1910	3190
CB 71826.E	65	4	120	790	180	130	6	170	990	350	280	12	230	1140	800	560	18	320	1430	1600
71926.C	290	7	120	760	830	590	10	160	940	1670	1330	20	230	1140	3750	2650	30	330	1480	7500
CB 71926.C	150	4	100	670	420	290	7	140	840	830	660	14	200	1010	1880	1330	22	290	1290	3750
71926.E	420	5	290	590	1180	840	7	380	760	2360	1880	12	520	1030	5320	3760	20	700	1400	10640
CB 71926.E	210	3	270	540	590	420	5	350	700	1180	940	8	480	950	2660	1880	12	660	1320	5320
7026.C	480	12	130	850	1350	950	18	170	1040	2690	2140	30	240	1220	6060	4280	45	340	1540	12120
CB 7026.C	240	8	110	740	670	480	12	160	940	1350	1070	20	220	1120	3030	2140	30	320	1450	6060
7026.E	640	7	270	550	1820	1280	10	350	710	3640	2890	18	480	960	8180	5780	30	660	1310	16360
CB 7026.E	320	5	240	480	910	640	7	330	660	1820	1450	12	470	940	4090	2890	18	680	1350	8180
7226.C	750	16	120	790	2130	1500	24	160	980	4260	3390	35	230	1140	9580	6770	55	320	1450	19160
7226.E	1040	9	290	570	2930	2070	14	370	750	5860	4660	22	510	1010	13180	9320	35	690	1380	26360
71828.C	100	7	85	560	280	200	12	110	670	560	450	22	160	810	1260	890	35	230	1030	2530
CB 71828.C	50	5	65	430	140	100	7	90	530	280	220	14	120	620	630	450	22	170	770	1260
71828.E	140	6	170	1130	400	290	9	230	1360	810	640	18	320	1620	1820	1290	30	460	2050	3640
CB 71828.E	70	4	130	860	200	140	6	180	1070	400	320	12	250	1230	910	640	18	340	1540	1820
71928.C	340	7	130	820	970	690	12	170	1010	1940	1540	22	250	1230	4370	3090	35	350	1590	8730
CB 71928.C	170	5	110	720	490	340	7	150	910	970	770	14	220	1090	2180	1540	22	310	1390	4370
71928.E	490	5	320	630	1380	970	8	410	820	2760	2190	14	560	1110	6200	4380	22	760	1510	12400
CB 71928.E	240	3	290	580	690	490	5	380	760	1380	1100	9	510	1030	3100	2190	14	710	1420	6200
7028.C	550	12	140	910	1570	1110	20	190	1120	3130	2490	30	260	1310	7050	4980	45	370	1660	14100
CB 7028.C	280	8	120	800	780	550	12	170	1020	1570	1250	20	240	1210	3520	2490	30	350	1560	7050
7028.E	740	7	290	590	2100	1490	12	380	760	4210	3350	20	520	1040	9470	6690	30	710	1410	18940
CB 7028.E	370	5	260	520	1050	740	7	360	710	2100	1670	12	510	1020	4730	3350	20	730	1460	9470
7228.C	870	16	130	860	2470	1740	24	180	1050	4940	3930	40	250	1230	11110	7850	60	350	1560	22220
7228.E	1200	9	310	620	3400	2410	14	400	800	6810	5410	24	550	1090	15320	10820	35	740	1490	30630



Überstand
δ



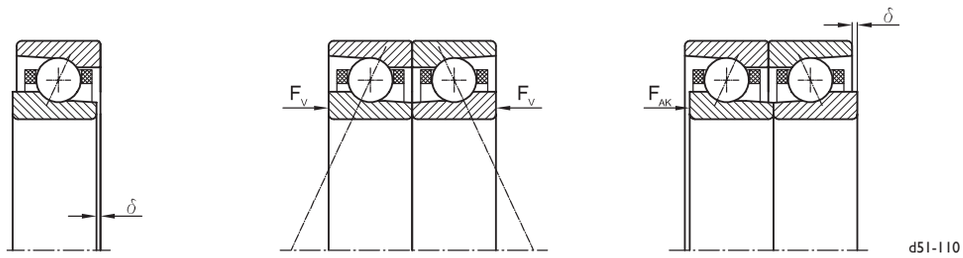
Vorspannkraft
F_V



Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71830.C	110	8	95	600	320	230	12	120	720	640	510	24	170	860	1430	1010	35	240	1100	2870
CB 71830.C	55	5	70	460	160	110	8	95	570	320	250	16	130	660	720	510	24	180	820	1430
71830.E	160	7	190	1210	460	320	10	240	1460	910	730	20	350	1730	2060	1450	30	490	2200	4110
CB 71830.E	80	4	140	920	230	160	7	190	1140	460	360	12	260	1320	1030	730	20	370	1650	2060
71930.C	400	8	140	880	1120	790	12	180	1080	2240	1780	24	260	1310	5030	3560	35	380	1710	10060
CB 71930.C	200	5	120	770	560	400	8	160	970	1120	890	16	230	1160	2520	1780	24	330	1490	5030
71930.E	560	5	340	680	1590	1120	8	440	880	3180	2530	14	600	1190	7150	5060	22	810	1620	14310
CB 71930.E	280	3	310	620	790	560	5	410	810	1590	1260	9	550	1100	3580	2530	14	760	1520	7150
7030.C	640	14	150	980	1800	1270	20	200	1200	3610	2870	35	280	1400	8110	5730	50	400	1780	16220
CB 7030.C	320	9	130	860	900	640	14	180	1090	1800	1430	22	260	1300	4060	2870	30	370	1670	8110
7030.E	850	8	320	630	2410	1700	12	410	820	4820	3840	20	560	1110	10850	7670	30	760	1510	21710
CB 7030.E	430	5	280	560	1210	850	8	380	760	2410	1920	14	540	1090	5430	3840	20	780	1560	10850
71832.C	130	8	100	640	360	250	12	130	770	720	570	24	180	920	1610	1140	40	260	1170	3230
CB 71832.C	65	5	75	490	180	130	8	100	600	360	290	16	140	700	810	570	24	200	880	1610
71832.E	180	7	200	1290	510	360	10	260	1560	1030	820	20	370	1850	2310	1630	30	520	2350	4620
CB 71832.E	90	4	150	980	260	180	7	200	1220	510	410	14	280	1410	1150	820	20	390	1760	2310
71932.C	450	8	140	940	1280	900	12	190	1150	2550	2030	24	280	1400	5740	4060	40	400	1820	11480
CB 71932.C	230	5	130	820	640	450	8	170	1040	1280	1010	16	250	1240	2870	2030	24	350	1580	5740
71932.E	640	5	360	720	1820	1280	8	470	930	3630	2890	14	640	1270	8180	5780	24	860	1730	16350
CB 71932.E	320	4	330	660	910	640	5	430	860	1820	1440	10	590	1170	4090	2890	16	810	1620	8180
7032.C	730	14	160	1040	2060	1450	22	210	1280	4110	3270	35	300	1500	9250	6540	50	420	1900	18510
CB 7032.C	360	9	140	920	1030	730	14	190	1160	2060	1630	22	280	1380	4630	3270	35	400	1790	9250
7032.E	970	8	340	670	2740	1940	12	440	870	5480	4360	22	590	1180	12330	8720	35	810	1610	24670
CB 7032.E	480	5	300	590	1370	970	8	410	810	2740	2180	14	580	1160	6170	4360	22	830	1670	12330
71834.C	140	8	110	690	400	280	12	140	820	800	640	25	200	980	1810	1280	40	280	1250	3610
CB 71834.C	70	5	80	520	200	140	8	110	640	400	320	16	150	750	900	640	25	210	930	1810
71834.E	200	7	210	1370	570	400	12	280	1650	1140	910	22	390	1960	2570	1820	35	550	2490	5150
CB 71834.E	100	5	160	1040	290	200	7	220	1300	570	450	14	300	1500	1290	910	22	410	1870	2570
71934.C	510	8	150	990	1440	1020	12	200	1220	2890	2300	25	300	1490	6500	4600	40	430	1940	13000
CB 71934.C	260	5	130	870	720	510	8	180	1100	1440	1150	16	260	1320	3250	2300	25	370	1680	6500
71934.E	730	6	380	770	2060	1460	9	500	990	4120	3270	16	670	1350	9270	6550	24	920	1840	18540
CB 71934.E	360	4	350	700	1030	730	6	460	920	2060	1640	10	620	1250	4630	3270	16	860	1720	9270
7034.C	820	14	170	1110	2330	1640	22	230	1360	4650	3700	35	320	1590	10470	7400	55	450	2020	20940
CB 7034.C	410	9	150	970	1160	820	14	210	1230	2330	1850	24	290	1470	5240	3700	35	420	1900	10470
7034.E	1090	8	360	710	3090	2180	14	460	920	6180	4920	22	630	1260	13910	9830	35	860	1710	27820
CB 7034.E	550	6	310	630	1550	1090	9	430	860	3090	2460	14	620	1230	6950	4920	22	890	1770	13910



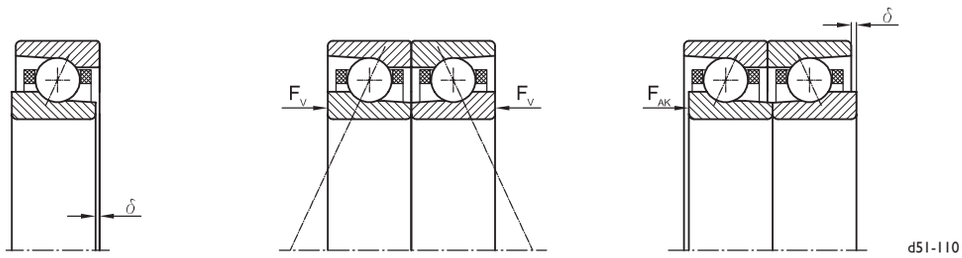
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71836.C	160	9	110	730	450	320	14	140	860	890	710	25	210	1040	2010	1420	40	290	1320	4020
CB 71836.C	80	6	85	550	220	160	9	110	680	450	350	18	160	790	1000	710	25	220	990	2010
71836.E	220	7	220	1450	630	450	12	290	1750	1270	1010	22	420	2080	2850	2020	35	590	2640	5710
CB 71836.E	110	5	170	1100	320	220	7	230	1370	630	500	14	320	1580	1430	1010	24	440	1980	2850
71936.C	570	9	160	1050	1620	1150	14	220	1300	3250	2580	25	320	1580	7310	5170	40	460	2050	14620
CB 71936.C	290	6	140	920	810	570	9	190	1170	1620	1290	18	280	1400	3660	2580	25	400	1780	7310
71936.E	820	6	410	810	2320	1640	9	530	1050	4640	3690	16	710	1430	10430	7370	25	970	1940	20860
CB 71936.E	410	4	370	750	1160	820	6	490	970	2320	1840	10	660	1320	5210	3690	16	910	1820	10430
7036.C	920	16	180	1170	2610	1850	24	240	1440	5230	4160	40	340	1680	11760	8310	55	480	2140	23530
CB 7036.C	460	10	160	1030	1310	920	16	220	1310	2610	2080	25	310	1560	5880	4160	35	450	2010	11760
7036.E	1220	9	380	760	3460	2450	14	490	980	6930	5510	24	670	1330	15580	11010	35	910	1810	31160
CB 7036.E	610	6	330	670	1730	1220	9	460	910	3460	2750	16	650	1310	7790	5510	24	940	1880	15580
71838.C	170	9	120	770	490	350	14	150	910	990	780	30	220	1090	2220	1570	45	310	1390	4440
CB 71838.C	85	6	90	580	250	170	9	120	720	490	390	18	170	840	1110	780	30	230	1040	2220
71838.E	250	8	240	1530	700	490	12	310	1850	1400	1110	24	440	2190	3150	2220	35	620	2790	6290
CB 71838.E	120	5	180	1160	350	250	8	240	1450	700	560	16	330	1670	1570	1110	24	460	2090	3150
71938.C	640	9	170	1110	1820	1280	14	230	1370	3630	2890	30	330	1660	8170	5770	45	480	2160	16340
CB 71938.C	320	6	150	980	910	640	9	210	1230	1820	1440	18	290	1470	4080	2890	30	420	1880	8170
71938.E	920	6	430	860	2590	1830	10	550	1110	5180	4120	16	750	1510	11660	8240	25	1030	2050	23320
CB 71938.E	460	4	390	790	1300	920	6	510	1030	2590	2060	10	700	1390	5830	4120	18	960	1920	11660
7038.C	1030	16	190	1240	2920	2060	24	250	1520	5840	4640	40	360	1780	13130	9280	60	500	2260	26270
CB 7038.C	520	10	170	1090	1460	1030	16	230	1380	2920	2320	25	330	1640	6570	4640	40	470	2120	13130
7038.E	1360	9	400	800	3860	2720	14	520	1030	7710	6130	24	700	1410	17350	12260	40	960	1920	34700
CB 7038.E	680	6	350	700	1930	1360	9	480	970	3860	3070	16	690	1380	8670	6130	24	990	1980	17350
71840.C	190	10	120	810	540	380	14	160	960	1090	860	30	230	1150	2450	1730	45	330	1470	4890
CB 71840.C	95	6	95	610	270	190	10	130	760	540	430	20	180	880	1220	860	30	240	1100	2450
71840.E	270	8	250	1610	770	540	12	320	1940	1540	1220	25	460	2310	3460	2440	40	650	2930	6910
CB 71840.E	140	5	190	1220	380	270	8	250	1520	770	610	16	350	1760	1730	1220	25	490	2200	3460
71940.C	710	10	180	1170	2020	1430	14	240	1440	4030	3210	30	350	1750	9070	6410	45	510	2280	18150
CB 71940.C	360	6	160	1030	1010	710	10	220	1300	2020	1600	20	310	1550	4540	3210	30	440	1980	9070
71940.E	1020	6	450	900	2880	2040	10	580	1170	5760	4580	18	790	1590	12960	9160	30	1080	2160	25930
CB 71940.E	510	4	410	830	1440	1020	6	540	1080	2880	2290	12	730	1470	6480	4580	18	1010	2020	12960
7040.C	1150	16	200	1300	3240	2290	25	270	1600	6480	5150	40	370	1870	14580	10310	60	530	2380	29160
7040.E	1510	10	420	840	4270	3020	14	540	1090	8540	6790	25	740	1480	19210	13580	40	1010	2020	38420



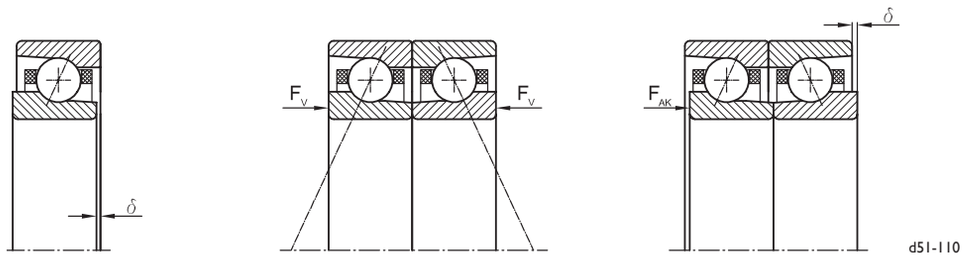
Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71844.C	230	10	140	890	650	460	16	180	1060	1300	1030	30	250	1270	2930	2070	50	360	1610	5850
CB 71844.C	110	7	100	670	330	230	10	140	830	650	520	20	190	970	1460	1030	30	270	1210	2930
71844.E	320	9	270	1770	910	650	14	360	2140	1830	1450	25	510	2540	4110	2910	40	720	3230	8230
CB 71844.E	160	6	210	1340	460	320	9	280	1680	910	730	18	390	1940	2060	1450	25	540	2420	4110
71944.C	870	10	200	1290	2450	1730	16	260	1580	4900	3900	30	390	1930	11030	7790	50	560	2500	22060
CB 71944.C	430	7	170	1130	1230	870	10	240	1430	2450	1950	20	340	1710	5510	3900	30	480	2180	11030
71944.E	1240	7	500	990	3510	2480	10	640	1280	7010	5580	18	870	1750	15780	11150	30	1190	2380	31560
CB 71944.E	620	5	460	910	1750	1240	7	590	1190	3510	2790	12	810	1610	7890	5580	20	1110	2230	15780
7044.C	1390	18	220	1430	3930	2780	25	290	1760	7870	6260	45	410	2060	17700	12510	65	580	2610	35410
7044.E	1820	10	460	920	5160	3650	16	600	1200	10320	8210	25	810	1630	23220	16410	40	1110	2220	46440
71848.C	270	12	150	970	770	540	18	190	1150	1530	1220	35	280	1380	3450	2440	55	390	1760	6900
CB 71848.C	140	7	110	730	380	270	12	150	910	770	610	22	210	1060	1720	1220	35	290	1320	3450
71848.E	380	9	300	1930	1070	760	14	390	2330	2150	1710	30	550	2770	4830	3410	45	780	3520	9660
CB 71848.E	190	6	230	1470	540	380	9	300	1830	1070	850	18	420	2110	2420	1710	30	590	2640	4830
71948.C	1030	12	220	1400	2930	2070	18	290	1730	5860	4660	35	420	2100	13180	9310	55	610	2730	26360
CB 71948.C	520	7	190	1230	1460	1030	12	260	1560	2930	2330	22	370	1860	6590	4660	35	530	2380	13180
71948.E	1480	7	540	1080	4190	2960	12	700	1400	8390	6670	20	950	1910	18870	13340	35	1300	2590	37750
CB 71948.E	740	5	500	990	2100	1480	7	650	1300	4190	3330	14	880	1760	9440	6670	22	1210	2430	18870
7048.C	1660	20	240	1560	4700	3320	30	320	1920	9390	7470	50	450	2240	21130	14930	70	630	2850	42260
7048.E	2170	12	500	1010	6140	4340	18	650	1310	12270	9760	30	890	1780	27620	19520	45	1210	2420	55230
71852.C	320	12	160	1050	890	630	18	210	1250	1780	1420	35	300	1500	4020	2840	55	420	1910	8030
CB 71852.C	160	8	120	790	450	320	12	160	980	890	710	24	230	1140	2010	1420	35	320	1430	4020
71852.E	440	10	320	2100	1250	880	16	420	2530	2490	1980	30	600	3000	5600	3960	50	850	3810	11210
CB 71852.E	220	7	240	1590	620	440	10	330	1980	1250	990	20	460	2290	2800	1980	30	630	2850	5600
71952.C	1220	12	230	1520	3450	2440	18	310	1870	6900	5490	35	460	2280	15520	10970	55	660	2960	31050
CB 71952.C	610	8	210	1340	1720	1220	12	280	1680	3450	2740	24	400	2020	7760	5490	35	570	2570	15520
71952.E	1750	8	590	1170	4940	3490	12	760	1520	9890	7860	22	1030	2060	22250	15720	35	1400	2810	44500
CB 71952.E	870	5	540	1080	2470	1750	8	700	1400	4940	3930	14	950	1910	11120	7860	22	1320	2630	22250



Überstand
δ

Vorspannkraft
F_V

Abhebekraft
F_{AK}

Vorspannungen und Steifigkeiten

Basiskurz-zeichen	X					L					M					H				
	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}	F_V	δ	S_a	S_r	F_{AK}
	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N	N	µm	N/µm		N
71856.C	360	12	170	1130	1030	730	20	220	1340	2060	1630	40	320	1610	4630	3270	60	460	2050	9250
CB 71856.C	180	8	130	860	510	360	12	180	1060	1030	820	25	250	1230	2310	1630	40	340	1540	4630
71856.E	510	10	350	2260	1430	1010	16	450	2720	2860	2270	35	650	3230	6430	4550	50	910	4110	12870
CB 71856.E	250	7	260	1710	710	510	10	360	2130	1430	1140	22	490	2460	3220	2270	35	680	3070	6430
71956.C	1420	12	250	1640	4010	2840	20	340	2020	8030	6380	40	490	2450	18060	12760	60	710	3190	36120
CB 71956.C	710	8	220	1440	2010	1420	12	300	1810	4010	3190	25	430	2170	9030	6380	40	620	2770	18060
71956.E	2030	9	630	1260	5760	4070	14	820	1640	11510	9150	24	1110	2220	25900	18310	35	1510	3020	51810
CB 71956.E	1020	6	580	1160	2880	2030	9	760	1510	5760	4580	14	1030	2060	12950	9150	24	1420	2830	25900
71860.C	410	14	190	1210	1170	830	20	240	1440	2350	1870	40	350	1730	5280	3730	65	490	2200	10560
CB 71860.C	210	9	140	920	590	410	14	190	1130	1170	930	25	260	1320	2640	1870	40	370	1650	5280
71860.E	570	12	370	2420	1630	1150	18	490	2920	3250	2590	35	690	3470	7320	5170	55	980	4400	14640
CB 71860.E	290	7	280	1830	810	570	12	380	2290	1630	1290	22	530	2640	3660	2590	35	730	3290	7320
71960.C	1085	10	200	1330	3070	2170	16	270	1630	6140	4890	30	400	1980	13840	9770	48	570	2580	27650
71960.E	1580	7	520	1020	4470	3150	11	670	1320	8910	7090	19	900	1800	20060	14200	30	1230	2450	40190
71864.C	470	14	200	1290	1330	940	22	260	1540	2660	2110	45	370	1840	5980	4220	70	520	2350	11950
CB 71864.C	230	9	150	980	660	470	14	200	1210	1330	1060	30	280	1410	2990	2110	45	390	1760	5980
71864.E	650	12	400	2580	1840	1300	18	520	3110	3670	2920	35	740	3700	8270	5840	60	1040	4690	16530
CB 71864.E	320	8	300	1960	920	650	12	410	2440	1840	1460	24	560	2820	4130	2920	40	780	3510	8270
71964.C	1110	5	200	1300	3140	2220	9	260	1600	6280	5000	15	390	1950	14150	9990	24	560	2540	28270
71964.E	1650	7	510	1020	4670	3290	11	660	1330	9310	7400	19	900	1810	20940	14800	31	1230	2460	41890
71968.C	1050	5	190	1220	2970	2100	8	250	1500	5940	4730	14	370	1830	13390	9450	23	530	2380	26740
71968.E	1480	6	470	930	4190	2950	10	600	1200	8350	6640	18	820	1630	18790	13300	29	1110	2220	37640
71972.C	1080	5	185	1220	3060	2150	8	250	1490	6080	4850	15	360	1810	13730	9680	23	520	2360	27400
71972.E	1550	7	470	930	4390	3100	11	610	1210	8770	6950	18	830	1650	19670	13950	30	1120	2240	39500

2.5 Differenzmaße der Vorspannungen

Das Erzielen einer geforderten Steifigkeit bei gegebener Drehzahl der Wälzlagerung kann eine nachträgliche Veränderung der gegebenen Vorspannung im Wälzlagersatz erforderlich machen.

Das gelingt mit Hilfe von Zwischenringen, deren Längenunterschied den Wechsel der Vorspannungsklasse bewirkt.

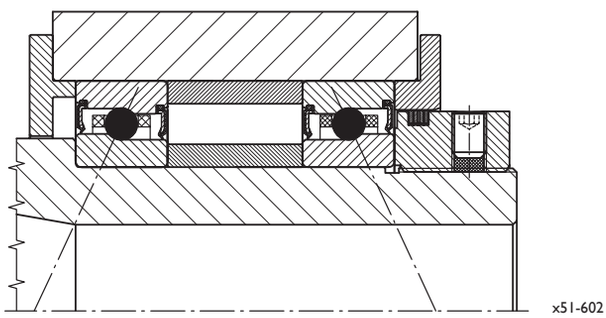


Bild 2.7: IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagerpaar mit Zwischenringen

Zu diesem Zweck sind in den folgenden Tabellen die Differenzmaße der einzelnen Vorspannungsklassen zueinander angegeben. Das Differenzmaß ist die Strecke in µm, um die die Ringe eines Schrägkugellagerpaares axial zusätzlich gegeneinander verschoben werden, um die nächste Vorspannungsklasse zu erzielen. Beispielsweise erhöht in der O-Anordnung eine Kürzung des inneren Zwischenringes um den Tabellenbetrag die Vorspannung um eine Klasse. In der X-Anordnung gilt das Gleiche für den äußeren Zwischenring. Eine Reduzierung der Vorspannung tritt bei umgekehrter Verfahrensweise ein.

Die Maße individuell angefertigter Zwischenringe sollten sorgfältig dokumentiert werden und die Ringe selbst bei Instandsetzungsarbeiten bei der Spindel verbleiben. Müssen die Zwischenringe ersetzt werden, so ist das vorhandene Differenzmaß zu ermitteln, um mit gegebenem Differenzmaß der auszutauschenden Hochpräzisions-Wälzlager die frühere Vorspannung wieder herzustellen.

Zwischenringe in Lagerbreite erlauben bei größeren Beanspruchungen der Lagerung problemlos das nachträgliche Einfügen eines weiteren Wälzlagers.

Baureihe 718...C und 718...E

Baureihe 718...C und 718...E																				
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
71810.C	4	2	6	6	71826.C	7	3	10	10	71810.E	3	2	5	4	71826.E	6	3	9	7
71811.C	4	2	6	6	71828.C	8	4	12	11	71811.E	3	2	5	6	71828.E	6	3	9	12
71812.C	4	2	6	8	71830.C	8	4	12	11	71812.E	3	2	5	6	71830.E	7	3	10	10
71813.C	5	2	7	6	71832.C	8	4	12	16	71813.E	4	2	6	6	71832.E	7	3	10	10
71814.C	5	2	7	8	71834.C	8	4	13	15	71814.E	4	2	6	6	71834.E	7	5	10	13
71815.C	4	3	7	8	71836.C	9	5	11	15	71815.E	4	2	6	6	71836.E	7	5	10	13
71816.C	5	3	6	8	71838.C	9	5	16	15	71816.E	4	2	6	8	71838.E	8	4	12	11
71817.C	5	3	8	8	71840.C	10	4	16	15	71817.E	4	3	7	6	71840.E	8	4	13	15
71818.C	5	3	8	8	71844.C	10	6	14	20	71818.E	5	2	7	8	71844.E	9	5	11	15
71819.C	6	2	8	9	71848.C	12	6	17	20	71819.E	4	3	7	8	71848.E	9	5	16	15
71820.C	6	3	9	7	71852.C	12	6	17	20	71820.E	4	3	7	8	71852.E	10	6	14	20
71821.C	6	3	9	12	71856.C	12	8	20	20	71821.E	5	3	8	8	71856.E	10	6	19	15
71822.C	6	3	9	12	71860.C	14	6	20	25	71822.E	5	3	8	8	71860.E	12	6	17	20
71824.C	7	3	10	10	71864.C	14	8	23	25	71824.E	5	3	8	9	71864.E	12	6	17	25

Baureihe CB 718...C und CB 718...E																				
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
CB 71810.C	3	1	4	5	CB 71826.C	5	2	7	8	CB 71810.E	2	1	3	3	CB 71826.E	4	2	6	6
CB 71811.C	3	1	4	4	CB 71828.C	4	3	7	8	CB 71811.E	2	1	3	3	CB 71828.E	4	2	6	6
CB 71812.C	3	1	4	4	CB 71830.C	5	3	8	8	CB 71812.E	3	1	3	3	CB 71830.E	5	2	5	8
CB 71813.C	2	2	4	5	CB 71832.C	5	3	8	8	CB 71813.E	3	1	4	5	CB 71832.E	4	3	7	6
CB 71814.C	3	2	4	5	CB 71834.C	5	3	8	9	CB 71814.E	3	1	4	4	CB 71834.E	4	3	7	8
CB 71815.C	3	2	5	5	CB 71836.C	6	3	9	7	CB 71815.E	3	1	4	4	CB 71836.E	4	3	7	10
CB 71816.C	3	2	5	4	CB 71838.C	6	3	9	12	CB 71816.E	3	1	4	4	CB 71838.E	5	3	8	8
CB 71817.C	3	2	5	6	CB 71840.C	7	3	10	10	CB 71817.E	3	1	5	5	CB 71840.E	5	3	8	9
CB 71818.C	3	2	5	6	CB 71844.C	7	3	10	10	CB 71818.E	3	2	4	5	CB 71844.E	6	3	9	7
CB 71819.C	4	2	4	6	CB 71848.C	7	5	10	13	CB 71819.E	3	2	5	5	CB 71848.E	6	3	9	12
CB 71820.C	4	2	6	6	CB 71852.C	8	4	12	11	CB 71820.E	3	2	5	4	CB 71852.E	7	3	10	10
CB 71821.C	4	2	6	6	CB 71856.C	8	4	13	15	CB 71821.E	3	2	5	6	CB 71856.E	7	3	12	13
CB 71822.C	4	2	6	6	CB 71860.C	9	5	11	15	CB 71822.E	3	2	5	6	CB 71860.E	7	5	10	13
CB 71824.C	4	2	6	8	CB 71864.C	9	5	16	15	CB 71824.E	4	2	4	6	CB 71864.E	8	4	12	16

Baureihe 719...C

Baureihe 719...C																				
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
X-71900.C	2	1	3	3	71910.C	4	2	6	6	71920.C	6	3	9	7	71938.C	9	5	16	15
X-71901.C	2	1	3	3	71911.C	4	2	6	6	71921.C	6	3	9	12	71940.C	10	4	16	15
X-71902.C	3	1	3	3	71912.C	4	2	6	8	71922.C	6	3	9	12	71944.C	10	6	14	20
71903.C	3	1	4	5	71913.C	5	2	7	6	71924.C	7	3	10	10	71948.C	12	6	17	20
71904.C	3	1	4	4	71914.C	5	2	7	8	71926.C	7	3	10	10	71952.C	12	6	17	20
71905.C	3	1	4	4	71915.C	4	3	7	8	71928.C	7	5	10	13	71956.C	12	8	20	20
71906.C	3	2	4	5	71916.C	5	3	6	8	71930.C	8	4	12	11	71960.C	10	6	14	18
71907.C	3	2	5	5	71917.C	5	3	8	8	71932.C	8	4	12	16	71964.C	5	4	6	9
71908.C	3	2	5	6	71918.C	5	3	8	8	71934.C	8	4	13	15	71968.C	5	3	6	9
71909.C	3	2	5	6	71919.C	6	2	8	9	71936.C	9	5	11	15	71972.C	5	3	7	8

Baureihe CB 719...C																				
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
CBX-71900.C	1	1	2	2	CB 71910.C	3	1	4	5	CB 71920.C	4	2	6	6	CB 71938.C	6	3	9	12
CBX-71901.C	1	1	2	2	CB 71911.C	3	1	4	4	CB 71921.C	4	2	6	6	CB 71940.C	7	3	10	10
CBX-71902.C	1	1	2	2	CB 71912.C	3	1	4	4	CB 71922.C	4	2	6	6	CB 71944.C	7	3	10	10
CB 71903.C	1	1	2	2	CB 71913.C	2	2	4	5	CB 71924.C	4	2	6	8	CB 71948.C	7	5	10	13
CB 71904.C	2	1	2	3	CB 71914.C	3	2	4	5	CB 71926.C	5	2	7	8	CB 71952.C	8	4	12	11
CB 71905.C	2	1	3	3	CB 71915.C	3	2	5	5	CB 71928.C	4	3	7	8	CB 71956.C	8	4	13	15
CB 71906.C	2	1	3	3	CB 71916.C	3	2	5	4	CB 71930.C	5	3	8	8					
CB 71907.C	2	1	3	3	CB 71917.C	3	2	5	6	CB 71932.C	5	3	8	8					
CB 71908.C	2	1	3	3	CB 71918.C	3	2	5	6	CB 71934.C	5	3	8	9					
CB 71909.C	3	1	3	3	CB 71919.C	4	2	4	6	CB 71936.C	6	3	9	7					

Baureihe 719...CX										Baureihe CB 719...CX									
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
71906.CX	3	1	4	4	71916.CX	4	2	6	8	CB 71906.CX	2	1	2	3	CB 71916.CX	3	1	4	4
71907.CX	3	1	4	4	71917.CX	5	2	7	6	CB 71907.CX	2	1	3	3	CB 71917.CX	2	2	4	5
71908.CX	2	2	4	5	71918.CX	5	2	7	8	CB 71908.CX	2	1	3	3	CB 71918.CX	3	2	4	5
71909.CX	3	2	4	5	71919.CX	4	3	7	8	CB 71909.CX	2	1	3	3	CB 71919.CX	3	2	5	5
71910.CX	3	2	5	4	71920.CX	4	3	7	8	CB 71910.CX	2	1	3	3	CB 71920.CX	3	2	5	4
71911.CX	3	2	5	6	71921.CX	5	3	8	8	CB 71911.CX	2	1	3	3	CB 71921.CX	3	2	5	6
71912.CX	3	2	5	6	71922.CX	5	3	8	8	CB 71912.CX	3	1	3	3	CB 71922.CX	3	2	5	6
71913.CX	4	2	6	6	71924.CX	6	2	8	9	CB 71913.CX	3	1	4	5	CB 71924.CX	4	2	4	6
71914.CX	4	2	6	6						CB71914.CX	3	1	4	4					
71915.CX	4	2	6	6						CB 71915.CX	3	1	4	4					

Baureihe 719...E

Baureihe 719...E																				
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
X-71900.E	1	1	2	2	71910.E	3	1	3	3	71920.E	4	2	4	6	71938.E	7	3	6	9
X-71901.E	1	1	2	2	71911.E	3	1	3	5	71921.E	4	2	4	8	71940.E	7	3	8	12
X-71902.E	2	1	2	2	71912.E	2	2	3	4	71922.E	4	2	6	6	71944.E	7	3	8	12
71903.E	2	1	2	2	71913.E	3	2	3	4	71924.E	5	2	5	6	71948.E	7	5	8	15
71904.E	2	1	2	2	71914.E	3	2	4	6	71926.E	5	2	5	8	71952.E	8	4	10	13
71905.E	2	1	2	3	71915.E	3	2	4	5	71928.E	5	3	6	8	71956.E	9	5	10	11
71906.E	2	1	2	3	71916.E	3	2	4	5	71930.E	5	3	6	8	71960.E	7	4	8	11
71907.E	2	1	3	3	71917.E	3	2	4	5	71932.E	5	3	6	10	71964.E	7	4	8	12
71908.E	3	1	3	4	71918.E	4	2	4	6	71934.E	6	3	7	8	71968.E	6	4	8	11
71909.E	3	1	3	3	71919.E	4	2	4	6	71936.E	6	3	7	9	71972.E	7	4	7	12

Baureihe CB 719...E																				
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
CBX-71900.E	1	1	1	1	CB 71910.E	2	1	2	3	CB 71920.E	3	1	3	3	CB 71938.E	4	2	4	8
CBX-71901.E	1	1	1	1	CB 71911.E	2	1	2	3	CB 71921.E	3	1	3	5	CB 71940.E	4	2	6	6
CBX-71902.E	1	1	1	1	CB 71912.E	2	1	2	3	CB 71922.E	3	1	3	5	CB 71944.E	5	2	5	8
CB 71903.E	1	1	1	2	CB 71913.E	2	1	2	3	CB 71924.E	2	2	3	4	CB 71948.E	4	3	7	8
CB 71904.E	1	1	1	2	CB 71914.E	2	1	2	3	CB 71926.E	3	2	4	4	CB 71952.E	5	3	6	8
CB 71905.E	1	1	1	2	CB 71915.E	2	1	2	3	CB 71928.E	3	2	4	5	CB 71956.E	6	3	5	10
CB 71906.E	1	1	2	2	CB 71916.E	2	1	3	3	CB 71930.E	3	2	4	5					
CB 71907.E	1	1	2	2	CB 71917.E	2	1	3	4	CB 71932.E	3	2	4	6					
CB 71908.E	1	1	2	2	CB 71918.E	3	1	3	4	CB 71934.E	4	2	4	6					
CB 71909.E	1	1	2	2	CB 71919.E	3	1	3	3	CB 71936.E	4	2	4	6					

Baureihe 719...EX und H 719...E										Baureihe CB 719...EX und CBH 719...E									
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H	**Basiskurz-zeichen**	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
71906.EX	2	1	2	3	71916.EX	2	2	3	4	CB 71906.EX	1	1	1	2	CB 71916.EX	2	1	2	3
71907.EX	2	1	2	3	71917.EX	3	2	3	4	CB 71907.EX	1	1	2	2	CB 71917.EX	2	1	2	3
71908.EX	2	1	2	3	71918.EX	3	2	4	6	CB 71908.EX	1	1	1	2	CB 71918.EX	2	1	2	3
71909.EX	2	1	2	3	71919.EX	3	2	4	5	CB 71909.EX	1	1	2	2	CB 71919.EX	2	1	2	3
71910.EX	2	1	3	3	71920.EX	3	2	4	5	CB 71910.EX	1	1	2	2	CB 71920.EX	2	1	2	3
71911.EX	3	1	3	4	71921.EX	3	2	4	5	CB 71911.EX	1	1	2	2	CB 71921.EX	2	1	3	4
71912.EX	3	1	3	4	71922.EX	3	2	4	7	CB 71912.EX	1	1	2	2	CB 71922.EX	2	1	3	4
71913.EX	3	1	3	3	71924.EX	4	2	4	6	CB 71913.EX	1	1	2	3	CB 71924.EX	3	1	3	3
71914.EX	3	1	3	5						CB 71914.EX	2	1	2	3					
71915.EX	3	1	3	5						CB 71915.EX	2	1	2	3					
H 71908.E	2	1	2	3	H 71912.E	3	1	3	4	CBH 71908.E	1	1	2	2	CBH 71912.E	1	1	1	2
H 71909.E	1	1	3	3	H 71913.E	3	1	3	3	CBH 71909.E	1	1	2	2	CBH 71913.E	1	1	2	3
H 71910.E	2	1	3	3	H 71914.E	3	1	3	5	CBH 71910.E	1	1	2	2	CBH 71914.E	2	1	2	3
H 71911.E	3	1	3	4						CBH 71911.E	1	1	2	2					

Baureihe 70...C

Baureihe 70...C

Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
X-706.C	4	2	4	4	7006.C	5	3	6	6	7016.C	9	5	8	8	7030.C	14	6	15	15
X-707.C	4	2	4	4	7007.C	6	3	5	8	7017.C	9	5	10	11	7032.C	14	8	13	15
X-708.C	4	2	4	4	7008.C	6	3	7	6	7018.C	9	5	10	11	7034.C	14	8	13	20
X-709.C	4	2	4	6	7009.C	7	3	6	8	7019.C	10	4	10	11	7036.C	16	8	16	15
X-7000.C	4	2	4	6	7010.C	7	3	8	6	7020.C	10	6	9	10	7038.C	16	8	16	20
X-7001.C	4	2	6	4	7011.C	7	3	8	7	7021.C	10	6	9	15	7040.C	16	9	15	20
7002.C	5	2	5	4	7012.C	7	5	6	7	7022.C	10	6	9	15	7044.C	18	7	20	20
7003.C	5	2	5	6	7013.C	8	4	8	10	7024.C	12	6	12	10	7048.C	20	10	20	20
7004.C	4	3	5	6	7014.C	8	4	8	10	7026.C	12	6	12	15					
7005.C	5	3	6	4	7015.C	8	4	10	8	7028.C	12	8	10	15					

Baureihe CB 70...C

Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
CBX-706.C	3	1	3	3	CB 7006.C	3	2	4	5	CB 7016.C	6	3	5	6	CB 7030.C	9	5	8	8
CBX-707.C	3	1	3	3	CB 7007.C	4	2	4	4	CB 7017.C	6	3	5	8	CB 7032.C	9	5	8	13
CBX-708.C	3	1	3	3	CB 7008.C	4	2	4	4	CB 7018.C	6	3	7	6	CB 7034.C	9	5	10	11
CBX-709.C	3	1	3	3	CB 7009.C	4	2	4	6	CB 7019.C	7	3	6	8	CB 7036.C	10	6	9	10
CBX-7000.C	3	1	3	3	CB 7010.C	5	2	5	4	CB 7020.C	7	3	6	8	CB 7038.C	10	6	9	15
CBX-7001.C	3	1	3	3	CB 7011.C	5	2	5	4	CB 7021.C	7	3	8	6					
CB-7002.C	2	2	3	2	CB 7012.C	4	3	5	6	CB 7022.C	7	3	8	7					
CB 7003.C	3	2	3	4	CB 7013.C	5	3	4	6	CB 7024.C	7	5	6	7					
CB 7004.C	3	2	3	4	CB 7014.C	5	3	6	6	CB 7026.C	8	4	8	10					
CB 7005.C	3	2	4	3	CB 7015.C	5	3	6	6	CB 7028.C	8	4	8	10					

Baureihe 70...CX und CB 70...CX

Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm			
7002.CX	4	2	4	4	CB 7002.CX	3	1	3	3
7003.CX	4	2	4	4	CB 7003.CX	3	1	3	3
7004.CX	4	2	4	6	CB 7004.CX	3	1	3	3
7005.CX	4	3	5	4	CB 7005.CX	2	2	3	3
7006.CX	5	2	5	6	CB 7006.CX	3	2	3	4
7007.CX	4	3	5	6	CB 7007.CX	3	2	3	4
7008.CX	4	2	6	4	CB 7008.CX	3	1	3	3
7009.CX	5	2	5	4	CB 7009.CX	2	2	3	2
7010.CX	4	3	5	6	CB 7010.CX	3	2	3	4
7011.CX	5	3	4	6	CB 7011.CX	3	2	3	4
7012.CX	5	3	6	6	CB 7012.CX	3	2	4	3
7013.CX	5	3	6	6	CB 7013.CX	3	2	4	3
7014.CX	6	3	5	6	CB 7014.CX	4	2	4	5
7015.CX	6	3	7	6	CB 7015.CX	4	2	4	4
7016.CX	6	3	7	6	CB 7016.CX	4	2	4	4
7017.CX	7	3	6	8	CB 7017.CX	4	2	4	6
7018.CX	6	4	6	8	CB 7018.CX	4	2	4	6
7019.CX	7	3	8	6	CB 7019.CX	5	2	5	4
7020.CX	7	3	8	7	CB 7020.CX	5	2	5	4
7021.CX	7	5	6	7	CB 7021.CX	4	3	5	6

Baureihe H 70...C und CBH 70...C

Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm			
H 7008.C	3	5	6	6	CBH 7008.C	1	4	4	3
H 7009.C	2	6	6	6	CBH 7009.C	1	4	4	5
H 7010.C	6	3	5	8	CBH 7010.C	4	2	4	4
H 7011.C	6	3	7	6	CBH 7011.C	4	2	4	4
H 7012.C	7	3	6	8	CBH 7012.C	4	2	4	6
H 7013.C	6	4	6	8	CBH 7013.C	5	2	3	6
H 7014.C	7	3	8	7	CBH 7014.C	5	2	5	4
H 7015.C	7	3	8	7	CBH 7015.C	5	2	5	6
H 7016.C	7	5	6	7	CBH 7016.C	4	3	5	6
H 7017.C	8	4	8	10	CBH 7017.C	5	3	6	6
H 7018.C	8	4	8	10	CBH 7018.C	5	3	6	6
H 7020.C	8	4	8	10	CBH 7020.C	5	3	6	6
H 7022.C	9	5	10	11	CBH 7022.C	6	3	5	8
H 7024.C	10	4	10	11	CBH 7024.C	7	3	6	6

Baureihe 70...E

Baureihe 70...E																				
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
X-706.E	2	1	2	3	7006.E	3	2	3	4	7016.E	5	3	6	6	7030.E	8	4	8	10
X-707.E	3	1	2	3	7007.E	3	2	4	5	7017.E	5	3	6	8	7032.E	8	4	10	13
X-708.E	3	1	2	3	7008.E	3	2	4	5	7018.E	5	3	6	8	7034.E	8	6	8	13
X-709.E	3	1	3	3	7009.E	4	2	4	6	7019.E	6	3	5	8	7036.E	9	5	10	11
X-7000.E	3	1	3	3	7010.E	4	2	4	6	7020.E	6	3	7	8	7038.E	9	5	10	16
X-7001.E	3	1	3	3	7011.E	4	2	4	6	7021.E	6	3	7	8	7040.E	10	4	11	15
7002.E	3	1	3	3	7012.E	5	2	5	6	7022.E	7	3	6	9	7044.E	10	6	9	15
7003.E	3	1	3	3	7013.E	5	2	5	6	7024.E	7	3	8	7	7048.E	12	6	12	15
7004.E	3	1	3	5	7014.E	4	3	5	6	7026.E	7	3	8	12					
7005.E	3	2	3	4	7015.E	5	3	4	8	7028.E	7	5	8	10					

Baureihe CB 70...E																			
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
CBX-706.E	1	1	2	2	CB 7006.E	2	1	2	3	CB 7016.E	3	2	4	5	CB 7030.E	5	3	6	6
CBX-707.E	1	1	2	2	CB 7007.E	2	1	2	3	CB 7017.E	3	2	4	5	CB 7032.E	5	3	6	8
CBX-708.E	1	1	2	2	CB 7008.E	3	1	2	3	CB 7018.E	3	2	4	5	CB 7034.E	6	3	5	8
CBX-709.E	1	1	2	2	CB 7009.E	3	1	3	3	CB 7019.E	4	2	4	4	CB 7036.E	6	3	7	8
CBX-7000.E	1	1	2	2	CB 7010.E	3	1	3	3	CB 7020.E	4	2	4	6	CB 7038.E	6	3	7	8
CBX-7001.E	1	1	2	2	CB 7011.E	3	1	3	3	CB 7021.E	4	2	4	6					
CB-7002.E	2	1	2	2	CB 7012.E	2	2	3	5	CB 7022.E	4	2	4	6					
CB 7003.E	2	1	2	2	CB 7013.E	3	2	3	4	CB 7024.E	5	2	5	6					
CB 7004.E	2	1	2	2	CB 7014.E	3	2	3	4	CB 7026.E	5	2	5	6					
CB 7005.E	2	1	2	3	CB 7015.E	3	2	3	4	CB 7028.E	4	3	5	8					

Baureihe 70...EX und CB 70...EX										Baureihe H 70...E und CBH 70...E									
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
7002.EX	2	1	2	3	CB 7002.EX	1	1	2	2	H 7008.E	2	3	3	4	CBH 7008.E	1	2	2	3
7003.EX	3	1	2	3	CB 7003.EX	1	1	2	2	H 7009.E	2	3	3	4	CBH 7009.E	1	2	2	3
7004.EX	2	2	2	4	CB 7004.EX	1	1	1	2	H 7010.E	3	2	4	5	CBH 7010.E	2	1	2	3
7005.EX	3	1	3	3	CB 7005.EX	2	1	2	2	H 7011.E	3	2	4	5	CBH 7011.E	3	1	2	3
7006.EX	3	1	3	3	CB 7006.EX	2	1	2	2	H 7012.E	4	2	4	4	CBH 7012.E	3	1	3	3
7007.EX	2	2	3	5	CB 7007.EX	2	1	2	3	H 7013.E	4	2	4	6	CBH 7013.E	3	1	3	4
7008.EX	3	1	3	3	CB 7008.EX	2	1	2	2	H 7014.E	4	2	4	6	CBH 7014.E	3	1	3	3
7009.EX	3	1	3	3	CB 7009.EX	2	1	2	2	H 7015.E	4	2	4	6	CBH 7015.E	3	1	3	3
7010.EX	2	2	3	5	CB 7010.EX	2	1	2	3	H 7016.E	5	2	5	6	CBH 7016.E	2	2	3	5
7011.EX	3	2	3	4	CB 7011.EX	2	1	2	3	H 7017.E	5	2	5	6	CBH 7017.E	2	2	3	4
7012.EX	3	2	3	4	CB 7012.EX	2	1	2	3	H 7018.E	4	3	5	6	CBH 7018.E	3	2	3	4
7013.EX	3	2	3	4	CB 7013.EX	2	1	2	3										
7014.EX	3	2	4	5	CB 7014.EX	2	1	2	3	H 7020.E	5	3	4	8	CBH 7020.E	3	2	3	6
7015.EX	3	2	4	5	CB 7015.EX	2	1	2	3										
7016.EX	4	2	4	5	CB 7016.EX	3	1	3	3	H 7022.E	5	3	6	8	CBH 7022.E	3	2	4	5
7017.EX	4	2	4	6	CB 7017.EX	3	1	3	3	H 7024.E	6	3	5	8	CBH 7024.E	4	2	4	4
7018.EX	4	2	4	6	CB 7018.EX	3	1	3	3										
7019.EX	4	2	4	6	CB 7019.EX	3	1	3	3										
7020.EX	4	2	4	6	CB 7020.EX	3	1	3	3										
7021.EX	5	2	5	6	CB 7021.EX	3	1	3	5										

Baureihen 72...C, 72...E und 73...C, 73...E

Baureihe 72...C										Baureihe 72...E									
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
7200.C	5	2	3	4	7213.C	9	5	8	13	7200.E	3	1	3	3	7213.E	5	3	6	8
7201.C	5	2	3	6	7214.C	10	4	10	11	7201.E	3	1	3	3	7214.E	6	3	5	8
7202.C	4	3	5	4	7215.C	10	6	8	11	7202.E	3	1	3	3	7215.E	6	3	7	8
7203.C	5	3	4	6	7216.C	10	6	9	15	7203.E	2	2	3	5	7216.E	6	3	7	8
7204.C	5	3	4	6	7217.C	12	4	9	15	7204.E	3	2	3	4	7217.E	7	3	6	9
7205.C	6	3	5	6	7218.C	12	6	12	10	7205.E	3	2	3	4	7218.E	7	3	8	7
7206.C	6	3	5	8	7219.C	12	6	12	15	7206.E	4	2	4	6	7219.E	7	3	8	12
7207.C	7	3	6	8	7220.C	12	6	12	15	7207.E	4	2	4	6	7220.E	7	3	8	12
7208.C	7	3	6	9	7221.C	12	8	10	15	7208.E	4	2	4	6	7221.E	7	5	8	10
7209.C	7	5	6	7	7222.C	14	6	15	15	7209.E	5	2	5	6	7222.E	8	4	8	10
7210.C	8	4	8	10	7224.C	14	8	13	15	7210.E	5	2	5	6	7224.E	8	4	10	13
7211.C	8	4	8	10	7226.C	16	8	11	20	7211.E	4	3	5	8	7226.E	9	5	8	13
7212.C	9	5	8	8	7228.C	16	8	16	20	7212.E	5	3	6	6	7228.E	9	5	10	11

Baureihe CB 72...C										Baureihe CB 72...E									
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
CB 7202.C	3	2	3	3	CB 7212.C	6	3	5	6	CB 7202.E	2	1	2	2	CB 7212.E	3	2	3	5
CB 7203.C	3	2	3	4	CB 7213.C	6	3	5	8	CB 7203.E	2	1	2	3	CB 7213.E	3	2	4	5
CB 7204.C	3	2	3	4	CB 7214.C	7	3	6	6	CB 7204.E	2	1	2	3	CB 7214.E	4	2	4	5
CB 7205.C	4	2	3	5	CB 7215.C	7	3	6	8	CB 7205.E	2	1	2	3	CB 7215.E	4	2	4	6
CB 7206.C	4	2	4	4	CB 7216.C	7	3	6	9	CB 7206.E	3	1	2	3	CB 7216.E	4	2	4	6
CB 7207.C	4	2	4	6	CB 7217.C	7	3	8	7	CB 7207.E	3	1	3	3	CB 7217.E	4	2	4	6
CB 7208.C	5	2	5	4	CB 7218.C	7	5	6	7	CB 7208.E	3	1	3	3	CB 7218.E	5	2	5	6
CB 7209.C	4	3	5	6	CB 7219.C	8	4	8	10	CB 7209.E	2	2	3	5	CB 7219.E	5	2	5	6
CB 7210.C	5	3	4	6	CB 7220.C	8	4	8	10	CB 7210.E	3	2	3	4	CB 7220.E	4	3	5	6
CB 7211.C	5	3	6	6						CB 7211.E	3	2	3	4					

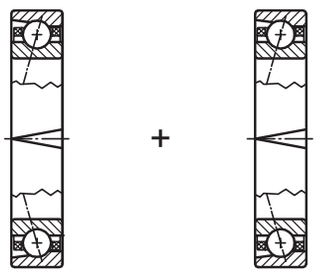
Baureihe 73...C										Baureihe 73...E									
Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H	Basiskurz-zeichen	O/X	X/L	L/M	M/H
	µm					µm					µm					µm			
7304.C	6	3	5	6						7304.E	3	2	4	5					
7305.C	6	4	4	8						7305.E	4	2	4	4					
7306.C	6	4	6	8						7306.E	4	2	4	6					
7307.C	7	5	6	7						7307.E	4	3	5	6					

2.6 IBC Hochpräzisions-Universal-Schrägkugellager

Alle IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager sind universell geschliffen und können daher einzeln eingesetzt oder durch Bildung beliebiger Lageranordnungen zu einem Schrägkugellagersatz zusammengestellt werden. Insbesondere für die Bevorratung und Komponentenverfügbarkeit ist der Einsatz von Universal-Schrägkugellagern für den satzweisen Einbau von großem Vorteil.

Die Universal-Schrägkugellager werden als Einzellager U und als Duplexsätze DU gefertigt. Einzellager erhalten zur besseren Erkennbarkeit ihrer Kraftwirklinie eine Pfeilmarkierung. Der Pfeil zeigt in die Richtung, in der über den Außenring die Axialkraft aufgenommen wird. Daneben bezeichnet die Pfeilmarkierung die Stelle mit dem größten Durchmesser des Außenrings. Universallagersätze haben den Vorteil, dass Bohrungen und Außendurchmesser werksseitig sortiert sind.

Werksseitig sind IBC Universal-Schrägkugellager bereits so aufeinander abgestimmt, dass sie in beliebiger Anordnung (O-, X- oder Tandemanordnung) und in beliebiger Anzahl nebeneinander eingebaut werden können.



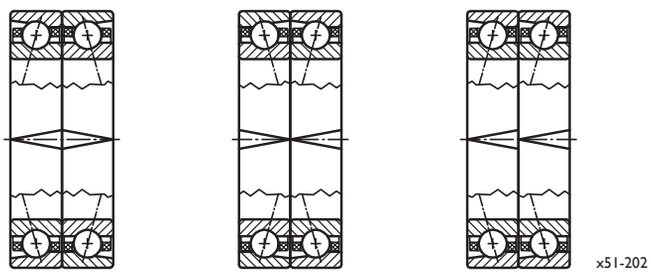


Bild 2.8: Universell geschliffene IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager in O-Anordnung, X-Anordnung und in Tandemanordnung

Die Anordnung wird kundenseitig entsprechend der kleinen Pfeilmarkierung vorgenommen.

Um den Einbau weiter zu erleichtern, werden auch Sätze mit einer außen laufenden Durchgangslinie (Satzpfeil), z. B. DB, TBT, QBC und weitere Kombinationen, gefertigt.

Nähere Erläuterungen dazu finden Sie im folgenden Kapitel 2.7 (IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze).

IBC
IBC
-5
GERMANY
OISS3E
OISS3E
H71914.E.T.2RS2.P4A.UL
AC-H 7010.E.G.2RS2.P4A.UL.A15

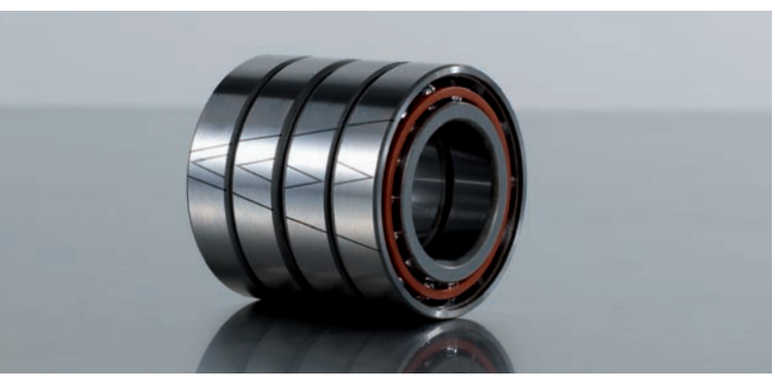
2.7 IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze

Die minimale Lagerung einer Spindel verwendet auf jeder Seite ein einzelnes Hochpräzisions-Schrägkugellager. Beide sind dann in einem größeren Abstand angeordnet. Das Einstellen der erforderlichen Vorspannung in dieser Anordnung erfolgt mit einem definierten Anzugsmoment durch eine geeignete Spannmutter oder mit einem eingeschliffenen Flanschdeckel.

Von hoher Bedeutung für die Funktionsfähigkeit dieser Schrägkugellagerung ist das richtige Anstellen der beiden einzelnen Hochpräzisions-Schrägkugellager. Ist dies nicht der Fall, kann es zu einer Reduzierung der Lebensdauer durch Entstehen von erhöhten Reibungsverlusten und damit verbundenen höheren Betriebstemperaturen kommen.

Reicht die Tragfähigkeit eines Einzellagers nicht aus oder muss die Lagerstelle axiale Kräfte in beiden Richtungen aufnehmen, werden Hochpräzisions-Schrägkugellager mit universell eingeschliffener Vorspannung satzweise eingesetzt.

Bereits bei der Fertigung werden IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze so aufeinander abgestimmt, dass der vorher festgelegte Vorspannungswert des Einzellagers im Satz erhalten bleibt und die Lastaufnahme im Schrägkugellagersatz gleichmäßig über die Einzellager erfolgt.



Anordnungen

Die Aufnahme von Axialbeanspruchungen in beiden Richtungen ermöglicht die O- und X-Anordnung zweier Hochpräzisions-Schrägkugellager, wie in Bild 2.8 dargestellt. Hohe Axialkräfte in nur einer Richtung werden von einer Tandemanordnung abgestützt. Noch höhere Kräfte nehmen Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze mit mehr als zwei Hochpräzisions-Schrägkugellagern in einer Richtung auf. Der Schrägkugellagersatz wird daher generell gegen ein weiteres Schrägkugellager oder einen weiteren Satz angestellt, der die Axialbelastung in die entgegengesetzte Lastrichtung aufnimmt.

Durch die nach außen laufenden Berührungslinien eignet sich die O-Anordnung besser zur Aufnahme von Kippmomenten.

Schrägkugellagersätze in dieser Anordnung ergeben in diesem Sinne eine relativ starre Lagerung. Im Gegensatz zur O-Anordnung laufen bei der X-Anordnung die Berührungslinien zur Trennungslinie der Schrägkugellager hin zusammen. Die X-Anordnung ist in dieser Hinsicht weniger starr und etwas toleranter gegenüber Verkippungen.

Bei einer Tandemanordnung laufen die Berührungslinien parallel zueinander und gleichwinklig zur Trennungslinie der Schrägkugellager.

Darüber hinaus bietet IBC noch weitere Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze an. So erfolgt z.B. eine Kombination einer Tandemanordnung in O- oder X- Anordnung, wenn die Konstruktion das Anstellen der Schrägkugellager in Tandemanordnung gegen ein weiteres Schrägkugellager oder einen Schrägkugellagersatz nicht zulässt. Liegen besondere Anforderungen hinsichtlich Steifigkeit und Lagerbeanspruchung vor, so sind Tandemanordnungen mit drei oder vier Schrägkugellagern zu empfehlen.

Anzahl der Schrägkugellager		
D...		Duplexsatz mit 2 Schrägkugellagern
T...		Triplexsatz mit 3 Schrägkugellagern
Q...		Quadruplexsatz mit 4 Schrägkugellagern
P...		Pentaplexsatz mit 5 Schrägkugellagern
Anordnung der Schrägkugellager		
		bei 2 Schrägkugellagern im Satz:
...B	< >	O-Anordnung
...F	> <	X-Anordnung
...T	>> oder <<	Tandemanordnung
		bei drei und mehr Schrägkugellagern im Satz:
...BT	<< >	Tandem und O-Anordnung
...FT	>> <	Tandem und X-Anordnung
...BC	<< >>	Tandem-Tandem in O-Anordnung
...FC	>> <<	Tandem-Tandem in X-Anordnung

Tabelle 2.1: Bezeichnungssystem der IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze

Lagersätze und Markierung

Je nach Anforderungen werden Schrägkugellagersätze in unterschiedlichen Kombinationen benötigt. IBC fertigt hierfür neben Einzellagern bereits zusammengestellte Schrägkugellagersätze. Sie tragen neben der Pfeilmarkierung der Einzellager eine übergreifende Markierung über den ganzen Satz.

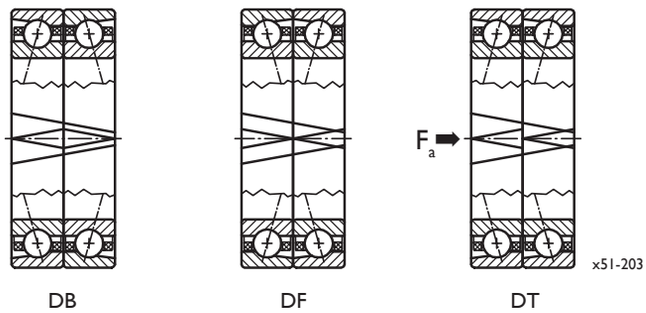


Bild 2.9: Anordnungen in Duplexsätzen

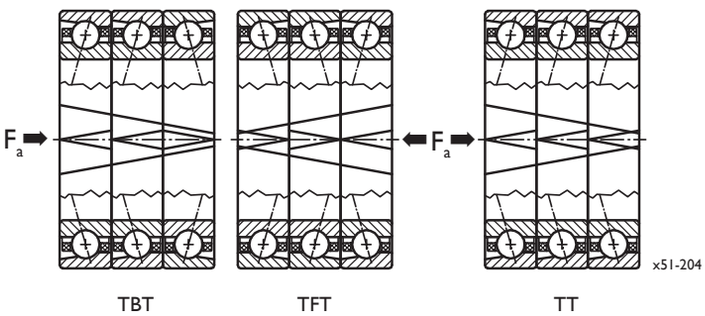


Bild 2.10: Anordnungen in Triplexsätzen

Damit ist die Reihenfolge der einzelnen Schrägkugellager im Satz eindeutig festgelegt und die axiale Hauptlastrichtung des Schrägkugellagersatzes bezeichnet.

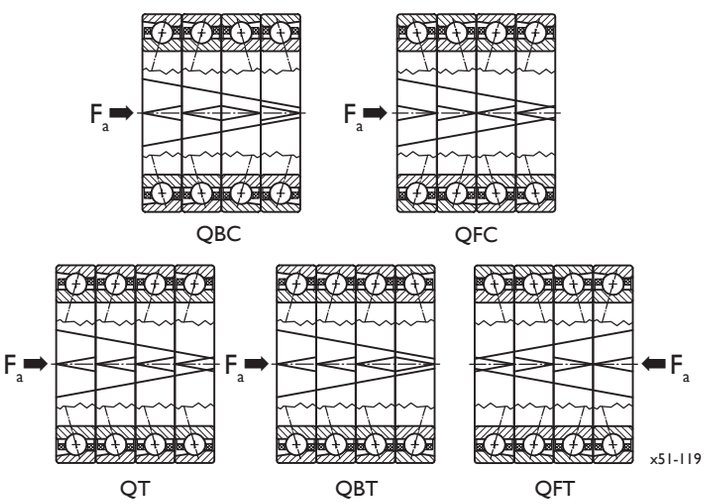


Bild 2.11: Anordnungen in Quadruplexsätzen

Um die Funktion des Schrägkugellagersatzes nicht zu beeinträchtigen und zur Einstellung der gewünschten Vorspannung, ist die Einbaurichtung zwingend einzuhalten. Auch nach dem Einbau ist somit eine exakte Kontrolle der Anordnung der Hochpräzisions-Schrägkugellager auf der Welle gegeben. Darüber hinaus trägt die Markierung zur Reduzierung von möglichen Einbaufehlern bei.

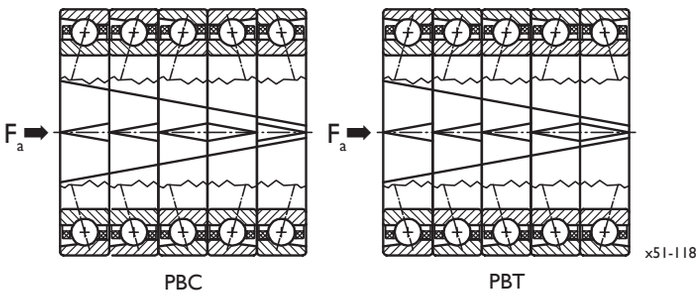


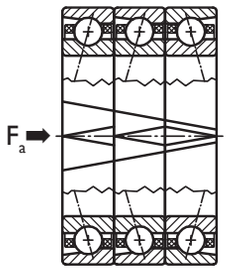
Bild 2.12: Anordnungen in Pentaplexsätzen

Die Innenringe tragen stirnseitig an der Stelle größter Wanddicke bzw. größten Radialschlags eine Kreisringmarkierung. Bei der Montage von Hochpräzisions-Schrägkugellagersätzen ist darauf zu achten, dass die Markierungen sowohl der Außen- als auch der Innenringe fluchten. Der optimale Rundlauf wird erreicht, wenn die Markierung des Außenrings zur Stelle der größten Gehäusebohrung und die Markierung des Innenrings zur Stelle des geringsten Wellendurchmessers ausgerichtet wird.

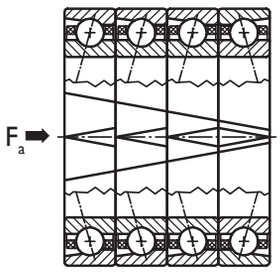
Zur Erzielung eines gleichmäßigen Tragverhaltens aller Schrägkugellager eines Satzes werden hierzu die Hochpräzisions-Schrägkugellager mit jeweils gleicher, eingeengter Sortierung zusammengestellt. Die Abmaße Δ_{Dmp} bzw. Δ_{dmp} dieser Schrägkugellager sind als Mittelwerte D_{gm} bzw. d_{gm} ihrer Sortierungsklassen angegeben. Im Kapitel 4 (Toleranzen) sind Sortierungen mit ihren Benennungen und den jeweiligen Eigenschaften detailliert dargestellt.

Lagersätze mit ausgewogener Vorspannung

Abweichend zu Anordnungen von Hochpräzisions-Schrägkugellagern jeweils gleicher Vorspannung sind auch ausgewogene Schrägkugellagersätze erhältlich. Dabei steht den Hochpräzisions-Schrägkugellagern mit einfacher Vorspannung ein Hochpräzisions-Schrägkugellager mit doppeltem oder dreifachem Vorspannungswert gegenüber.



Anordnung	Bezeichnung
X X L	BTBTL
L L M	BTBTM
M M H	BTBTH



Anordnung	Bezeichnung
X X X L	BQBTL
L L L M	BQBTM

Bild 2.13: Ausgewogene Lagersätze

Diese Ausführung ist insbesondere dann zu wählen, wenn ein Hochpräzisions-Schrägkugellager gegen mehr als eines gestellt wird und das Entlasten des Einzellagers sicher vermieden werden soll.

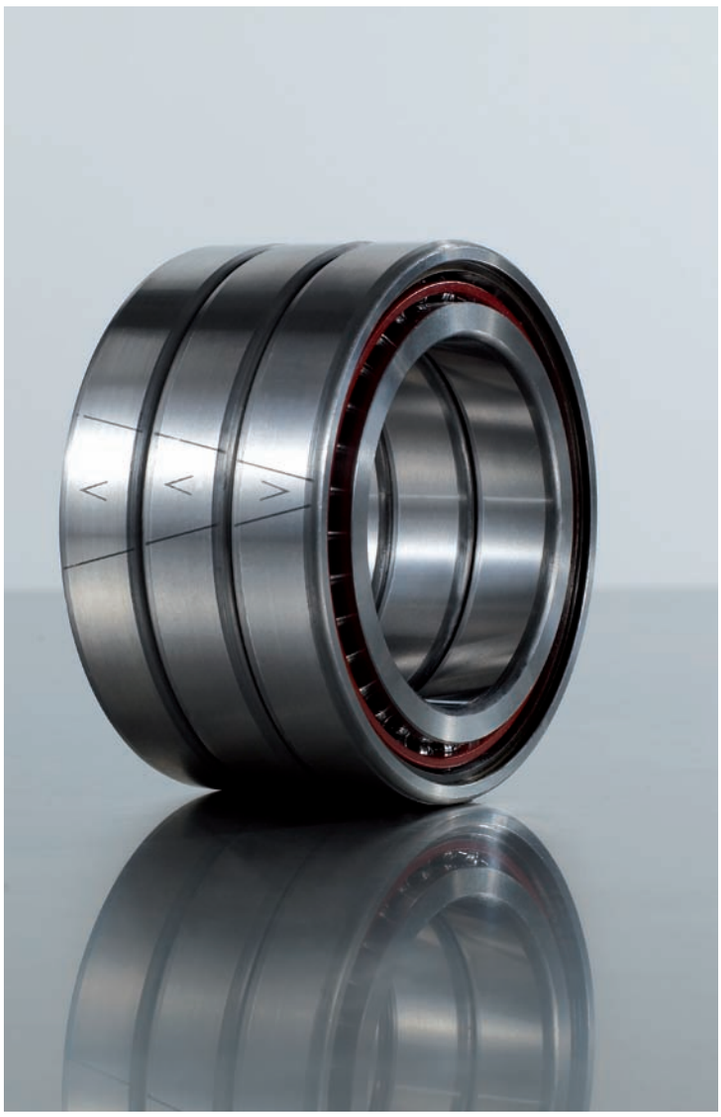
Schiefstellung

Schiefstellungen sind generell zu vermeiden. Sie führen zu einem gewissen Zwangslauf, was die Laufgeräusche erhöht und die Lebensdauer reduziert. Dabei ist die X-Anordnung im Vergleich zur O-Anordnung etwas weniger empfindlich.

Drehzahlfaktoren für Schrägkugellagersätze

Die im vorangegangenen Tabellenteil genannten Drehzahlen beziehen sich auf das jeweilige Hochpräzisions-Einzelschrägkugellager unter nicht zu hoher Beanspruchung. Vorgespannte Hochpräzisions-Schrägkugellager, die zu Sätzen zusammengestellt sind, erlauben aufgrund höherer Eigenerwärmung nicht den dauerhaften Betrieb bei der im Tabellenteil genannten Drehzahl. Abhängig von der Anordnung der Hochpräzisions-Schrägkugellager im Satz und ihrer Vorspannung gelten hierzu unterschiedliche Reduktionsfaktoren.

Detaillierte Beschreibungen der Drehzahlfaktoren entnehmen Sie bitte Kapitel 6 (Drehzahlbeiwerte).

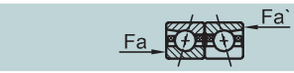
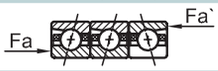
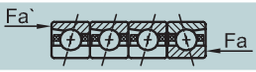
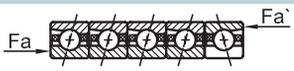
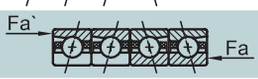
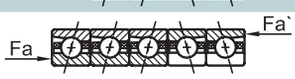
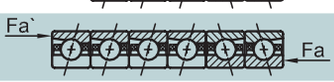


Vorspannung und Steifigkeit der Lagersätze

Die Zahlenwerte zur Vorspannung und Steifigkeit in den Tabellen gelten für das jeweilige Hochpräzisions-Schrägkugellager. Je nach Anordnung der Schrägkugellager im Satz und je nach Kraftrichtung ändert sich die axiale Steifigkeit erheblich.

Die radiale Steifigkeit des Schrägkugellagersatzes, als Summe aus den radialen Steifigkeiten der Einzellager, ist nur für Schrägkugellagersätze mit symmetrischer Anordnung bei vollkommen gleichmäßiger Lastverteilung auf die Schrägkugellager im Lagersatz annähernd gültig. Schrägkugellagersätze mit asymmetrischer Anordnung haben unter radialer Beanspruchung aufgrund sich einstellender, leicht unterschiedlicher Berührungswinkel etwas geringere radiale Steifigkeiten.

Tabelle 2.2 nennt für die unterschiedlichen Anordnungen von Schrägkugellagern in Wälzlagersätzen und für beide Richtungen der Axialkraft die Faktoren für die axiale und die radiale Steifigkeit und den Faktor, ab welcher Axialkraft im Vergleich zur Vorspannung eine Entlastung von Schrägkugellagern im Lagersatz eintritt.

Last in Hauptrichtung	axialer Steifigkeitsfaktor K_a	radialer Steifigkeitsfaktor K_r	Entlastung ab $X \cdot F_v$	Lastrichtung umgekehrt	axialer Steifigkeitsfaktor K_a	radialer Steifigkeitsfaktor K_r	Entlastung ab $X \cdot F_v$
	1,00	1,00	2,83		1,00	1,00	2,83
	1,63	1,45	5,66		1,30	1,45	2,83
	2,22	1,90	8,49		1,54	1,90	2,83
	2,80	2,35	11,3		1,76	2,35	2,83
	2,00	2,00	5,66		2,00	2,00	5,66
	2,64	2,40	8,49		2,31	2,40	5,66
	3,26	3,70	11,3		2,59	3,70	5,66

Innenring schraffiert: Lager belastet

Innenring hell: Lager entlastet

Tabelle 2.2: Steifigkeitsfaktoren und Entlastungskraft bei Schrägkugellagersätzen

2.8 IBC Hochpräzisions-Spannmuttern

IBC Hochpräzisions-Spannmuttern mit Feingewinde sind wegen ihrer hohen Genauigkeit bei hochpräzisen Applikationen im Einsatz. Die in den unterschiedlichen Spannmuttern integrierten Sicherungssysteme ermöglichen die leichte und präzise Montage und gewährleisten eine dauerhafte Festigkeit.

Sie verändern den kreisförmigen Querschnitt der Welle nicht und verursachen keine Kerben in der Welle durch zusätzliche Veränderungen. Durch die Feinstbearbeitung des Gewindes und der Anlagefläche erreichen IBC Hochpräzisions-Spannmuttern eine Planlaufgenauigkeit nach IT3 laut der ISO-Grundtoleranzen.

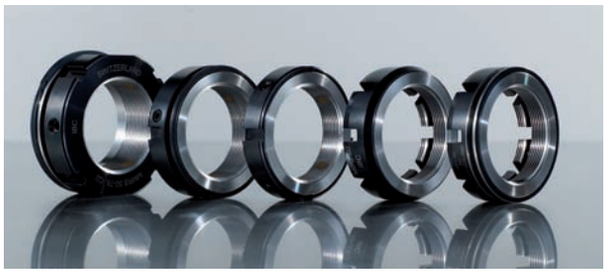
Verschiedene Bauformen von IBC Hochpräzisions-Spannmuttern werden den unterschiedlichsten Aufgaben gerecht: Je nach axialer Beanspruchung stehen unterschiedlich breite Hochpräzisions-Spannmuttern zur Verfügung, die Sicherungselemente sind je nach Ausführung axial oder radial zugänglich. Ferner ist eine zusätzliche Ausrüstung mit einer Labyrinthdichtung möglich.

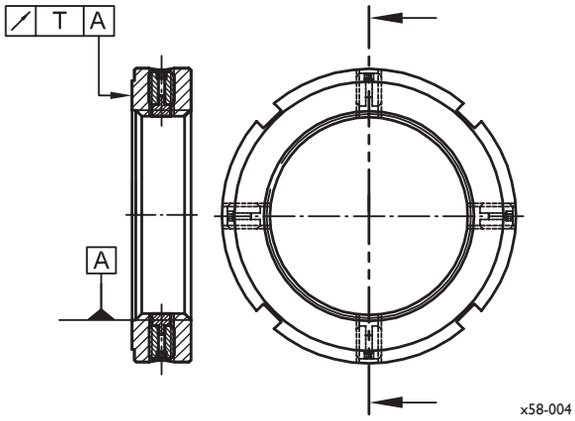
Baureihen

Für Einsatzfälle mit begrenztem Bauraum oder zur Ersparnis von Gewicht werden Präzisions-Spannmuttern der Serie MMR genutzt. Die Sicherung der Präzisions-Spannmuttern in nur schwer erreichbaren Einsatzorten erfolgt bei den Serien MBA und MBC über axial zugängliche Druckschrauben. Diese Bauform erfordert aufgrund ihrer Konstruktion eine größere Breite. Ihre axial zulässige Last entspricht die der Präzisions-Spannmutter MMR. Ab einem Gewindedurchmesser von 45 mm wird ebenfalls die Baureihe MBC mit vier Innensechskantschrauben zur Sicherung gegen ein Losbrechen bei hohen Beschleunigungen hergestellt. Die Ausführung MMRB mit radialem Sicherungssystem nutzt den gleichen Querschnitt der MBA- bzw. MBC Präzisions-Spannmuttern und erlaubt dadurch höhere Lasten und Anzugsmomente. Die Baureihen MMRB und MBA werden auch mit integrierter Labyrinth-Dichtung als MMRBS und MBAS gefertigt.

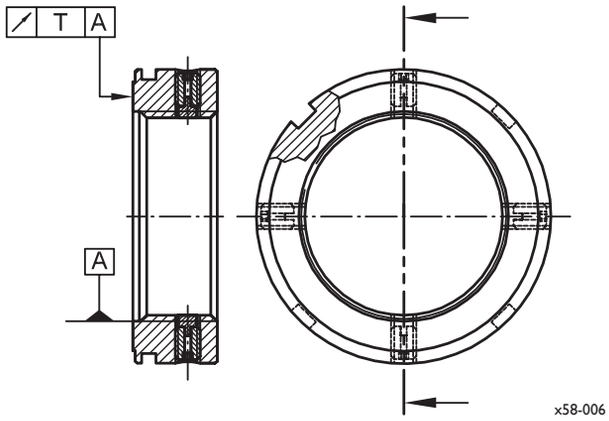
Übersicht der Baureihen	
MMR	schmale Präzisions-Spannmutter mit radialer Sicherung
MMRB	breite Präzisions-Spannmutter mit radialer Sicherung
MBA	Präzisions-Spannmutter mit axialer Sicherung über geschlitzte Segmente und Gewindestifte
MBC	Präzisions-Spannmutter mit axialer Sicherung über geschlitzte Segmente und Schrauben

In den Tabellen der Schrägkugellagerdaten findet sich in der letzten Spalte jeweils die Angabe, mit welcher Präzisions-Spannmutter das jeweilige Hochpräzisions-Schrägkugellager idealerweise kombiniert werden kann.



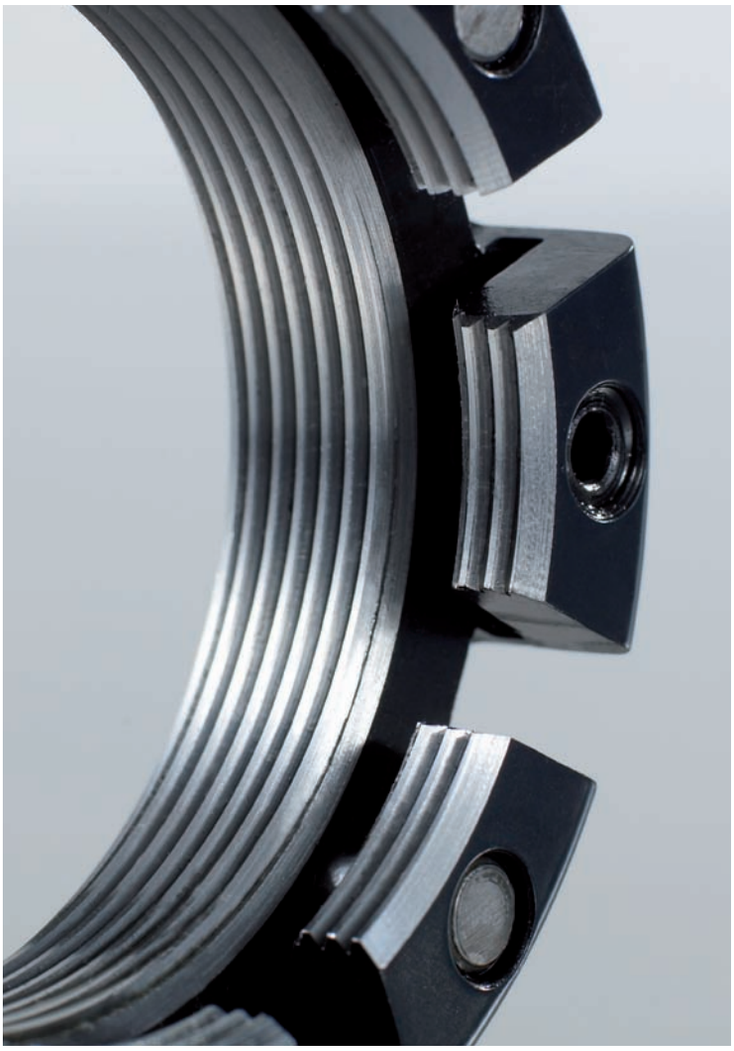


MMR...



MMRB...

Bild 2.14: IBC Hochpräzisions-Spannmuttern MMR und MMRB



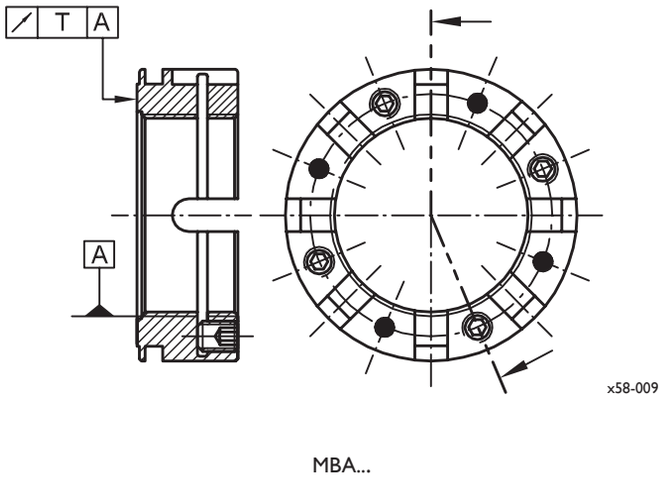


Bild 2.15: IBC Hochpräzisions-Spannmutter MBA

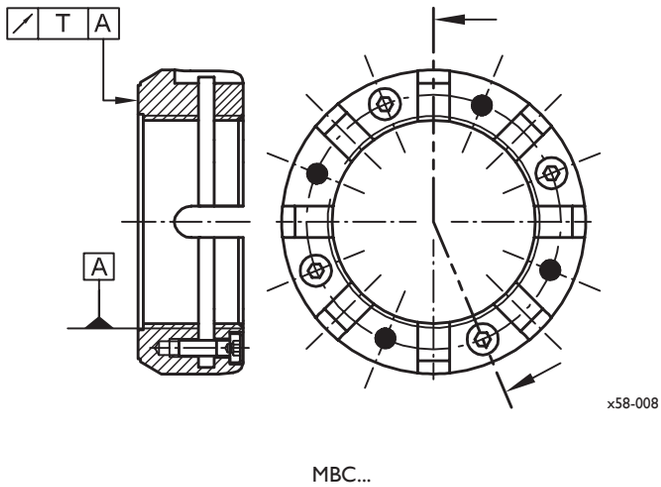


Bild 2.16: IBC Hochpräzisions-Spannmutter MBC

In Kapitel 8 (Montage von Hochpräzisions-Wälzlagern) sind nähere Angaben zum Einbau der Hochpräzisions-Spannmuttern und dem erforderlichen Anzugsmoment für jede Maßreihe der IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager genannt.

Bei Verwendung von Hochpräzisions-Schrägkugellagern der Maßreihe 718... können die Hochpräzisions-Spannmuttern den Außendurchmesser der Hochpräzisions-Schrägkugellager überragen. Das erfordert den Einbau eines Zwischenringes.

Detaillierte Auskunft über das Lieferprogramm und alle technischen Daten zu den unterschiedlichen IBC Präzisions-Spannmuttern nennt die Druckschrift Präzisions-Spannmuttern TI-I-5020.

3. IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

3. IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

Der Einsatz in Werkzeugmaschinen stellt höchste Anspüche an die Laufgenauigkeit der eingesetzten Hochpräzisions-Wälzlager. IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager vereinen diese Eigenschaft mit hoher Steifigkeit und Tragfähigkeit bei gleichzeitig hohem Drehzahlvermögen und geringer Querschnittshöhe. Die geringe Querschnittshöhe ermöglicht geringere Achsabstände bei Mehrspindelanordnungen. Da Hochpräzisions-Zylinderrollenlager in der Lage sind, wärmebedingte Längenänderungen der Umgebungsbauteile auszugleichen, stellen sie ideale Loslager dar.

IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit Käfig stehen in einer Vielzahl von Ausführungen zur Verfügung. Sie werden einreihig in den Maßreihen 19 und 10 sowie zweireihig in den Maßreihen 30 und 49 gefertigt. Bohrungs- und Außendurchmesser der einreihigen und zweireihigen Zylinderrollenlager sind innerhalb der jeweiligen Durchmesserreihe identisch.

Die Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit der Bezeichnung HN weisen eine an die Hochpräzisions-Schrägkugellager und deren Drehzahlvermögen angepasste und optimierte Innengeometrie auf. Sie ergänzen das Leistungsspektrum der Hochpräzisions-Zylinderrollenlager in optimaler Weise.

Bild 3.1: Hochpräzisions-Zylinderrollenlager der Bauart CR HN... (Option Q852)

Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden mit dem Nachsetzzeichen K bezeichnet und sind mit einem Kegelwinkel im Verhältnis 1:12 ausgeführt. Sie werden überwiegend im Werkzeugmaschinenbau eingesetzt, da die kegelige Innenringbohrung beim Einbau die Radialluft- und Vorspannungseinstellung durch axiales Verschieben auf der kegeligen Sitzfläche der Welle ermöglicht.

Bauformen

Es gibt Hochpräzisions-Zylinderrollenlager, deren Wälzkörper zwischen zwei festen Borden am Außenring (NNU) oder am Innenring (N und NN) geführt werden. Der jeweils andere Wälzlagerring besitzt keine Borde. Sowohl bei den einreihigen als auch bei den zweireihigen Präzisions-Zylinderrollenlagern kann der Wälzlagerring mit den festen Borden und dem Rollensatz von dem bordlosen Lagerring abgezogen werden, d. h. sie sind nicht selbsthaltend. Dies trägt wesentlich zur Vereinfachung des Ein- und Ausbaus der Wälzlager bei.

Tragfähigkeit, Steifigkeit und erzielbare Drehzahlen werden von den IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlagern auf ideale Weise kombiniert. Wälzlager der Bauform NNU erzielen bei sehr niedrig bauenden Lagerungen eine hohe Systemsteifigkeit, weisen jedoch gegenüber der Bauform NN eine geringere Tragfähigkeit auf.

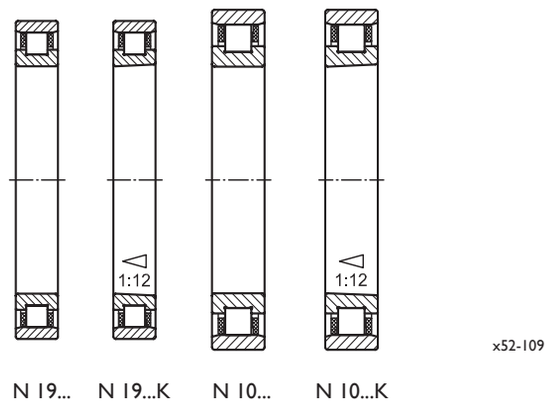


Bild 3.2: Einreihige IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

Die einreihigen Hochpräzisions-Zylinderrollenlager der Baureihen 19 und 10 sind als geschwindigkeitsoptimierte Wälzlager konzipiert. Eine weitere Drehzahlsteigerung kann durch eine Halbierung der Rollenzahl oder auch durch den Einsatz keramischer Rollen (Optionen Q852 bzw. CR) erreicht werden.

Bild 3.3: Hochpräzisions-Zylinderrollenlager der Bauart N... mit Schmiernut und O-Ringen (Option S)

Die Zylinderrollenlager mit dem Nachsetzzeichen S haben eine umlaufende Ringnut und radiale Zuführbohrungen für eine direkte Schmierung. In den Außenringen integrierte O-Ringe sorgen für eine Abdichtung im Gehäuse.

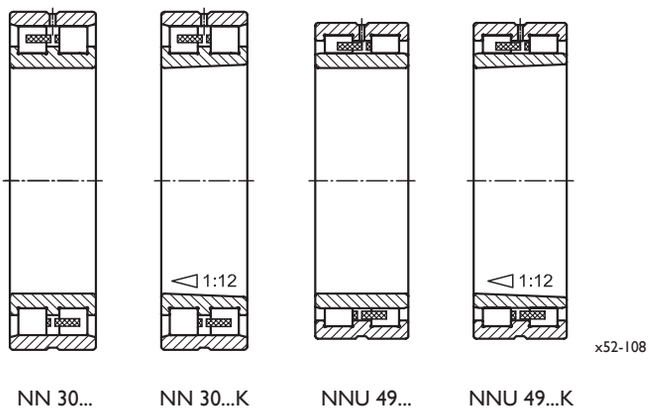


Bild 3.4: Zweireihige IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

Alle zweireihigen IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager sind im Außenring mit einer Schmiernut mit drei Bohrungen (Bezeichnung W33, Anordnung 120°) ausgestattet, um eine wirkungsvolle Schmierung zu gewährleisten.

Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit Außenringschmierung reduzieren die Elemente in der Lagerumgebungskonstruktion, woraus ein Bauraumgewinn bei gleichzeitiger Kostenersparnis resultiert.

Bauformen mit keramischen Wälzkörpern ermöglichen höhere Drehzahlen und haben eine höhere Systemsteifigkeit. Beide Faktoren steigern die Qualität der Bearbeitungsergebnisse einer Werkzeugmaschine. Ferner wird die Beanspruchung im Wälzlager selbst reduziert und somit auch die Wärmeentwicklung innerhalb der Lagerung. Dies wirkt sich positiv auf die Schmierstoffgebrauchsdauer aus und verlängert die Wartungsintervalle. Ein weiterer Vorteil der Hybridwälzlager ist, dass sie wesentlich unempfindlicher auf hohe Beschleunigungen und Verzögerungen reagieren.

Weitere Baureihen können auf Anfrage ebenfalls mit keramischen Rollen gefertigt werden. In dieser Hybridversion eignen sich die Hochpräzisions-Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen bei jedoch reduzierter statischer Tragzahl.

IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager der Bauformen NN, NNU und N nehmen ausschließlich radiale Kräfte auf. Zwischen Welle und Gehäuse lassen sie eine zwanglose Axialverschiebung innerhalb des Wälzlagers in beide Richtungen zu. Die maximal zulässige axiale Verschiebung ist in den Tabellen mit dem Wert s angegeben.

Sonderbauformen

Für besondere Anwendungen fertigt IBC Sonderbauformen der Hochpräzisions-Zylinderrollenlager an. Bitte sprechen Sie mit unseren Anwendungsingenieuren. Sie unterstützen Sie gerne bei der Lösung Ihrer speziellen Anwendungsfälle und Lagerkonzeptionen.

Wälzlagerwerkstoffe

Wälzlagerringe und Wälzkörper werden aus vakuumentgastem Wälzlagerstahl 100Cr6 (1.3505) gefertigt, darüber hinaus stehen auch Wälzkörper aus dem keramischen Material Siliziumnitrid Si_3N_4 zur Verfügung. Eine detaillierte Beschreibung der Werkstoffe finden Sie in Kapitel 9 (Werkstoffe).

Wärmebehandlung

Die Wälzlagerringe sind standardmäßig bis zu einer Gebrauchstemperatur von 150 °C maßstabil. Darüber hinaus sind für höhere Temperaturen höherwertige Wärmebehandlungen auf Anfrage möglich.

Außerhalb der Werkzeugmaschinenindustrie werden höher wärmestabilisierte Zylinderrollenlager, insbesondere der Bauform NNU, mit höherer Lagerluft eingesetzt.

Weitere Details hierzu, wie Benennung, Einschränkungen und Eignung, sind im Kapitel 9 (Werkstoffe) erläutert.

Käfige

In Abhängigkeit von der Ausführung und Größe des Hochpräzisions-Wälzlagers sind verschiedene Käfigausführungen lieferbar. Eine detaillierte Beschreibung der unterschiedlichen Käfigmaterialien findet sich in Kapitel 9 (Werkstoffe). Bitte fragen Sie unseren technischen Service, wenn Ihre Wälzlagerung besondere Anforderungen an die Käfige stellt.

ATCoat-beschichtete Wälzlager

IBC fertigt neben den bereits genannten Ausführungen auch Hochpräzisions-Wälzlager mit einer ATCoat-Dünnhartchrom-beschichtung.

Eine detailliertere Beschreibung der ATCoat-Beschichtung findet sich in Kapitel 10 (IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit ATCoat-Beschichtung) und insbesondere in der Druckschrift ATC Technology Coatings.

Toleranzen

IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager werden standardmäßig in der Toleranzklasse SP gefertigt, darüber hinaus sind noch höhere Genauigkeiten möglich. Die detaillierten Werte sind im Kapitel 4 (Toleranzen) tabelliert.

Die radiale Lagerluft der Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung ist größer als bei Zylinderrollenlagern mit zylindrischer Bohrung. Auf Wunsch können Lager mit kegeliger Bohrung mit der engeren Lagerluft von Zylinderrollenlagern mit zylindrischer Bohrung gefertigt werden. Dies bringt besondere Vorteile bei der Einstellung der Lager. Nähere Erläuterungen dazu finden Sie in Kapitel 8 (Montage von Hochpräzisions-Wälzlagern).

Schiefstellung

Zu beachten ist bei Hochpräzisions-Zylinderrollenlagern, dass Schiefstellungen zu einem gewissen Zwangslauf führen, woraus erhöhte Laufgeräusche resultieren und auch die Lebensdauer eingeschränkt werden kann.

Bitte wenden Sie sich an unsere technischen Beratungsteams in Fällen, in denen eine Schiefstellung eintreten könnte, da die ohne Lebensdauerreduzierung zulässige Schiefstellung des Innenrings gegenüber dem Außenring von dem Beanspruchungsverhältnis C/P (dynamische Tragzahl zu dynamisch äquivalenter Lagerbeanspruchung) abhängig ist und von Fall zu Fall geprüft werden sollte.

IBC
11SS2F-172
GERMANY
NN 3014.K.W33.M.SP.0851

3.1 Bezeichnungssystem IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

CR	HN	10	15	.K		.KPA	.SP	.Q852	
	NN	30	18	.K	.W33	.PY	.SP	.Q851.	
	NNU	49	24	.A*.K	.W33	.M	.P5		
AC-	HN	10	20			.KPA	.SP	.Q852	.A11
CR	N	10	08			.MCB	.P5		

Werkstoff

-	Wälzkörper und Ringe 100Cr6
CR	Wälzkörper Si_3N_4
AC-	Ringe ATCoat
ACC-	Ringe ATCoat + Wälzkörper Si_3N_4

Bauform

N... HN...
NN...
NNU...

Maßreihen

19... 49...
10... 30...

Bohrungskennzahl

ab Kennzahl 05: 5 · 5 = 25 mm

Bauart

-	zylindrische Bohrung
K	kegelige Bohrung 1:12

Schmiernut

W33	Schmiernut mit drei Bohrungen im Außenring NN 30 und NNU 49
S	Schmiernut mit Bohrungen N 19 und N 10

ATCoat-Beschichtung

-	keine Beschichtung
A11	Innen- u. Außenring beschichtet
A15	Innen- u. Außenring beschichtet Wälzkörper und Käfig rostarm
A21	Innenring beschichtet
A31	Außenring beschichtet

Sonderspezifikationen

Q851	eingeengte Lagerluft
Q852	reduzierte Wälzkörperanzahl, eingeengte Lagerluft, Erläuterungen in Kapitel 4

Kombinierte Genauigkeit und Lagerluft

SPC2X	Genauigkeitsklasse SP Lagerluft C2X
SP(C1)	Genauigkeitsklasse SP Lagerluft C1 (Standard)
P5	Genauigkeitsklasse P5

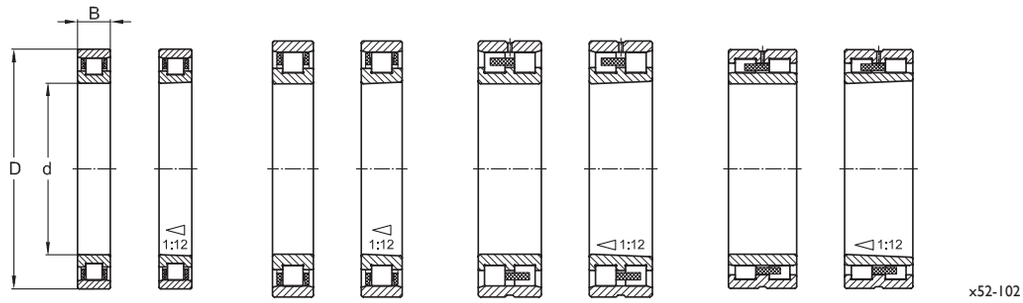
Käfig

M	Messing-massiv, rollkörpergeführt
PYB	Polyphenylen, innenringgeführt
M1	Messing-massiv, rollkörpergeführt, stegvernietet
MCB	Messing-massiv, innenringgeführt
KPA	Fensterkäfig PEEK, außenringgeführt

*nur Bauform NNU: Hinweis auf Innenkonstruktion

3.2 Fertigungsübersicht
IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

N 19...
N 19...K
N 10...
N 10...K
NN 30...
NN 30...K
NNU 49...
NNU 49...K

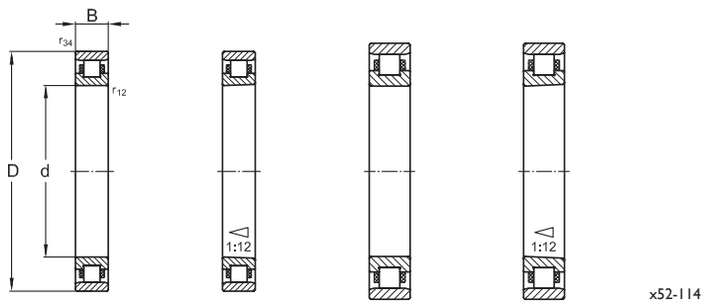


N 19... N 19...K N 10... N 10...K NN 30... NN 30...K NNU 49... NNU 49...K

d mm	Baureihen N 19... / N 19...K D mm	B mm	N 10... / N 10...K D mm	B mm	NN 30... / NN 30...K D mm	B mm	NNU 49... / NNU 49...K D mm	B mm
10								
12								
15								
17								
20								
25					NN 3005	47	16	
30					NN 3006	55	19	
35					NN 3007	62	20	
40			N 1008	68	NN 3008	68	21	
45			N 1009	75	NN 3009	75	23	
50	N 1910	72	N 1010	80	NN 3010	80	23	
55	N 1911	80	N 1011	90	NN 3011	90	26	
60	N 1912	85	N 1012	95	NN 3012	95	26	
65	N 1913	90	N 1013	100	NN 3013	100	26	
70	N 1914	100	N 1014	110	NN 3014	110	30	
75	N 1915	105	N 1015	115	NN 3015	115	30	
80	N 1916	110	N 1016	125	NN 3016	125	34	
85	N 1917	120	N 1017	130	NN 3017	130	34	
90	N 1918	125	N 1018	140	NN 3018	140	37	
95	N 1919	130	N 1019	145	NN 3019	145	37	
100	N 1920	140	N 1020	150	NN 3020	150	37	NNU 4920	140	40
105	N 1921	145	N 1021	160	NN 3021	160	41	NNU 4921	145	40
110	N 1922	150	N 1022	170	NN 3022	170	45	NNU 4922	150	40
120	N 1924	165	N 1024	180	NN 3024	180	46	NNU 4924	165	45
130	N 1926	180	N 1026	200	NN 3026	200	52	NNU 4926	180	50
140	N 1928	190	N 1028	210	NN 3028	210	53	NNU 4928	190	50
150	N 1930	210	N 1030	225	NN 3030	225	56	NNU 4930	210	60
160	N 1932	220	N 1032	240	NN 3032	240	60	NNU 4932	220	60
170	N 1934	120	N 1034	260	NN 3034	260	67	NNU 4934	230	60
180	N 1936	250	N 1036	280	NN 3036	280	74	NNU 4936	250	69
190	N 1938	260	N 1038	290	NN 3038	290	75	NNU 4938	260	69
200	N 1940	280	N 1040	310	NN 3040	310	82	NNU 4940	280	80
220	N 1944	300	N 1044	340	NN 3044	340	90	NNU 4944	300	80
240	N 1948	320	N 1048	360	NN 3048	360	92	NNU 4948	320	80
260	N 1952	360	N 1052	400	NN 3052	400	104	NNU 4952	360	100
280	N 1956	380	N 1056	420	NN 3056	420	106	NNU 4956	380	100
300	N 1960	420						NNU 4960	420	118
320	N 1964	440						NNU 4964	440	118
340	N 1968	460								
360	N 1972	480								

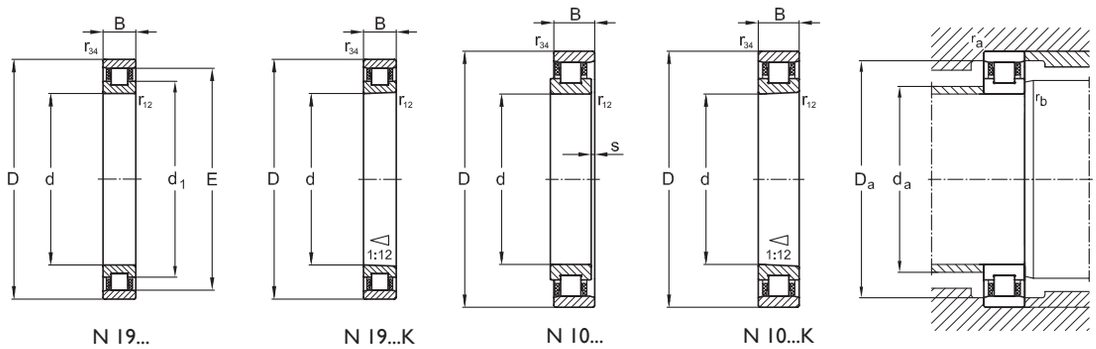
3.3 IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

N 19...
N 19...K
N 10...
N 10...K



N 19... N 19...K N 10... N 10...K

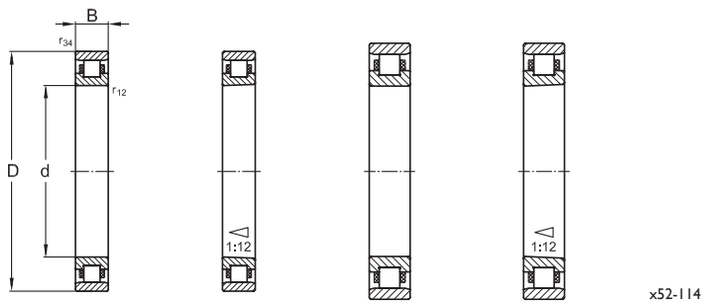
Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung P_u	Radiale Federsteifigkeit S_r	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Gewicht m
mm				N		N	N/µm	min^{-1}		mm		kg
40	68	15	N 1008	28.700	30.800	3.550	510	23.800	28.200	52,3	o	0,210
			HN 1008	23.800	15.400	1.770	200	26.300	30.500	52,3	o	0,210
			CR HN 1008	23.800	10.780	1.230	280	31.600	36.600	52,3	o	0,193
45	75	16	N 1009	33.400	37.600	4.330	550	22.300	26.500	58,8	o	0,260
			HN 1009	25.700	18.800	2.160	220	24.500	28.500	58,8	o	0,260
			CR HN 1009	25.700	13.160	1.510	300	29.400	34.200	58,8	o	0,239
50	72	12	N 1910	22.500	27.500	3.170	500	16.500	18.300	58,5	o	0,150
			CRN 1910	22.500	24.800	2.860	580	19.800	22.000	58,5	o	0,138
	80	16	N 1010	36.200	41.700	4.800	610	19.500	22.500	63,8	o	0,290
			HN 1010	27.300	20.850	2.390	230	22.500	26.500	63,8	o	0,290
			CR HN 1010	27.300	14.600	1.670	320	27.000	31.800	63,8	o	0,267
55	80	13	N 1911	25.000	31.500	3.630	520	16.000	17.800	64,5	o	0,200
			CRN 1911	25.000	28.400	3.270	670	19.200	21.400	64,5	o	0,184
	90	18	N 1011	41.300	49.800	5.730	680	18.500	21.500	68,7	o	0,425
			HN 1011	35.800	24.900	2.860	250	21.500	25.500	68,7	o	0,425
			CR HN 1011	35.800	17.430	2.000	340	25.800	30.600	68,7	o	0,391
60	85	13	N 1912	26.000	34.000	3.910	550	15.500	18.000	69,5	o	0,210
			CRN 1912	26.000	30.600	3.520	730	18.600	21.600	69,5	o	0,193
	95	18	N 1012	44.300	55.200	6.350	740	17.000	19.000	73,8	o	0,460
			HN 1012	38.200	27.600	3.170	280	20.000	21.500	73,8	o	0,460
			CR HN 1012	38.200	19.320	2.220	390	24.000	25.800	73,8	o	0,423
65	90	13	N 1913	29.300	40.500	4.660	590	15.000	16.500	74,1	o	0,230
			CRN 1913	29.300	36.500	4.200	860	18.000	19.800	74,1	o	0,212
	100	18	N 1013	45.500	59.000	6.790	770	16.000	18.000	78,9	o	0,480
			HN 1013	40.000	29.500	3.390	310	19.000	20.800	78,9	o	0,480
			CR HN 1013	40.000	20.650	2.370	420	22.800	25.000	78,9	o	0,442
70	100	16	N 1914	36.700	49.500	5.700	720	14.500	16.000	81,6	o	0,375
			CRN 1914	36.700	44.600	5.130	1.050	17.400	19.200	81,6	o	0,345
	110	20	N 1014	63.500	81.700	9.400	850	14.500	16.800	88,1	o	0,660
			HN 1014	56.700	40.850	4.690	340	18.000	19.500	88,1	o	0,660
			CR HN 1014	56.700	28.600	3.280	450	21.600	23.400	88,1	o	0,607



N 19... N 19...K N 10... N 10...K x52-104

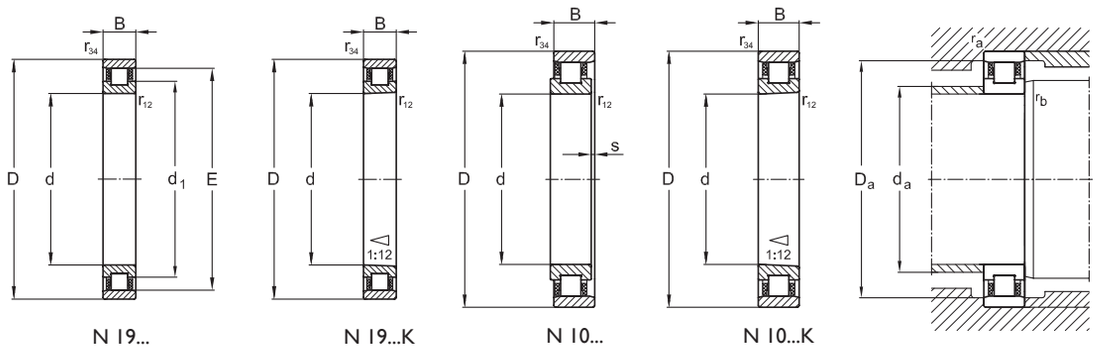
Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen					Anschlussmaße					
d	D	B		E	s	d_1	$r_{12,min}$	$r_{34,min}$	$d_{a,min}$	$d_{a,max}$	$D_{a,min}$	$D_{a,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
	mm					mm					mm			
40	68	15	N 1008	61,0	2,0	51,8	0,6	0,3	45,0	48,0	62,0	63,0	0,6	0,3
			HN 1008	61,0	2,2	52,3	0,6	0,3	45,0	48,0	62,0	63,0	0,6	0,3
			CR HN 1008	61,0	2,2	52,3	0,6	0,3	45,0	48,0	62,0	63,0	0,6	0,3
45	75	16	N 1009	67,5	2,3	58,3	0,6	0,3	50,0	53,0	69,0	70,0	0,6	0,3
			HN 1009	67,5	2,5	58,8	0,6	0,3	50,0	53,0	69,0	70,0	0,6	0,3
			CR HN 1009	67,5	2,5	58,8	0,6	0,3	50,0	53,0	69,0	70,0	0,6	0,3
50	72	12	N 1910	66,5	1,7	58,0	0,6	0,3	54,0	57,0	68,0	69,0	0,6	0,3
			CRN 1910	66,5	1,7	58,0	0,6	0,3	54,0	57,0	68,0	69,0	0,6	0,3
	80	16	N 1010	72,5	2,3	63,3	0,6	0,3	55,0	58,0	74,0	75,0	0,6	0,3
			HN 1010	72,5	2,5	63,8	0,6	0,3	55,0	58,0	74,0	75,0	0,6	0,3
			CR HN 1010	72,5	2,5	63,8	0,6	0,3	55,0	58,0	74,0	75,0	0,6	0,3
55	80	13	N 1911	73,5	2,0	64,0	1,0	0,6	61,0	63,0	75,0	76,0	1,0	0,6
			CRN 1911	73,5	2,0	64,0	1,0	0,6	61,0	63,0	75,0	76,0	1,0	0,6
	90	18	N 1011	80,5	2,5	68,2	1,0	0,6	62,0	65,0	82,0	83,0	1,0	0,6
			HN 1011	80,5	2,7	68,7	1,0	0,6	62,0	65,0	82,0	83,0	1,0	0,6
			CR HN 1011	80,5	2,7	68,7	1,0	0,6	62,0	65,0	82,0	83,0	1,0	0,6
60	85	13	N 1912	78,5	2,0	69,0	1,0	0,6	66,0	68,0	80,0	81,0	1,0	0,6
			CRN 1912	78,5	2,0	69,0	1,0	0,6	66,0	68,0	80,0	81,0	1,0	0,6
	95	18	N 1012	85,5	2,5	73,3	1,0	0,6	67,0	70,0	87,0	88,0	1,0	0,6
			HN 1012	85,5	2,7	73,8	1,0	0,6	67,0	70,0	87,0	88,0	1,0	0,6
			CR HN 1012	85,5	2,7	73,8	1,0	0,6	67,0	70,0	87,0	88,0	1,0	0,6
65	90	13	N 1913	83,5	2,0	73,5	1,0	0,6	71,0	73,0	85,0	86,0	1,0	0,6
			CRN 1913	83,5	2,0	73,5	1,0	0,6	71,0	73,0	85,0	86,0	1,0	0,6
	100	18	N 1013	91,0	2,5	78,3	1,0	0,6	72,0	76,0	92,0	93,0	1,0	0,6
			HN 1013	91,0	2,7	78,8	1,0	0,6	72,0	76,0	92,0	93,0	1,0	0,6
			CR HN 1013	91,0	2,7	78,8	1,0	0,6	72,0	76,0	92,0	93,0	1,0	0,6
70	100	16	N 1914	92,0	2,5	81,0	1,0	0,6	76,0	80,0	94,0	95,0	1,0	0,6
			CRN 1914	92,0	2,5	81,0	1,0	0,6	76,0	80,0	94,0	95,0	1,0	0,6
	110	20	N 1014	100,0	2,5	87,5	1,0	0,6	77,0	82,0	101,0	103,0	1,0	0,6
			HN 1014	100,0	2,7	88,0	1,0	0,6	77,0	82,0	101,0	103,0	1,0	0,6
			CR HN 1014	100,0	2,7	88,0	1,0	0,6	77,0	82,0	101,0	103,0	1,0	0,6

N 19...
N 19...K
N 10...
N 10...K



N 19... N 19...K N 10... N 10...K

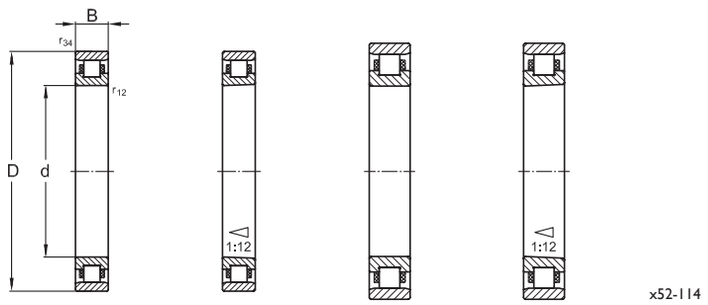
Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung P_u	Radiale Federsteifigkeit S_r	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Gewicht m
mm				N		N	N/µm	min^{-1}		mm		kg
75	105	16	N 1915	38.300	53.500	6.160	780	14.000	15.500	86,1	o	0,400
			CRN 1915	38.300	48.200	5.550	1.140	16.800	18.600	86,1	o	0,368
	115	20	N 1015	65.800	85.200	9.800	890	13.500	15.500	93,1	o	0,700
			HN 1015	59.600	42.600	4.890	370	17.000	18.500	93,1	o	0,700
			CR HN 1015	59.600	29.820	3.420	490	20.400	22.200	93,1	o	0,644
80	110	16	N 1916	40.000	57.000	6.560	830	13.500	15.000	91,1	o	0,450
			CRN 1916	40.000	51.300	5.900	1.210	16.200	18.000	91,1	o	0,414
	125	22	N 1016	76.900	98.500	11.330	940	12.500	14.500	97,6	o	0,960
			HN 1016	70.500	49.250	5.660	400	16.000	17.500	97,6	o	0,960
			CR HN 1016	70.500	34.500	3.960	520	19.200	21.000	97,6	o	0,883
85	120	18	N 1917	50.500	72.000	8.280	1.050	13.000	14.300	98,3	o	0,600
			CRN 1917	50.500	64.800	7.460	1.530	15.600	17.200	98,3	o	0,552
	130	22	N 1017	78.500	105.000	12.080	980	12.000	14.000	102,8	o	1,000
			HN 1017	69.000	52.500	6.030	420	14.800	16.000	102,8	o	1,000
			CR HN 1017	69.000	36.750	4.220	540	17.800	19.200	102,8	o	0,920
90	125	18	N 1918	52.000	76.000	8.740	1.110	12.000	13.200	102,8	o	0,630
			CRN 1918	52.000	68.400	7.870	1.610	14.400	15.900	102,8	o	0,580
	140	24	N 1018	94.000	125.900	14.480	1.090	11.500	13.500	111,8	o	1,300
			HN 1018	83.000	62.950	7.230	440	13.000	15.000	111,8	o	1,300
			CR HN 1018	83.000	44.100	5.060	570	15.600	18.000	111,8	o	1,196
95	130	18	N 1919	53.000	79.000	9.090	1.150	11.000	12.000	107,8	o	0,650
			CRN 1919	53.000	71.100	8.180	1.670	13.200	14.400	107,8	o	0,598
	145	24	N 1019	97.000	130.000	14.950	1.100	10.500	12.500	116,8	o	1,360
			HN 1019	87.600	65.000	7.470	470	12.000	14.000	116,8	o	1,360
			CR HN 1019	87.600	45.500	5.220	610	14.400	16.800	116,8	o	1,251
100	140	20	N 1920	78.000	112.000	12.880	1.630	10.000	11.500	114,8	o	0,890
			CRN 1920	78.000	100.800	11.600	2.370	12.000	13.800	114,8	o	0,819
	150	24	N 1020	99.000	135.000	15.530	1.200	10.000	12.500	120,1	o	1,430
			HN 1020	88.000	67.500	7.750	490	11.500	13.500	120,1	o	1,430
			CR HN 1020	88.000	47.250	5.430	630	13.800	16.200	120,1	o	1,316



N 19... N 19...K N 10... N 10...K

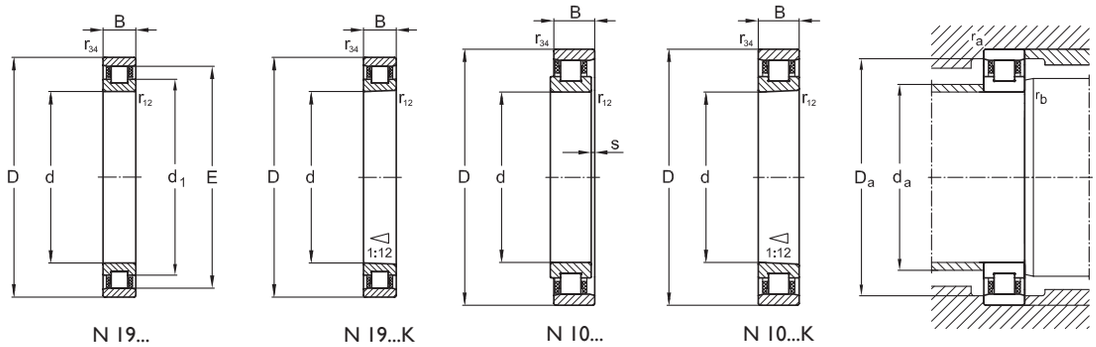
Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen					Anschlussmaße					
d	D	B		E	s	d_1	$r_{12,min}$	$r_{34,min}$	$d_{a,min}$	$d_{a,max}$	$D_{a,min}$	$D_{a,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
	mm					mm					mm			
75	105	16	N 1915	97,0	2,5	85,5	1,0	0,6	81,0	85,0	99,0	100,0	1,0	0,6
			CRN 1915	97,0	2,5	85,5	1,0	0,6	81,0	85,0	99,0	100,0	1,0	0,6
	115	20	N 1015	105,0	2,5	92,5	1,0	0,6	82,0	87,0	106,0	108,0	1,0	0,6
			HN 1015	105,0	2,7	93,0	1,0	0,6	82,0	87,0	106,0	108,0	1,0	0,6
			CR HN 1015	105,0	2,7	93,0	1,0	0,6	82,0	87,0	106,0	108,0	1,0	0,6
80	110	16	N 1916	102,0	2,5	90,5	1,0	0,6	86,0	90,0	105,0	106,0	1,0	0,6
			CRN 1916	102,0	2,5	90,5	1,0	0,6	86,0	90,0	105,0	106,0	1,0	0,6
	125	22	N 1016	113,5	3,0	97,0	1,0	0,6	87,0	93,0	114,0	118,0	1,0	0,6
			HN 1016	113,5	3,2	97,5	1,0	0,6	87,0	93,0	114,0	118,0	1,0	0,6
			CR HN 1016	113,5	3,2	97,5	1,0	0,6	87,0	93,0	114,0	118,0	1,0	0,6
85	120	18	N 1917	110,5	2,5	97,5	1,0	0,6	91,0	96,0	115,0	116,0	1,0	0,6
			CRN 1917	110,5	2,5	97,5	1,0	0,6	91,0	96,0	115,0	116,0	1,0	0,6
	130	22	N 1017	118,5	3,0	102,0	1,0	0,6	92,0	99,0	119,0	123,0	1,0	0,6
			HN 1017	118,5	3,2	102,5	1,0	0,6	92,0	99,0	119,0	123,0	1,0	0,6
			CR HN 1017	118,5	3,2	102,5	1,0	0,6	92,0	99,0	119,0	123,0	1,0	0,6
90	125	18	N 1918	115,5	2,5	102,0	1,0	0,6	97,0	102,0	120,0	121,0	1,0	0,6
			CRN 1918	115,5	2,5	102,0	1,0	0,6	97,0	102,0	120,0	121,0	1,0	0,6
	140	24	N 1018	127,0	3,3	111,0	1,1	0,6	98,0	105,0	129,0	132,0	1,1	0,6
			HN 1018	127,0	3,5	111,5	1,1	0,6	98,0	105,0	129,0	132,0	1,1	0,6
			CR HN 1018	127,0	3,5	111,5	1,1	0,6	98,0	105,0	129,0	132,0	1,1	0,6
95	130	18	N 1919	120,5	2,5	107,0	1,0	0,6	102,0	106,0	125,0	126,0	1,0	0,6
			CRN 1919	120,5	2,5	107,0	1,0	0,6	102,0	106,0	125,0	126,0	1,0	0,6
	145	24	N 1019	132,0	3,3	116,0	1,1	0,6	103,0	110,0	134,0	137,0	1,1	0,6
			HN 1019	132,0	3,5	116,5	1,1	0,6	103,0	110,0	134,0	137,0	1,1	0,6
			CR HN 1019	132,0	3,5	116,5	1,1	0,6	103,0	110,0	134,0	137,0	1,1	0,6
100	140	20	N 1920	130,0	2,5	114,0	1,0	0,6	107,0	112,0	135,0	136,0	1,0	0,6
			CRN 1920	130,0	2,5	114,0	1,0	0,6	107,0	112,0	135,0	136,0	1,0	0,6
	150	24	N 1020	137,0	3,3	119,3	1,1	0,6	108,0	117,0	139,0	142,0	1,1	0,6
			HN 1020	137,0	3,5	119,8	1,1	0,6	108,0	117,0	139,0	142,0	1,1	0,6
			CR HN 1020	137,0	3,5	119,8	1,1	0,6	108,0	117,0	139,0	142,0	1,1	0,6

N 19...
N 19...K
N 10...
N 10...K



N 19... N 19...K N 10... N 10...K

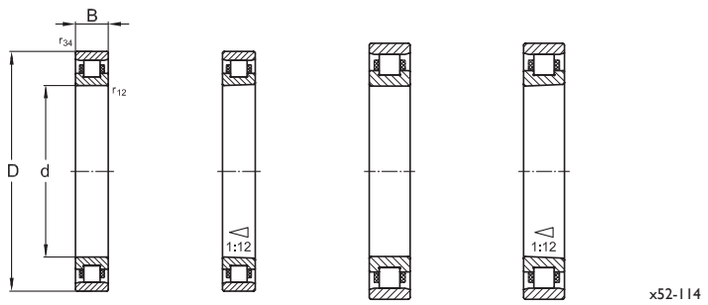
Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung P_u	Radiale Federsteifigkeit S_r	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Gewicht m
mm				N		N	N/µm	min^{-1}		mm		kg
105	145	20	N 1921	79.000	117.000	13.460	1.700	9.000	10.800	119,8	o	0,950
			CRN 1921	79.000	105.300	12.110	2.470	10.800	13.000	119,8	o	0,874
	160	26	N 1021	113.000	154.000	17.710	1.220	9.500	11.000	125,8	o	1,800
			HN 1021	103.500	77.000	8.850	520	10.000	12.000	125,8	o	1,800
			CR HN 1021	103.500	53.900	6.190	660	12.000	14.400	125,8	o	1,656
110	150	20	N 1922	81.000	122.000	14.030	1.770	8.000	10.000	124,3	o	1,000
			CRN 1922	81.000	109.800	12.630	2.570	9.600	12.000	124,3	o	0,920
	170	28	N 1022	164.800	189.800	21.830	1.300	9.000	10.000	132,8	o	2,250
			HN 1022	155.500	94.900	10.900	550	9.500	11.000	132,8	o	2,250
			CR HN 1022	155.500	66.430	7.630	690	11.400	13.200	132,8	o	2,070
120	165	22	N 1924	96.000	144.000	16.560	2.090	7.300	9.500	136,3	o	1,350
			CRN 1924	96.000	129.600	14.910	3.040	8.800	11.400	136,3	o	1,242
	180	28	N 1024	175.000	208.000	23.920	1.420	8.500	9.000	142,8	o	2,450
			HN 1024	164.000	104.000	11.950	610	9.000	10.500	142,8	o	2,450
			CR HN 1024	164.000	72.800	8.360	770	10.800	12.600	142,8	o	2,254
130	180	24	N 1926	111.000	171.000	17.100	1.370	5.400	6.200	164,2		1,820
	200	33	N 1026	181.000	251.000	25.100	1.470	5.100	5.800	178,0		3,700
140	190	24	N 1928	117.000	187.000	18.700	1.500	5.100	5.900	174,2		1,950
	210	33	N 1028	184.000	266.000	26.600	1.560	4.600	5.300	188,0		3,950
150	210	28	N 1930	150.500	237.000	23.700	1.620	4.700	5.300	190,3		2,940
	225	35	N 1030	208.500	311.000	31.100	1.680	4.400	5.100	201,2		4,750
160	220	28	N 1932	154.000	251.000	22.600	1.730	4.400	5.000	200,5		3,120
	240	38	N 1032	245.500	356.000	32.100	1.760	4.200	4.800	215,1		5,800
170	230	28	N 1934	161.000	266.000	24.000	1.830	4.100	4.700	210,3		3,250
	260	42	N 1034	301.000	431.500	38.900	1.910	3.900	4.200	213,2		7,750
180	250	33	N 1936	209.000	336.000	30.300	1.900	3.800	4.400	228,0		4,800
	280	46	N 1036	361.000	521.000	46.900	2.050	3.600	3.900	249,0		10,200



N 19... N 19...K N 10... N 10...K

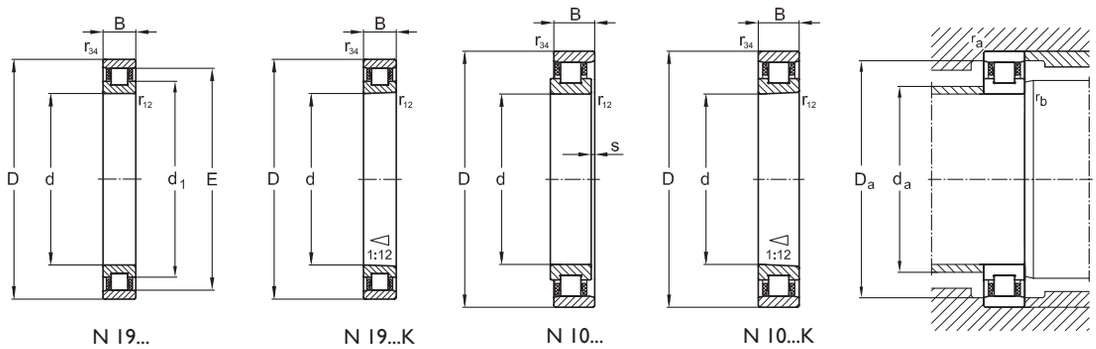
Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen					Anschlussmaße					
d	D	B		E	s	d_1	$r_{12,min}$	$r_{34,min}$	$d_{a,min}$	$d_{a,max}$	$D_{a,min}$	$D_{a,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
	mm					mm					mm			
105	145	20	N 1921	135,0	2,5	119,0	1,0	0,6	113,0	117,0	140,0	141,0	1,0	0,6
			CRN 1921	135,0	2,5	119,0	1,0	0,6	113,0	117,0	140,0	141,0	1,0	0,6
	160	26	N 1021	145,5	3,5	125,0	1,1	0,6	114,0	122,0	148,0	151,0	1,1	0,6
			HN 1021	145,5	3,7	125,5	1,1	0,6	114,0	122,0	148,0	151,0	1,1	0,6
			CR HN 1021	145,5	3,7	125,5	1,1	0,6	114,0	122,0	148,0	151,0	1,1	0,6
110	150	20	N 1922	140,0	2,5	123,5	1,0	0,6	117,0	122,0	145,0	146,0	1,0	0,6
			CRN 1922	140,0	2,5	123,5	1,0	0,6	117,0	122,0	145,0	146,0	1,0	0,6
	170	28	N 1022	155,0	3,5	132,0	1,1	0,6	119,0	127,0	156,0	160,0	1,1	0,6
			HN 1022	155,0	3,7	132,5	1,1	0,6	119,0	127,0	156,0	160,0	1,1	0,6
			CR HN 1022	155,0	3,7	132,5	1,1	0,6	119,0	127,0	156,0	160,0	1,1	0,6
120	165	22	N 1924	153,5	3,0	135,5	1,0	0,6	127,0	133,0	160,0	161,0	1,0	0,6
			CRN 1924	153,5	3,0	135,5	1,0	0,6	127,0	133,0	160,0	161,0	1,0	0,6
	180	28	N 1024	165,0	3,5	142,0	1,1	0,6	129,0	137,0	166,0	170,0	1,1	0,6
			HN 1024	165,0	3,7	142,5	1,1	0,6	129,0	137,0	166,0	170,0	1,1	0,6
			CR HN 1024	165,0	3,7	142,5	1,1	0,6	129,0	137,0	166,0	170,0	1,1	0,6
130	180	24	N 1926	167,0	3,3	146,9	1,1	0,6	137,5	144,3	172,8	174,6	1,1	0,6
	200	33	N 1026	182,0	4,3	153,4	1,1	0,6	139,8	148,2	184,0	188,0	1,1	0,6
140	190	24	N 1928	177,0	3,3	158,2	1,1	0,6	148,1	155,4	182,4	184,3	1,1	0,6
	210	33	N 1028	192,0	4,3	165,2	1,1	0,6	150,5	159,6	193,2	197,4	1,1	0,6
150	210	28	N 1930	194,0	3,5	169,5	1,1	0,6	158,7	166,5	201,6	203,7	1,1	0,6
	225	35	N 1030	205,5	4,5	177,0	1,5	1,1	161,3	171,0	207,0	211,5	1,5	1,1
160	220	28	N 1932	204,0	3,5	180,8	1,1	0,6	169,3	177,6	211,2	213,4	1,1	0,6
	240	38	N 1032	220,0	4,5	188,8	1,5	1,1	172,0	182,4	220,8	225,6	1,5	1,1
170	230	28	N 1934	214,0	3,5	192,1	1,1	0,6	179,9	188,7	220,8	223,1	1,1	0,6
	260	42	N 1034	237,0	5,0	200,6	2,1	1,5	182,8	193,8	239,2	244,4	2,1	1,5
180	250	33	N 1936	232,0	4,3	203,4	1,1	0,6	190,4	199,8	240,0	242,5	1,1	0,6
	280	46	N 1036	255,0	5,5	212,4	2,1	1,5	193,5	205,2	257,6	263,2	2,1	1,5

N 19...
N 19...K
N 10...
N 10...K



N 19... N 19...K N 10... N 10...K

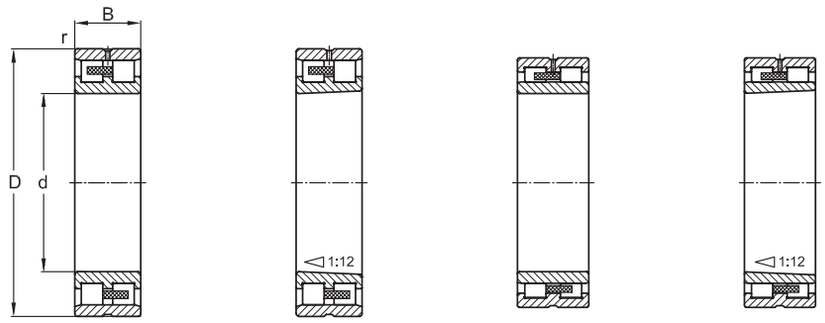
Hauptabmessungen d	D	B	Basiskurzzeichen	Tragzahlen dyn. C_r	stat. C_{0r}	Ermüdungsgrenzbelastung P_u	Radiale Federsteifigkeit S_r	Drehzahlen Fett n_G	Öl-Luft n_O	Einspritzdurchmesser d_{pi}	Direktölschmierung	Gewicht m
mm				N		N	N/µm	min^{-1}		mm		kg
190	260	33	N 1938	220.500	365.000	32.900	2.060	3.500	4.100	237,7		5,10
	290	46	N 1038	365.500	551.000	49.600	2.080	3.300	3.800	258,9		10,50
200	280	38	N 1940	266.000	432.000	38.900	2.170	3.200	3.800	254,5		7,10
	310	51	N 1040	401.000	602.000	54.200	2.200	3.100	3.600	274,3		13,80
220	300	38	N 1944	266.000	451.000	40.600	2.220	3.000	3.500	274,5		7,70
	340	56	N 1044	511.000	766.000	69.000	2.410	2.800	3.300	302,4		18,00
240	320	38	N 1948	286.000	500.500	45.100	2.470	2.800	3.200	294,5		8,25
	360	56	N 1048	541.000	850.800	76.600	2.610	2.600	3.000	322,3		19,30
260	360	46	N 1952	432.000	751.500	67.700	2.860	2.600	2.900	328,2		14,00
	400	65	N 1052	656.000	1.022.000	92.000	2.750	2.400	2.800	355,3		28,50
280	380	46	N 1956	441.500	802.000	72.200	3.020	2.400	2.600	348,2		15,00
	420	65	N 1056	682.000	1.103.000	99.300	2.950	2.200	2.600	375,3		31,00
300	420	56	N 1960	612.000	1.063.000	85.100	3.180	2.200	2.300	382,7		23,50
320	440	56	N 1964	622.000	1.105.000	88.400	3.290	1.900	2.100	402,4		25,00
340	460	56	N 1968	657.000	1.205.000	96.400	3.580	1.800	2.000	422,4		26,50
360	480	56	N 1972	657.000	1.225.000	98.000	3.660	1.700	1.900	442,4		27,50



N 19... N 19...K N 10... N 10...K

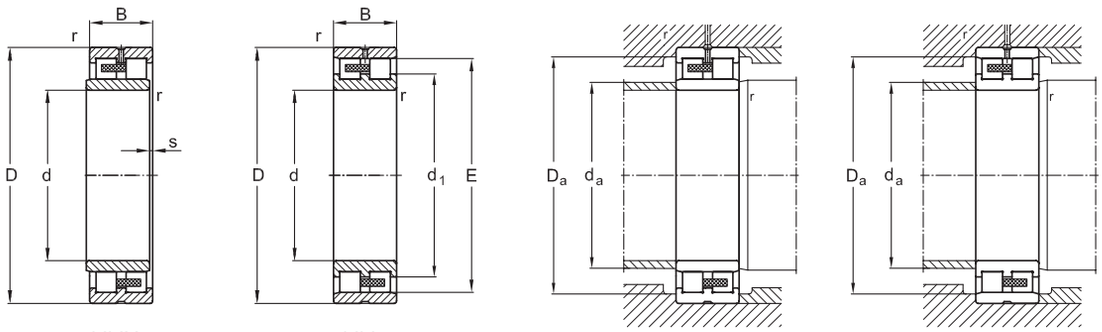
Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen					Anschlussmaße					
d	D	B		E	s	d_1	$r_{12,min}$	$r_{34,min}$	$d_{a,min}$	$d_{a,max}$	$D_{a,min}$	$D_{a,max}$	$r_{a,max}$	$r_{b,max}$
	mm					mm					mm			
190	260	33	N 1938	242	4,3	214,7	1,1	0,6	201,0	210,9	249,6	252,2	1,1	0,6
	290	46	N 1038	265	5,5	224,2	2,1	1,5	204,3	216,6	266,8	272,6	2,1	1,5
200	280	38	N 1940	259	4,8	228,0	1,5	1,1	211,6	222,0	268,8	271,6	1,5	1,1
	310	51	N 1040	281	6,5	238,0	2,1	1,5	215,0	228,0	285,2	291,4	2,1	1,5
220	300	38	N 1944	279	4,8	250,8	1,5	1,1	232,8	244,2	288,0	291,0	1,5	1,1
	340	56	N 1044	310	6,5	261,8	3,0	2,1	236,5	250,8	312,8	319,6	3,0	2,1
240	320	38	N 1948	299	4,8	273,6	1,5	1,1	253,9	266,4	307,2	310,4	1,5	1,1
	360	56	N 1048	330	6,5	285,6	3,0	2,1	258,0	273,6	331,2	338,4	3,0	2,1
260	360	46	N 1952	334	5,5	296,4	1,5	1,1	275,1	288,6	345,6	349,2	1,5	1,1
	400	65	N 1052	364	8,0	309,4	4,0	2,1	279,5	296,4	368,0	376,0	4,0	2,1
280	380	46	N 1956	354	5,5	319,2	1,5	1,1	296,2	310,8	364,8	368,6	1,5	1,1
	420	65	N 1056	384	8,0	333,2	4,0	2,1	301,0	319,2	386,4	394,8	4,0	2,1
300	420	56	N 1960	390	6,5	342,0	3,0	2,1	317,4	333,0	403,2	407,4	3,0	2,1
320	440	56	N 1964	410	6,5	364,8	3,0	2,1	338,6	355,2	422,4	426,8	3,0	2,1
340	460	56	N 1968	430	6,5	387,6	3,0	2,1	359,7	377,4	441,6	446,2	3,0	2,1
360	480	56	N 1972	450	6,5	410,4	3,0	2,1	380,9	399,6	460,8	465,6	3,0	2,1

NN 30...
NN 30...K
NNU 49...
NNU 49...K



NN 30... NN 30...K NNU 49... NNU 49...K

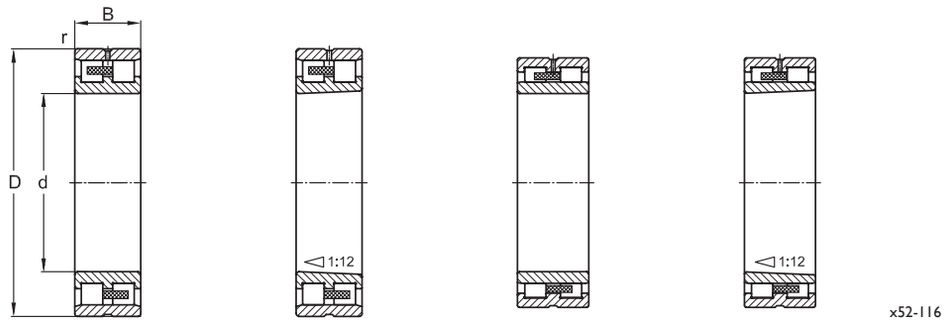
Haupt-abmessungen			Basiskurz-zeichen	Tragzahlen dyn.	Tragzahlen stat.	Ermüdungs-grenz-belastung	Radiale Feder-steifigkeit	Drehzahlen Fett	Drehzahlen Öl-Luft	Gewicht
d	D	B		C_r	C_{0r}	P_u	S_r	n_G	n_O	m
mm				N		N	N/µm	min^{-1}		kg
25	47	16	NN 3005	26.100	30.200	3.170	600	15.800	18.600	0,130
30	55	19	NN 3006	29.300	34.100	4.010	682	14.200	17.100	0,180
35	62	20	NN 3007	36.200	44.300	5.210	795	12.300	15.400	0,248
40	68	21	NN 3008	45.300	59.400	6.980	955	11.500	14.300	0,305
45	75	23	NN 3009	54.100	72.200	8.490	1.090	10.500	13.200	0,400
50	80	23	NN 3010	57.200	80.100	9.420	1.200	9.500	11.400	0,420
55	90	26	NN 3011	72.300	100.500	11.820	1.320	9.000	10.500	0,635
60	95	26	NN 3012	75.200	110.600	13.010	1.420	8.500	10.000	0,672
65	100	26	NN 3013	77.400	116.700	13.720	1.500	7.500	9.000	0,750
70	110	30	NN 3014	98.200	150.500	17.700	1.650	7.000	8.500	1,050
75	115	30	NN 3015	100.500	156.300	18.380	1.750	6.700	7.900	1,100
80	125	34	NN 3016	120.500	186.300	21.910	1.870	6.500	7.500	1,500
85	130	34	NN 3017	125.400	200.500	23.580	2.000	6.200	7.000	1,600
90	140	37	NN 3018	140.500	224.600	26.420	2.050	5.900	6.800	2,060
95	145	37	NN 3019	143.200	236.400	27.810	2.150	5.600	6.500	2,150



NNU... NN...

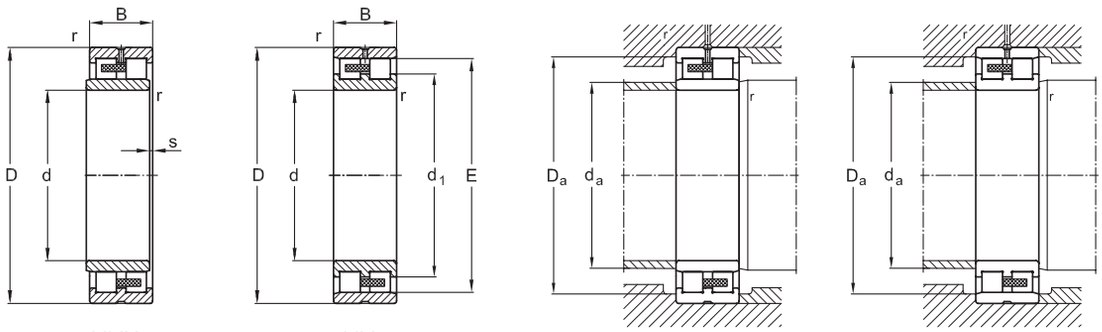
Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen							Anschlussmaße				
d	D	B		E/F	s	b	K	d_l	D_l	r_{min}	$d_{a,min}$	$d_{a,max}$	$D_{a,min}$	$D_{a,max}$	r_{max}
mm				mm							mm				
25	47	16	NN 3005	41,3	1,5	3,7	2,0	33,2		0,6	29,0		42,0	43,0	0,6
30	55	19	NN 3006	48,5	1,5	3,7	2,0	39,7		1,0	35,0		49,0	50,0	1,0
35	62	20	NN 3007	55,0	1,5	3,7	2,0	45,5		1,0	40,0		56,0	57,0	1,0
40	68	21	NN 3008	61,0	1,8	3,7	2,0	50,5		1,0	45,0		62,0	63,0	1,0
45	75	23	NN 3009	67,5	1,8	3,7	2,0	56,4		1,0	50,0		69,0	70,0	1,0
50	80	23	NN 3010	72,5	1,8	3,7	2,0	61,5		1,0	55,0		74,0	75,0	1,0
55	90	26	NN 3011	81,0	2,0	3,7	2,0	68,3		1,1	61,5		82,0	83,5	1,1
60	95	26	NN 3012	86,1	2,0	3,7	2,0	73,5		1,1	66,5		87,0	88,5	1,1
65	100	26	NN 3013	91,0	2,0	3,7	2,0	78,3		1,1	71,5		92,0	93,5	1,1
70	110	30	NN 3014	100,0	2,3	5,5	3,0	85,5		1,1	76,5		101,0	103,5	1,1
75	115	30	NN 3015	105,0	2,3	5,5	3,0	90,5		1,1	81,5		106,0	108,5	1,1
80	125	34	NN 3016	113,0	2,6	5,5	3,0	96,8		1,1	86,5		115,0	118,5	1,1
85	130	34	NN 3017	118,0	2,6	5,5	3,0	101,8		1,1	91,5		120,0	123,5	1,1
90	140	37	NN 3018	127,0	2,6	5,5	3,0	108,8		1,5	98,0		129,0	132,0	1,5
95	145	37	NN 3019	132,0	2,6	5,5	3,0	113,8		1,5	103,0		134,0	137,0	1,5

NN 30...
NN 30...K
NNU 49...
NNU 49...K



NN 30... NN 30...K NNU 49... NNU 49...K

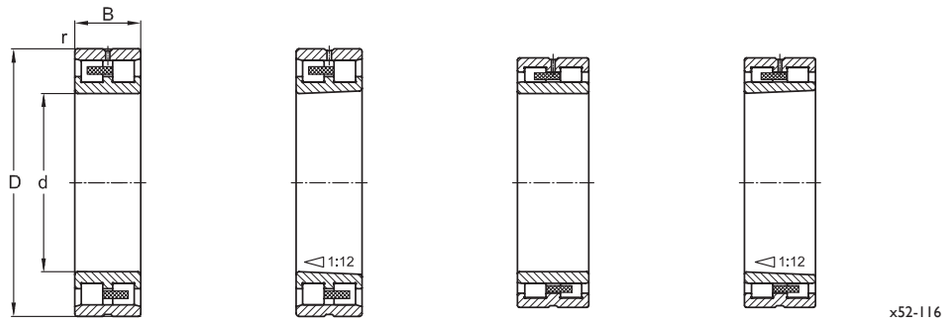
Haupt-abmessungen			Basiskurz-zeichen	Tragzahlen dyn.	Tragzahlen stat.	Ermüdungs-grenz-belastung	Radiale Feder-steifigkeit	Drehzahlen Fett	Drehzahlen Öl-Luft	Gewicht
d	D	B		C_r	C_{0r}	P_u	S_r	n_G	n_O	m
mm				N		N	N/µm	min^{-1}		kg
100	140	40	NNU 4920	129.400	256.000	30.110	3.000	5.600	6.600	1,850
	150	37	NN 3020	146.800	245.300	28.850	2.200	5.300	6.300	2,250
105	145	40	NNU 4921	129.400	260.300	30.620	3.100	5.400	6.500	1,900
	160	41	NN 3021	190.300	310.500	36.520	2.350	5.000	6.000	2,850
110	150	40	NNU 4922	132.500	271.000	31.880	3.200	5.000	6.300	2,000
	170	45	NN 3022	220.300	360.400	42.400	2.520	4.800	5.300	3,620
120	165	45	NNU 4924	176.500	340.600	40.070	3.300	4.500	5.300	2,700
	180	46	NN 3024	232.600	390.100	45.890	2.750	4.500	5.000	3,950
130	180	50	NNU 4926	190.800	391.000	46.000	3.600	4.100	5.000	3,800
	200	52	NN 3026	290.600	501.000	58.940	3.000	4.200	4.700	5,800
140	190	50	NNU 4928	191.000	400.900	47.160	3.700	3.900	4.700	4,100
	210	53	NN 3028	301.000	522.000	61.410	3.100	4.000	4.500	6,300
150	210	60	NNU 4930	326.000	655.500	69.000	4.300	3.700	4.400	6,200
	225	56	NN 3030	336.000	586.000	61.680	3.350	3.700	4.200	7,600
160	220	60	NNU 4932	336.000	681.000	71.680	4.400	3.500	4.000	6,500
	240	60	NN 3032	377.000	672.000	70.730	3.530	3.500	4.000	9,250
170	230	60	NNU 4934	342.000	696.000	73.260	4.550	3.300	3.800	6,800
	260	67	NN 3034	453.000	802.000	84.420	3.800	3.200	3.800	12,350
180	250	69	NNU 4936	406.000	851.000	89.570	5.150	3.100	3.600	10,000
	280	74	NN 3036	573.000	1.003.000	105.570	4.050	3.000	3.600	16,500
190	260	69	NNU 4938	406.000	882.000	92.840	5.350	2.900	3.400	10,500
	290	75	NN 3038	587.000	1.042.000	109.680	4.200	2.800	3.400	17,500
200	280	69	NNU 4940	491.000	1.042.000	109.680	5.520	2.700	3.200	14,500
	310	82	NN 3040	657.000	1.204.000	126.730	4.450	2.600	3.200	22,300



NNU... NN...

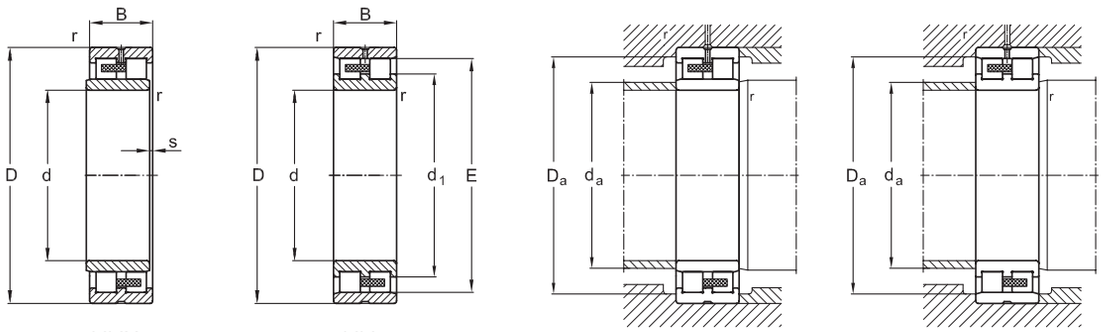
Haupt-abmessungen			Basis-kurzzeichen	Abmessungen							Anschlussmaße				
d	D	B		E/F	s	b	K	d_l	D_l	r_{min}	$d_{a,min}$	$d_{a,max}$	$D_{a,min}$	$D_{a,max}$	r_{max}
	mm						mm						mm		
100	140	40	NNU 4920	113,0	2,0	5,5	3,0		125,8	1,1	106,5	111,0		133,5	1,1
	150	37	NN 3020	137,0	2,6	5,5	3,0	119,0		1,5	108,0		138,0	142,0	1,5
105	145	40	NNU 4921	118,0	2,0	5,5	3,0		131,0	1,1	111,5	116,0		138,5	1,1
	160	41	NN 3021	146,0	2,6	5,5	3,0	125,0		2,0	115,0		147,0	150,0	2,0
110	150	40	NNU 4922	123,0	2,0	5,5	3,0		135,8	1,1	116,5	121,0		143,5	1,1
	170	45	NN 3022	155,0	3,0	5,5	3,0	132,0		2,0	120,0		157,0	160,0	2,0
120	165	45	NNU 4924	134,5	2,5	5,5	3,0		151,6	1,1	126,5	132,5		158,5	1,1
	180	46	NN 3024	165,0	3,0	5,5	3,0	141,8		2,0	130,0		167,0	170,0	2,0
130	180	50	NNU 4926	146,0	2,8	8,3	4,5		162,0	1,5	138,0	144,0		172,0	1,5
	200	52	NN 3026	182,0	3,0	8,3	4,5	155,8		2,0	140,0		187,0	190,0	2,0
140	190	50	NNU 4928	156,0	2,8	8,3	4,5		172,0	1,5	148,0	154,0		182,0	1,5
	210	53	NN 3028	192,0	3,5	8,3	4,5	166,0		2,0	150,0		197,0	200,0	2,0
150	210	60	NNU 4930	168,5	2,8	8,3	4,5		190,8	2,0	160,0	166,0		200,0	2,0
	225	56	NN 3030	206,0	4,0	8,3	4,5	177,9		2,1	161,0		210,0	214,0	2,1
160	220	60	NNU 4932	178,5	2,8	8,3	4,5		200,8	2,0	170,0	176,0		210,0	2,0
	240	60	NN 3032	219,0	4,0	8,3	4,5	190,0		2,1	171,0		222,0	229,0	2,1
170	230	60	NNU 4934	188,5	2,8	8,3	4,5		210,8	2,0	180,0	186,0		220,0	2,0
	260	67	NN 3034	236,0	4,5	8,3	4,5	203,7		2,1	181,0		240,0	249,0	2,1
180	250	69	NNU 4936	202,0	3,5	11,1	6,0		225,8	2,0	190,0	199,0		240,0	2,0
	280	74	NN 3036	255,0	4,8	11,1	6,0	217,9		2,1	191,0		260,0	269,0	2,1
190	260	69	NNU 4938	212,0	3,5	11,1	6,0		236,0	2,0	201,0	209,0		251,0	2,0
	290	75	NN 3038	265,0	4,8	11,1	6,0	228,0		2,1	201,0		270,0	279,0	2,1
200	280	69	NNU 4940	225,0	4,5	11,1	6,0		253,0	2,1	211,0	222,0		269,0	2,1
	310	82	NN 3040	282,0	5,5	11,1	6,0	242,0		2,1	211,0		287,0	299,0	2,1

NN 30...
NN 30...K
NNU 49...
NNU 49...K



NN 30... NN 30...K NNU 49... NNU 49...K

Haupt-abmessungen			Basiskurz-zeichen	Tragzahlen dyn.	Tragzahlen stat.	Ermüdungs-grenz-belastung	Radiale Feder-steifigkeit	Drehzahlen Fett	Drehzahlen Öl-Luft	Gewicht
d	D	B		C_r	C_{0r}	P_u	S_r	n_G	n_O	m
mm				N		N	N/µm	min^{-1}		kg
220	300	80	NNU 4944	512.000	1.143.000	120.310	6.050	2.500	3.000	16,000
	340	90	NN 3044	803.000	1.462.000	153.890	4.800	2.400	3.000	29,000
240	320	80	NNU 4948	532.000	1.203.000	126.630	6.350	2.300	2.800	17,000
	360	92	NN 3048	852.000	1.564.000	164.630	5.150	2.200	2.800	31,500
260	360	100	NNU 4952	752.000	1.705.000	179.470	7.100	2.100	2.600	29,500
	400	104	NN 3052	1.062.000	2.005.000	211.050	5.700	2.000	2.600	45,800
280	380	100	NNU 4956	766.000	1.805.000	190.000	7.500	1.900	2.200	31,500
	420	106	NN 3056	1.085.000	2.085.000	219.470	5.900	1.800	2.300	49,550
300	420	118	NNU 4960	1.042.000	2.405.000	253.150	8.300	1.800	2.100	49,000
320	440	118	NNU 4964	1.062.000	2.555.000	268.940	8.800	1.700	2.000	52,000



NNU... NN...

Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Abmessungen							Anschlussmaße				
d	D	B		E/F	s	b	K	d_l	D_l	r_{min}	$d_{a,min}$	$d_{a,max}$	$D_{a,min}$	$D_{a,max}$	r_{max}
	mm						mm						mm		
220	300	80	NNU 4944	245,0	4,50	13,90	7,50		273,0	2,1	231,0	242,0		289,0	2,1
	340	90	NN 3044	310,0	5,50	13,90	7,50	265,0		3,0	233,0		315,0	327,0	3,0
240	320	80	NNU 4948	265,0	4,50	13,90	7,50		293,0	2,1	251,0	262,0		309,0	2,1
	360	92	NN 3048	330,0	6,00	13,90	7,50	285,0		3,0	253,0		332,0	347,0	3,0
260	360	100	NNU 4952	292,0	5,50	13,90	7,50		325,7	2,1	271,0	289,0		349,0	2,1
	400	104	NN 3052	364,0	6,50	13,90	7,50	312,0		4,0	276,0		369,0	384,0	4,0
280	380	100	NNU 4956	312,0	5,50	13,90	7,50		345,7	2,1	291,0	309,0		369,0	2,1
	420	106	NN 3056	384,0	7,00	13,90	7,50	332,0		4,0	296,0		390,0	404,0	4,0
300	420	118	NNU 4960	339,0	6,50	17,50	9,00		375,0	3,0	313,0			406,0	3,0
320	440	118	NNU 4964	359,0	6,50	17,50	9,00		397,0	3,0	333,0			426,0	3,0

4. Toleranzen

4. Toleranzen

Toleranzklassen

Der Wunsch nach immer präziseren Wälzlagerungen hat zu einer Reihe immer enger gestufter Toleranzklassen geführt.

Mittlerweile sind eine Reihe unterschiedlicher Toleranzklassen etabliert und bezeichnet.

Darstellung der Toleranzklassen

Die Toleranzklassen sind von verschiedenen Organisationen dargestellt worden, wobei deren Bezeichnungen von Hersteller zu Hersteller variieren.

Bezeichnung IBC **Darstellende Organisation**	**P5**	**P4**	**P4A**	**P2H**	**P2A**
DIN (Deutsches Institut für Normung)	P5	P4	P4S		P2
AFBMA STD 20 (Anti-Friction Bearing Manufacturers Association)	ABEC5	ABEC7			ABEC9
ISO 492 (International Standards Organization)	Klasse 5	Klasse 4			Klasse 2
BS 292 (British Standards Institution)	EP5	EP7			EP9
Herstellervergleich					
FAG	P5	P4	P4S	(P4S)	
NSK	P5	P4	P3	(P3)	P2
SKF	P5	P4	P4A	(P4A)	PA9A
SNFA		7	7/9		9

Tabelle 4.1: Toleranzklassen und darstellende Organisationen

Toleranzmerkmale					
Kurzzeichen nach ISO	**Merkmal Innenring**	**P4**	**P4A**	**P2H**	**P2A**
Δ_{dmp}	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene	P4	P4	P4	P2
K_{ia}	Rundlauf des Innenringes am zusammengebauten Wälzlager	P4	P2	P2	P2
S_d	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Bohrung	P4	P2	P2	P2
S_{ia}	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Innenringes am zusammengebauten Wälzlager	P4	P2	P2	P2
V_{Bs} / V_{Cs}	Schwankung der Ringbreite	P4	P4	P2	P2
Δ_{Bs} / Δ_{Cs}	Abweichung der einzelnen Ringbreiten	P4	P4	P4	P2
Kurzzeichen nach ISO	**Merkmal Außenring**	**P4**	**P4A**	**P2H**	**P2A**
Δ_{Dmp}	Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene	P4	P4	P4	P2
K_{ea}	Rundlauf des Außenringes am zusammengebauten Wälzlager	P4	P2	P2	P2
S_D	Schwankung der Neigung der Mantellinie bezogen auf die Seitenfläche	P4	P2	P2	P2
S_{ea}	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Außenringes am zusammengebauten Wälzlager	P4	P2	P2	P2

Tabelle 4.2: Zugehörigkeit zu den Toleranzklassen nach DIN 620

4.1 Maße und Messprinzipien IBC Hochpräzisions-Wälzlager

Die Hauptabmessungen eines Hochpräzisions-Wälzlagers sind dessen Bohrung d, der Außendurchmesser D und die Breite B. Dazu gehören die Toleranzen für die Bohrung Δ_{dmp} und für den Außendurchmesser Δ_{Dmp}. Die Toleranz für die Breite Δ_{Bs} richtet sich nach der Bohrung des Innenringes und gilt für beide Lagerringe.

Die Genauigkeit bei der Bewegung eines Wälzlagers unterliegt ebenfalls festgelegten Toleranzen. Neben der erwünschten Rotation um die Mittelachse des Hochpräzisions-Wälzlagers treten sowohl in axialer als auch in radialer Richtung unerwünschte Verlagerungen sowie Kippbewegungen auf. Auch für diese Effekte gibt es Maximalwerte bzw. Grenzwerte. In den meisten Einbaufällen ist der maximale Radialschlag des Innenringes K_{ia} von großer Relevanz. IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager werden standardmäßig in den Toleranzklassen P4A, P2H und P2A gefertigt und die Hochpräzisions-Zylinderrollenlager in der Klasse SP.

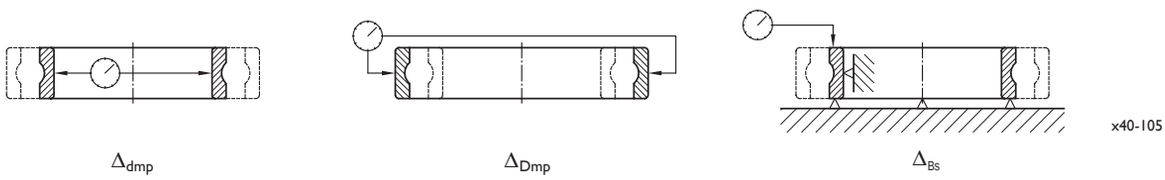


Bild 4.1: Maßtoleranzen

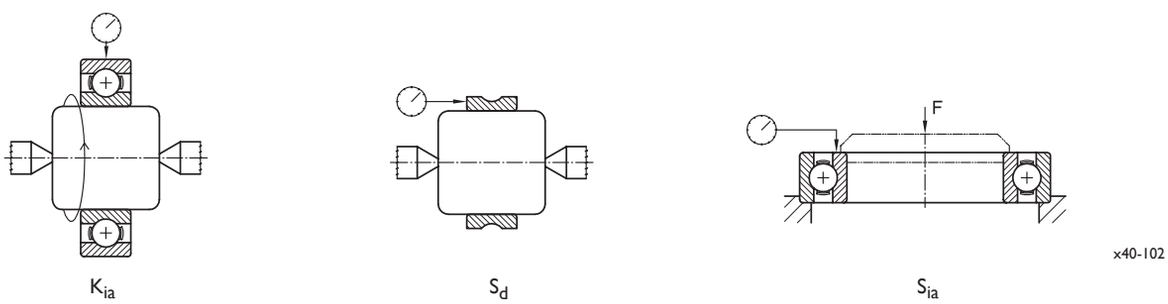


Bild 4.2: Lauftoleranzen am Innenring

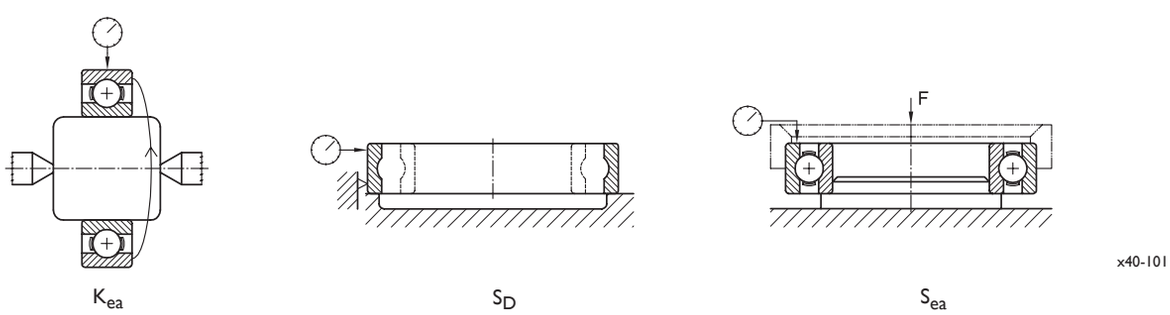


Bild 4.3: Lauftoleranzen am Außenring

4.2 Maß- und Lauftoleranzen IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

			Innenring											
	Merkmal	**Toleranzklasse**	**ø 0,6 bis 10**	**10 18**	**18 30**	**30 50**	**50 80**	**80 120**	**120 150**	**150 180**	**180 250**	**250 315**	**315 400**	**400 500**
Δ_{dmp}	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene	P5	-5	-5	-6	-8	-9	-10	-13	-13	-15	-18	-23	-28
		P4, P4A, P2H	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-10	-12	-15	-19	-23
		P2A	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-4	-5	-7	-7	-8	-9	-11	-13
V_{dp}	Schwankung des Bohrungs-durchmessers in einer radialen Ebene	P5 - Reihe 8, 9	5	5	6	8	9	10	13	13	15	18	23	28
		P5 - Reihe 0, 2	4	4	5	6	7	8	10	10	12	14	18	21
		P4 - Reihe 8	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4	5	5	6	8	9	12
		P4A, P2H, P2A - Reihe 9, 0, 2	2	2	2	2,5	3	3	4	4	5	6	8	10
V_{Bs}	Schwankung der Innenringbreite	P5	5	5	5	5	6	7	8	8	10	13	15	18
		P4	2	2	2,5	3	4	4	5	5	6	8	10	12
		P4A, P2H, P2A	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	5	6	7	8
K_{ia}	Rundlauf des Innenringes am zusammengebauten Wälzlager	P5	4	4	4	5	5	6	8	8	10	13	15	18
		P4	2,5	2,5	3	4	4	5	6	6	8	9	10	12
		P4A, P2H, P2A	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	4	5	7	8
S_d	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Bohrung	P5	7	7	8	8	8	9	10	10	11	13	15	18
		P4	2,5	2,5	3	3	4	4	5	5	7	8	10	12
		P4A, P2H, P2A	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	5	6	7	8
S_{ia}	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Innenringes am zusammengebauten Wälzlager	P5	7	7	8	8	8	9	10	10	13	15	20	25
		P4	3	3	4	4	5	5	6	6	8	10	12	15
		P4A, P2H, P2A	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5	7	9	11
Δ_{Bs}	Abweichung einer einzelnen Innenringbreite	P5, P4, P4A, P2H	-250	-250	-250	-250	-250	-380	-380	-500	-500	-630	-630	-630
		P2A	-80	-80	-120	-120	-150	-200	-250	-250	-300	-350	-400	-450

Tabelle 4.3: Maß- und Lauftoleranzen am Innenring. Angaben in µm.

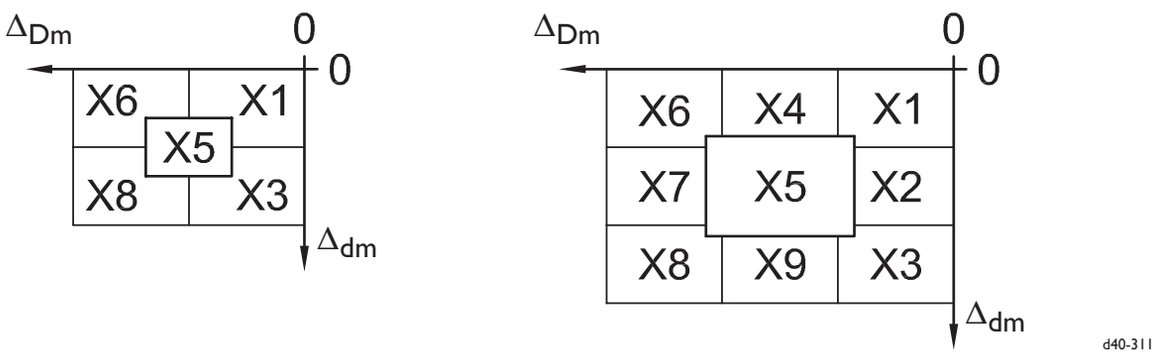
			Außenring										
	Merkmal	**Toleranzklasse**	**ø 18 bis 30**	**30 50**	**50 80**	**80 120**	**120 150**	**150 180**	**180 250**	**250 315**	**315 400**	**400 500**	**500 630**
Δ_{Dmp}	Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene	P5	-6	-7	-9	-10	-11	-13	-15	-18	-20	-23	-28
		P4, P4A, P2H	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-18	-20
		P2A	-4	-4	-4	-5	-5	-7	-8	-8	-10	-12	-15
V_{Dp}	Schwankung des Außen-durchmessers in einer radialen Ebene	P5 - Reihe 8, 9	6	7	9	10	11	13	15	18	20	23	28
		P5 - Reihe 0, 2	5	5	7	8	8	10	11	14	15	17	21
		P4 - Reihe 8	3	3	4	4	5	5	6	7	8	9	11
		P4A, P2H, P2A - Reihe 9, 0, 2	2	2,5	3	3	4	4	5	6	6	7	9
V_{Cs}	Schwankung der Außenringbreite	P5	5	5	6	8	8	8	10	11	13	15	18
		P4	2,5	2,5	3	4	5	5	7	7	8	9	11
		P4A, P2H, P2A	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7	7	8
K_{ea}	Rundlauf des Außenringes am zusammengebauten Wälzlager	P5	6	7	8	10	11	13	15	18	20	23	25
		P4	4	5	5	6	7	8	10	11	13	15	18
		P4A, P2H, P2A	2	2,5	3	3	4	4	5	6	6	7	7
S_D	Schwankung der Neigung der Mantellinie, bezogen auf die Bezugsseitenfläche	P5	8	8	8	9	10	10	11	13	13	15	18
		P4	3	3	3	4	5	5	7	7	10	16	12
		P4A, P2H, P2A	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7	8	9
S_{ea}	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Außenringes am zusammengebauten Wälzlager	P5	8	8	10	11	13	14	15	18	20	23	25
		P4	4	4	5	6	7	8	10	10	13	15	18
		P4A, P2H, P2A	2,5	2,5	4	5	5	5	7	7	8	10	12

Tabelle 4.4: Maß- und Lauftoleranzen am Außenring. Angaben in µm.

4.3 Sortierung und Kantenabstände IBC Hochpräzisions-Wälzlager

Sortierungen

Die Maßtoleranzen des Wälzlagers bestimmen, zusammen mit den Maßtoleranzen des Gehäuses, den exakten und reproduzierbaren Fest- oder Loslagersitz des Hochpräzisions-Wälzlagers. Zur Vereinfachung der Zuordnung von Hochpräzisions-Wälzlagern und -sätzen zu Wellen und Gehäusen sind die Durchmesserabweichungen der IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit sortierten Bohrungs- und Außendurchmessern mit einem Gruppenmittelwert angegeben. Die Einteilung der zulässigen Gesamttoleranz für den Außendurchmesser Δ_{Dm} und die Bohrung Δ_{dm}, nach jeweils 2 oder 3 Sortierungsgruppen geschieht durchmesser- und qualitätsabhängig (P4A, P2H, P2A). Bis zu einer Gesamttoleranz von 5 µm gibt es 2 Gruppen, darüber 3 Gruppen. Hieraus ergeben sich 5 bzw. 9 Sortierungskombinationen.



Gesamttoleranz $\Delta_{dm} \leq 5$ µm

Gesamttoleranz $\Delta_{dm} > 5$ µm

Bild 4.4: Sortierungsklassen

Kantenabstände

Für alle Wälzlager sind die Kantenabstände nach nebenstehender Tabelle genormt. Entsprechend sind die Kanten der Anschlussteile, wie Gehäuse bzw. Welle, zu fertigen.

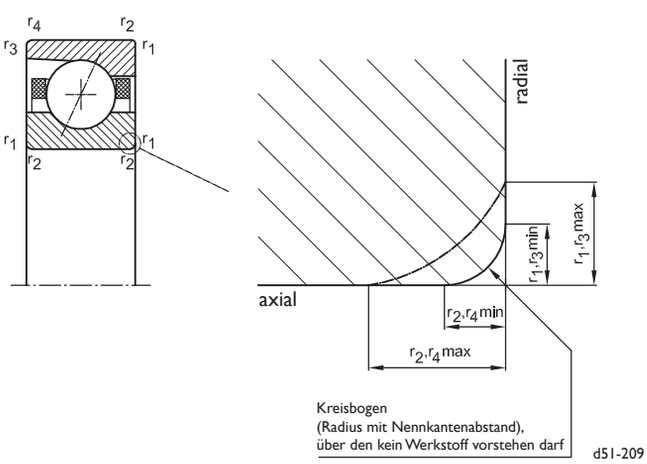


Bild 4.5: Maßbild der Kantenabstände nach DIN 620, Teil 6

Nennkantenabstand r_{min}, r_{12}, r_{34} mm	Lagerbohrung d über mm	bis mm	Toleranz der Kantenabstände radial r_1, r_3 min. mm	max. mm	axial r_2, r_4 min. mm	max. mm
0,2	-	-	0,2	0,5	0,2	0,8
0,3	-	40	0,3	0,6	0,3	1,0
	40	-	0,3	0,8	0,3	1,0
0,6	-	40	0,6	1,0	0,6	2,0
	40	-	0,6	1,3	0,6	2,0
1,0	-	50	1,0	1,5	1,0	3,0
	50	-	1,0	1,9	1,0	3,0
1,1	-	120	1,1	2,0	1,1	3,5
	120	-	1,1	2,5	1,1	4,0
1,5	-	120	1,5	2,3	1,5	4,0
	120	-	1,5	3,0	1,5	5,0
2,0	-	80	2,0	3,0	2,0	4,5
	80	220	2,0	3,5	2,0	5,0
2,1	-	280	2,1	4,0	2,1	6,5
2,5	-	100	2,5	3,8	2,5	6,0
	100	280	2,5	4,5	2,5	6,0
3,0	-	280	3,0	5,0	3,0	8,0

Tabelle 4.5: Werte der Kantenabstände nach DIN 620, Teil 6

4.4 Maß- und Lauftoleranzen IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

			Innenring										
	Bohrungsdurchmesser	**über**	**ø 18**	**30**	**50**	**80**	**120**	**180**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**
		bis	**30**	**50**	**80**	**120**	**180**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**
			Toleranzen in µm										
Δ_{ds} Δ_{dmp}	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers der zylindrischen Bohrung in einer Ebene	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		max.	-6	-8	-9	-10	-13	-15	-18	-23	-27	-30	-40
V_{dp}	Schwankung Bohrungsdurchmesser		3	4	5	5	7	8	9	12	14	15	20
V_{dmp}	Schwankung mittlerer Bohrungsdurchmesser		3	4	5	5	7	8	9	12	14	15	20
Δ_{dmp}	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers der kegeligen Bohrung in einer Ebene	min.	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	65
		max.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$	Abweichung vom Kegelwinkel	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		max.	4	4	5	6	8	9	11	12	14	15	18
Δ_{Bs}	Abweichung einer einzelnen Innenringbreite	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		max.	-120	-120	-150	-200	-250	-300	-350	-400	-450	-500	-750
V_{Bs}	Schwankung der Innenringbreite		2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	14	17
K_{ia}	Rundlauf des Innenringes am zusammengebauten Wälzlager		3	4	4	5	6	8	8	10	10	12	15
S_d	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Bohrung		4	4	5	5	6	7	8	10	12	14	17
S_{ia}	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Innenringes am zusammengebauten Wälzlager		4	4	5	5	7	8	10	12	15	18	21

Tabelle 4.6: Maß- und Lauftoleranzen am Innenring

			Außenring										
	Außendurchmesser	**über**	**ø 30**	**50**	**80**	**120**	**150**	**180**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**
		bis	**50**	**80**	**120**	**150**	**180**	**250**	**315**	**400**	**500**	**630**	**800**
			Toleranzen in µm										
Δ_{Ds} Δ_{Dmp}	Abweichung des mittleren Außendurchmessers	min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		max.	-7	-9	-10	-11	-13	-15	-18	-20	-23	-28	-35
V_{Dp}	Schwankung Außendurchmesser		4	5	5	6	7	8	9	10	12	14	18
V_{Dmp}	Schwankung mittlerer Außendurchmesser		4	5	5	6	7	8	9	10	12	14	18
V_{Cs}	Schwankung der Außenringbreite		2,5	3	4	5	5	7	7	8	9	11	13
K_{ea}	Rundlauf des Außenringes am zusammengebauten Wälzlager		5	5	6	7	8	10	11	13	15	17	20
S_D	Schwankung der Neigung der Mantellinie bezogen auf die Bezugsseitenfläche		4	4	5	5	5	7	8	10	11	13	15
S_{ea}	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Außenringes am zusammengebauten Wälzlager		5	5	6	7	8	10	10	13	15	18	22

Tabelle 4.7: Maß- und Lauftoleranzen am Außenring

4.5 Radiale Lagerluft
IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

IBC fertigt Hochpräzisions-Zylinderrollenlager standardmäßig in der Toleranzklasse SP mit radialer Lagerluft C1. Diese Lagerluftbezeichnung wird nicht explizit angegeben. Daneben sind weitere Lagerluftklassen erhältlich, die auf die jeweiligen Bedürfnisse der Anwendung abgestimmt sind, wie z. B. SPC2X oder auch C3.

Die Lagerringe typengleicher Hochpräzisions-Zylinderrollenlager sind untereinander nicht austauschbar.

Die Werte der Lagerluft von Hochpräzisions-Zylinderrollenlagern sind für die mit zylindrischer und mit kegeliger Bohrung bei gleicher Toleranzklasse unterschiedlich. Beim Aufschieben eines Hochpräzisions-Zylinderrollenlagers auf eine kegelige Welle ist es möglich, die Lagerluft gezielt über den Aufschiebeweg zu verändern. Diese Möglichkeit und ihr unkomplizierter Aufbau prädestinieren die Hochpräzisions-Zylinderrollenlager für den Einsatz im Werkzeugmaschinenbau. Erläuterungen dazu finden Sie im Kapitel 8 (Montage von Hochpräzisions-Wälzlagern).

Radiale Lagerluft von ein- und zweireihigen Hochpräzisions-Zylinderrollenlagern mit zylindrischer Bohrung

Ø d mm	über	-	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500
	bis	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560
C1	min.		5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15	15	20	20	20	25	25	25	25
	max.		15	15	18	20	25	30	30	35	35	40	45	50	50	55	60	65	75	85	95	105
SPC2X	min.		8	12	14	17	18	20	25	30	35	35	40	45	45	50	55	60	70	75	90	100
	max.		23	25	30	35	38	40	45	50	65	70	75	85	100	110	120	130	145	165	185	205

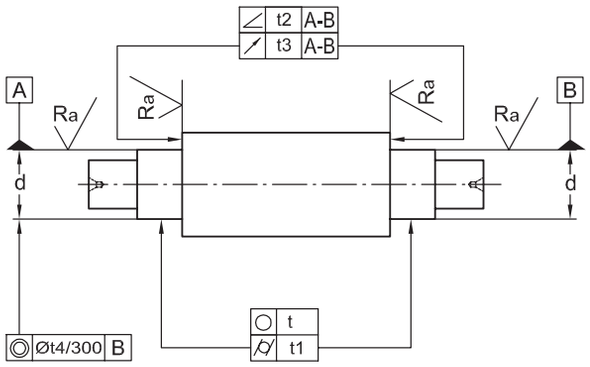
Radiale Lagerluft von ein- und zweireihigen Hochpräzisions-Zylinderrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Ø d mm	über	-	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500
	bis	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560
C1	min.		15	15	17	20	25	35	40	45	50	55	60	60	65	75	80	90	100	110	120	130
	max.		25	25	30	35	40	55	60	70	75	85	90	95	100	110	120	135	150	170	190	210
SPC2X	min.		20	20	25	30	35	40	50	55	60	75	85	95	105	115	130	145	165	185	205	230
	max.		45	45	55	60	70	75	90	100	110	125	140	155	170	185	205	225	255	285	315	350

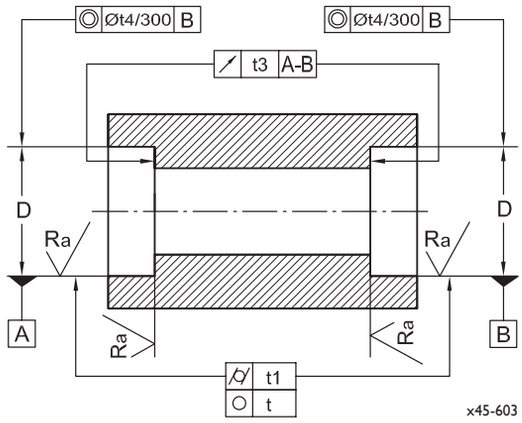
Tabelle 4.8: Radiale Lagerluft für IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit zylindrischer und kegeliger Bohrung. Angaben in µm.

4.6 Toleranzen der Anschluss- und Umgebungsbauteile

Formgenauigkeit für Wellen



Formgenauigkeit für Gehäuse



Eigenschaft	Toleranzsymbol	Toleranzwert	Zulässige Formabweichungen Toleranzreihe/Rauheitsklasse Lager der Toleranzklassen			
			PN	P6	P5	P4/P2
Rundheit	○	t	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Zylinderform	⌭	t1	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Winkligkeit	∠	t2	-	-	-	IT3/2
Planlauf	↗	t3	IT5	IT4	IT3	IT3
Konzentrizität	◎	t4	IT6	IT6	IT5	IT4
Rauheit R_a d ≤ 80 mm		-	N6	N5	N4	N4
d > 80 mm		-	N7	N6	N5	N5

Tabelle 4.9: Formgenauigkeit für Wellen

Eigenschaft	Toleranzsymbol	Toleranzwert	Zulässige Formabweichungen Toleranzreihe/Rauheitsklasse Lager der Toleranzklassen			
			PN	P6	P5	P4/P2
Rundheit	○	t	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Zylinderform	⌭	t1	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Planlauf	↗	t3	IT5	IT4	IT3	IT3
Konzentrizität	◎	t4	IT7	IT6	IT5	IT4
Rauheit R_a d ≤ 80 mm		-	N6	N6	N5	N5
80 < D ≤ 250 mm		-	N7	N7	N6	N6
D > 250 mm		-	N7	N7	N7	N7

Tabelle 4.10: Formgenauigkeit für Gehäuse

ISO Grundtoleranzen nach DIN 7151									
Durchmesser Nennmaß über	bis	Toleranzreihe							
		IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7
mm		µm							
6	10	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15
10	18	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18
18	30	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21
30	50	1	1,5	3	4	7	11	16	25
50	80	1,2	2	4	5	8	13	19	30
80	120	1,5	2,5	5	6	10	15	22	35
120	180	2	3,5	6	8	12	18	25	40
180	250	3	4,5	7	10	14	20	29	46
250	315	4	6	8	12	16	23	32	52
315	400	5	7	9	13	18	25	36	57
400	500	6	8	10	15	20	27	40	63

Tabelle 4.11: Grundtoleranzen

Gestaltung der Anschlussbauteile

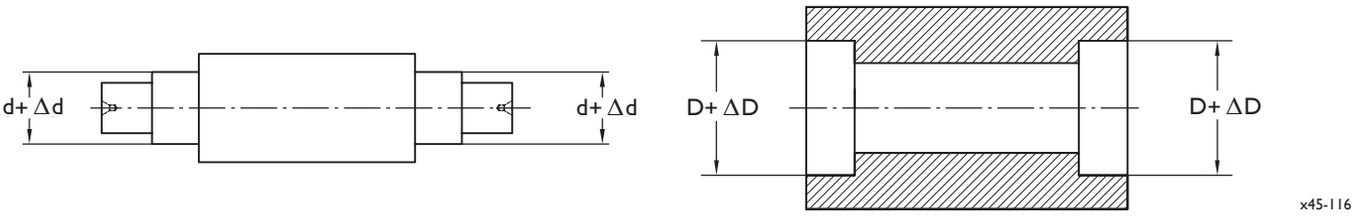
Die Lage- und Formgenauigkeiten der Anschlussbauteile sind auf die Anforderungen an die Genauigkeit der Hochpräzisions-Wälzlager abzustimmen. Wälzlager mit ihren relativ schlanken Querschnittsverhältnissen passen sich den Formabweichungen von Welle und Gehäuse an. Die gewählten Passungen hängen von den Umlaufverhältnissen der betrachteten Lagerringe ab.

Rauheitsklasse	Rauheitswert R_a µm
N3	0,1
N4	0,2
N5	0,4
N6	0,8
N7	1,6

Tabelle 4.12: Rauheitsklassen

Rauheit R_a der axialen Anlagebunde der Spindel, im Gehäuse und von Zwischenringen.

4.7 Passmaße für IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager und Umgebungsbauteile

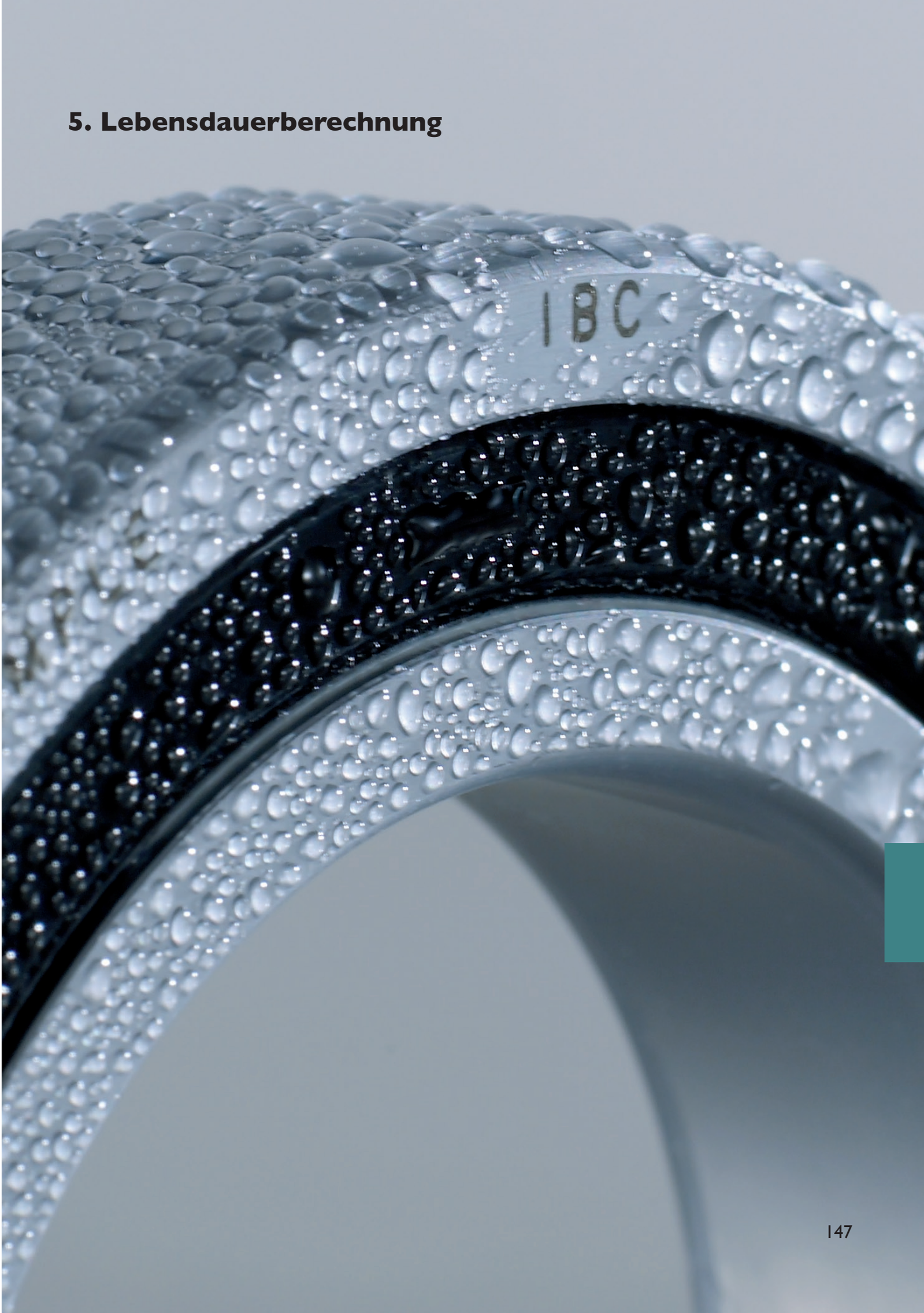


Nenndurchmesser Welle d in mm	Toleranz-klasse	von inkl.	10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 180	180 250
Lagerbohrungs-	P4, P4A, P2H	min.	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-12
toleranz max. 0	P2A	min.	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-4	-5	-7	-8
Wellentoleranz Δd	P4, P4A	max.	+2	+2	+2	+2	+3	+3	+4	+4
		min.	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-6
	P2H, P2A	max.	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+3	+4
		min.	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-4
Übermaß bei	P4, P4A,	mittel	+2	+2	+2	+3	+3	+3	+4	+4
mittleren Passmaßen	P2H, P2A	mittel	+1	+1	+1	+1	+2	+3	+3	+4

Nenndurchmesser Gehäuse D in mm	Toleranz-klasse	von inkl.	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250	250 315	315 400
Lageraußendurchmesser-	P4, P4A, P2H	min.	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-13	-15
toleranz max. 0	P2A	min.	-4	-4	-4	-5	-5	-7	-8	-8	-10
Gehäusetoleranz ΔD	P4, P4A	max.	+5	+5	+5	+5	+7	+7	+7	+10	+11
Festlager		min.	0	0	0	-3	-3	-3	-3	-3	-4
	P2H, P2A	max.	+4	+4	+4	+5	+5	+5	+5	+5	+7
		min.	0	0	0	0	0	-1	-3	-3	-4
Spiel bei	P4, P4A	mittel	+5	+5	+5	+5	+7	+7	+7	+10	+10
mittleren Passmaßen	P2H, P2A	mittel	+4	+4	+4	+5	+5	+5	+5	+5	+7
Gehäusetoleranz ΔD	P4, P4A	max.	+7	+7	+7	+11	+17	+17	+19	+24	+25
Loslager		min.	+2	+2	+2	+3,5	+7	+7	+9	+10	+11
	P2H, P2A	max.	+7	+8	+9	+11	+13	+13	+15	+17	+21
		min.	+3	+4	+5	+7	+7	+7	+8	+10	+10
Spiel bei	P4, P4A	mittel	+7	+7	+7	+11	+17	+17	+19	+24	+24
mittleren Passmaßen	P2H, P2A	mittel	+7	+8	+9	+11	+13	+13	+15	+17	+20

Tabelle 4.13: Anzustrebende Übermaße bzw. Spielmaße an Umgebungsteilen für IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager. Für Schrägkugellager der P2H-Genauigkeit sind, wenn möglich, die Toleranzen für Welle und Gehäuse nach P2A anzustreben. Angaben in µm.

5. Lebensdauerberechnung



5. Lebensdauerberechnung

Auch wenn die Betriebsbedingungen angemessen sind und die Hochpräzisions-Wälzlager korrekt montiert wurden, kann es zum Ausfall kommen. Die Gebrauchsdauer von Hochpräzisions-Wälzlagern ist durch die unterschiedlichsten Einflüsse begrenzt.

Der Zeitraum, in dem das Hochpräzisions-Wälzlager seine Aufgabe zufriedenstellend erfüllt, wird als Lebensdauer bezeichnet. Innerhalb dieses Zeitraums kann es zu Materialermüdung, Vibration, Verunreinigung oder Schmierstoffausfall kommen. Nicht berücksichtigt werden hierbei Ursachen, die ohne nennenswerte Vorankündigung den Ausfall des Hochpräzisions-Wälzlagers bewirken können. Hierzu zählen beispielsweise Konstruktionsfehler, unzureichende Wartung, Einbaufehler sowie eine falsche Wälzlagerauslegung.

Ermüdung

Ursächlich für die Ermüdung des Hochpräzisions-Wälzlagerwerkstoffs ist die schwellende Beanspruchung des Materials, wenn Hochpräzisions-Wälzlager unter Last umlaufen. Am Ende der Laufzeit treten in den Laufflächen oder auf den Wälzkörpern „Pittings“ auf, eine fortschreitende Abschälung oder Grübchenbildung im Werkstoff kann die Folge sein.

Zahlreiche Faktoren gehen in die Ermüdung des Werkstoffes ein, sodass diese nur statistisch zu erfassen sind. Die Definition eines theoretischen Vergleichswertes „Ermüdungslebensdauer“ bezieht sich daher auf eine sehr große Zahl gleichartiger Wälzlager, die unter gleichen Bedingungen laufen. Die Ermüdungslebensdauer ist erreicht, wenn 10% der Wälzlager ausgefallen sind. Sie kann auf die Anzahl der Umdrehungen oder auf die Laufzeit in Stunden bezogen werden.

Neben der Ermüdungslebensdauer ist für das Hochpräzisions-Wälzlager auch die Lebensdauer des Schmierstoffs entscheidend. Hierfür gelten eigene Berechnungsvorschriften. Für permanent überwachte Hochpräzisions-Wälzlager können noch andere Parameter lebensdauerentscheidend sein. Dazu gehören beispielsweise die Temperatur, das Lagergeräusch oder Vibrationen.

Nominelle Lebensdauer

Rein definitorisch können innerhalb der nominellen Lebensdauer L_{10} unter gleichartigen Betriebsbedingungen 10% einer großen Anzahl gleichartiger Hochpräzisions-Wälzlager ausfallen. Bei konstanter Drehzahl kann die nominelle Lebensdauer auch als Zeitangabe $L_{10,h}$ erfolgen.

$$L_{10,h} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad [h] \qquad [5.1]$$

$L_{10,h}$	nominelle Lebensdauer	[h]
n	Betriebsdrehzahl	[min^{-1}]
C	dynamische Tragzahl	[N]
P	äquivalente dynamische Lagerbelastung	[N]
p	Lebensdauerexponent für Kugellager p = 3 für Rollenlager p = 10/3	

Dynamische Tragzahl

Die dynamische Tragzahl ist die konstante Beanspruchung eines Hochpräzisions-Wälzlagers mit drehendem Innenring, bei der 1 Million Umdrehungen mit 90%iger Wahrscheinlichkeit erreicht werden. Sie gilt als zentrische nach Größe und Richtung konstante Radialbeanspruchung. Auf der Basis zahlreicher Versuche ist sie eine nach empirischen Regeln rechnerisch zugängliche Kennzahl.

Statische Tragzahl

Die statische Tragfähigkeit eines Hochpräzisions-Wälzlagers ist durch die statische Tragzahl C_0 beschrieben. Sie ist die Beanspruchung, die das ruhende Hochpräzisions-Wälzlager mit einer bleibenden plastischen Verformung von maximal 1/10.000 des Wälzkörperdurchmessers erträgt.

Äquivalente dynamische Lagerbelastung

Oftmals wirken auf Hochpräzisions-Wälzlager kombinierte Beanspruchungen ein, die sich aus axialen und radialen Komponenten zusammensetzen. Um die tatsächlich wirkenden Kräfte an einem Hochpräzisions-Wälzlager mit der dynamischen Tragzahl in Beziehung zu setzen, wird aus den wirksamen Kraftkomponenten die äquivalente dynamische Lagerbelastung P errechnet. Diese Beanspruchung ist hypothetisch und entspricht in ihrem Angriffspunkt und der Wirkrichtung der der dynamischen Tragzahl.

$$\mathbf{P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a} \quad [N] \quad [5.2]$$

P	äquivalente dynamische Lagerbelastung	[N]
F_r	Radialkraft	[N]
F_a	Axialkraft	[N]
X	Radialfaktor, siehe Tabelle 5.1	
Y	Axialfaktor, siehe Tabelle 5.1	

Erst die gerechnete, äquivalente dynamische Lagerbelastung kann mit der dynamischen Tragzahl rechnerisch in Beziehung gesetzt werden, um daraus die Lebensdauer zu bestimmen.

Statische äquivalente Lagerbelastung

Die erforderliche statische Tragzahl C_0 berechnet sich aus der äquivalenten statischen Lagerbelastung P_0, die noch mit der statischen Tragsicherheit s_0 gewichtet wird.

$$\mathbf{C_0 = P_0 \cdot s_0} \quad [5.3]$$

C_0	statische Tragzahl	[N]
P_0	äquivalente statische Lagerbelastung	[N]
s_0	statische Tragsicherheit	

Eine ausreichende statische Tragsicherheit ist von der Betriebsweise der Wälzlager und von der Anforderung an deren Laufruhe abhängig. Hochpräzisions-Schrägkugellager erfordern mindestens eine einfache statische Sicherheit und Hochpräzisions-Rollenlager mindestens eine 1,5-fache statische Sicherheit.

Bei hohen Anforderungen an die Laufruhe der Wälzlagerung sind die vorgenannten Werte der statischen Tragsicherheit zu verdoppeln. Stoßartige Beanspruchungen der Wälzlagerung erfordern eine zusätzliche Erhöhung der statischen Tragsicherheit um den Faktor 1,5.

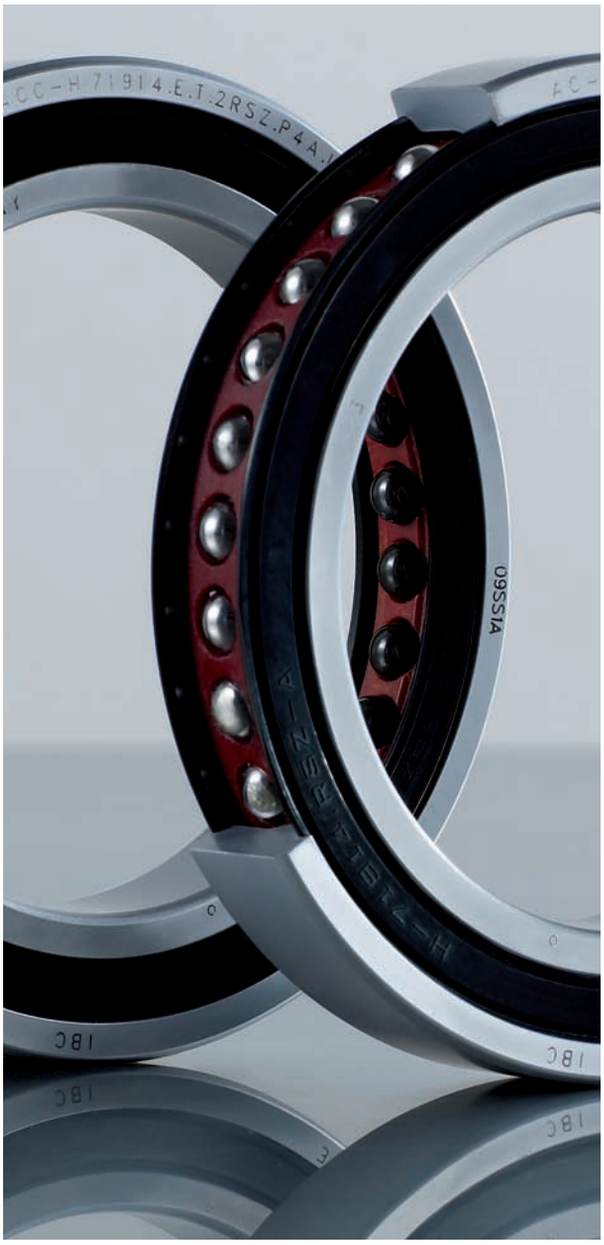
Statische Tragfähigkeit dynamisch ausgelegter Wälzlager

Ist die statische Beanspruchung bekannt, sollte für die Wälzlagerung, die nach der Berechnung der dynamischen Tragfähigkeit ausgewählt wurde, die statisch äquivalente Lagerbelastung berechnet werden und anhand der vorgenannten statischen Tragsicherheit überprüft werden.

Der Vergleich der wirksamen statischen Wälzlagerbeanspruchung mit der statischen Tragzahl macht ebenfalls die Berechnung der äquivalenten statischen Lagerbelastung P_0 erforderlich. Die Berechnung erfolgt analog zu der der äquivalenten dynamischen Lagerbelastung.

$$\mathbf{P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a} \quad [N] \quad [5.4]$$

P_0	äquivalente statische Lagerbelastung	[N]
F_r	Radialkraft	[N]
F_a	Axialkraft	[N]
X_0	Radialfaktor, siehe Tabelle 5.1	
Y_0	Axialfaktor, siehe Tabelle 5.1	



Bestimmung der Axial- und Radialfaktoren

Für Schrägkugellager, die eine kombinierte Beanspruchung zulassen, werden zunächst die Axial- und Radialfaktoren aus Tabelle 5.1 bestimmt. Im ersten Schritt wird für Schrägkugellager mit 15° Berührungswinkel das Verhältnis $F_a / i \cdot C_0$ gerechnet.

Dabei steht i für die Anzahl der Hochpräzisions-Wälzlager in einem Satz. Die Ablesung des lagerabhängigen Faktors e erfolgt bei Einzellagern oder Lagersätzen mit gleichartiger Ausrichtung in der Tabelle 5.1a bzw. bei gegeneinander gestellten Hochpräzisions-Wälzlagern in der Tabelle 5.1b neben dem Wert, der dem Ergebnis der Rechnung $F_a / i \cdot C_0$ am nächsten kommt oder e wird entsprechend interpoliert. Im folgenden Schritt wird das Verhältnis der von außen einwirkenden Kraftkomponenten F_a / F_r berechnet und mit dem abgelesenen Wert des lagerabhängigen Faktors e verglichen.

Ist das Verhältnis kleiner e, dann entfällt die Axialkomponente und nur der Radialfaktor X = 1 bleibt erhalten. Bei größerem Verhältnis als e werden die Faktoren X und Y in gleicher Zeile wie das zugehörige e abgelesen. Für Schrägkugellager mit 25° Berührungswinkel hat e stets den Wert 0,68 und das Verhältnis $F_a / i \cdot C_0$ wird nicht berechnet. Der statische Radialfaktor X_0 und der statische Axialfaktor Y_0 können für die unterschiedlichen Berührungswinkel und Lageranordnungen direkt aus den Tabellen 5.1a und 5.1b entnommen werden und benötigen keine Berechnungen.

Berührungswinkel	$\frac{F_a}{i \cdot C_0}$	lagerabhängiger Faktor	Einzellager und Tandemanordnungen < ; << ; <<< ; <<<<					
			$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$			
α		e	X	Y	X	Y	X_0	Y_0
15°	0,011	0,38	1	0	0,44	1,47	0,5	0,46
	0,022	0,40				1,40		
	0,045	0,43				1,30		
	0,067	0,46				1,23		
	0,089	0,47				1,19		
	0,134	0,50				1,12		
	0,223	0,55				1,02		
	0,334	0,56				1,00		
	0,446	0,56				1,00		
25°		0,68	1	0	0,41	0,87	0,5	0,38

Tabelle 5.1a: Faktoren zur Berechnung der äquivalenten Lagerbeanspruchung für Einzelwälzlager und Tandemanordnungen

Berührungswinkel	$\frac{F_a}{i \cdot C_0}$	lagerabhängiger Faktor	Schrägkugellager in X- oder O-Anordnung oder zweireihige Hochpräzisions-Wälzlager <> ; ><					
			$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$			
α		e	X	Y	X	Y	X_0	Y_0
15°	0,011	0,38	1	1,65	0,72	2,39	1	0,92
	0,022	0,40		1,57		2,28		
	0,045	0,43		1,46		2,11		
	0,067	0,46		1,38		2,00		
	0,089	0,47		1,34		1,93		
	0,134	0,50		1,26		1,82		
	0,223	0,55		1,14		1,66		
	0,334	0,56		1,12		1,63		
	0,446	0,56		1,12		1,63		
25°		0,68	1	0,92	0,67	1,41	1	0,76

Tabelle 5.1b: Faktoren zur Berechnung der äquivalenten Lagerbeanspruchung für Wälzlageranordnungen bei symmetrisch einwirkender Last

Zwei entfernt voneinander angeordnete Schrägkugellager in O- oder X-Anordnung gelten bei symmetrischer Lasteinleitung als System, dessen Faktoren zur Berechnung der äquivalenten Lagerbeanspruchung aus Tabelle 5.1b abgelesen werden. Anderenfalls werden die individuellen Lagerkräfte berechnet und die Faktoren aus Tabelle 5.1a abgelesen.

Nach der Anwendung der Formeln 5.2 und 5.3 sind die äquivalente dynamische Lagerbelastung P und die äquivalente statische Lagerbelastung P_0 bekannt.

Überschreitet die äquivalente statische Lagerbelastung nicht die statische Tragzahl multipliziert mit der statischen Tragsicherheit s_0, dann ist das Einzellager statisch ausreichend dimensioniert. Die Auswertung der äquivalenten dynamischen Lagerbelastung für ein Einzellager führt über die Lebensdauerberechnung nach Gleichung 5.1.

Die dafür notwendige dynamische Tragzahl ist für Hochpräzisions-Wälzlager in Kapitel 2 (IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager) und Kapitel 3 (IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager) tabelliert.

Lagerkombinationen

In dem Fall, dass mehrere gleichartige, einreihige Präzisions-Schrägkugellager in gleicher Anordnung nebeneinander stehen, ergibt sich die statische Gesamttragzahl der Kombination aus den einzelnen statischen Tragzahlen, wie im Folgenden dargestellt:

$$C_{0,Satz} = i \cdot C_{0,Einzellager} \quad [N] \quad [5.5]$$

$C_{0,Satz}$	statische Tragzahl des Lagersatzes	[N]
i	Anzahl der Lager	
$C_{0,Einzellager}$	statische Tragzahl des Einzellagers	[N]

Die dynamische Tragzahl eines Satzes errechnet sich wie folgt:

$$C_{Satz} = i^{0,7} \cdot C_{Einzellager} \quad [N] \quad [5.6]$$

C_{Satz}	dynamische Tragzahl des Lagersatzes	[N]
i	Anzahl der Lager	
$C_{Einzellager}$	dynamische Tragzahl des Einzellagers	[N]

Die generelle Reduktion der dynamischen Satz-Tragzahl nach DIN ISO 281 um den Wert $i^{0,7}$ ist an die Annahme geknüpft, dass Lager mit Normaltoleranzen im Satz voneinander abweichende Bohrungs- und Außendurchmesser haben und somit ungleichmäßig Lastanteile tragen.

Sortierte und markierte Hochpräzisions-Schrägkugellager mit engeren Toleranzen tragen wesentlich gleichmäßiger und ergeben eine höhere Betriebssicherheit.

Die Lebensdauer eines Satzes von Hochpräzisions-Wälzlagern kann berechnet werden, wenn die wirkenden Kräfte an jedem Einzellager bekannt sind. Bereits der Ausfall auch nur eines sich im System befindlichen Hochpräzisions-Wälzlagers bedeutet den Ausfall des gesamten Systems.

Da jedes einzelne Hochpräzisions-Wälzlager seine Lebensdauer mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% erreicht, ist die Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems das Produkt der Ausfallwahrscheinlichkeiten der Einzelhochpräzisions-Wälzlager.

Damit ist die Lebensdauer des Gesamtsystems kürzer als die kürzeste Lebensdauer eines beteiligten Hochpräzisions-Wälzlagers. Bezogen auf die Lebensdauern der Einzelhochpräzisions-Wälzlager ergibt sich eine Lebensdauer $L_{10h,ges}$ für das System gemäß Gleichung 5.7.

$$L_{10h,ges} = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_{10h,1}^{1,1}} + \frac{1}{L_{10h,2}^{1,1}} + L + \frac{1}{L_{10h,n}^{1,1}}\right)^{\frac{1}{1,1}}} \quad [h] \quad [5.7]$$

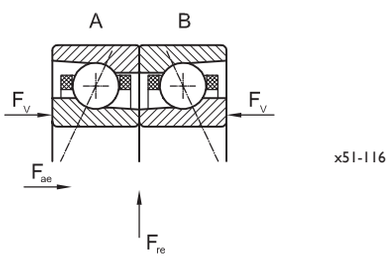
Hinweis zu Lagersätzen mit innerer Vorspannung

Die zuvor beschriebene Vorgehensweise gilt nicht für vorgespannte Hochpräzisions-Wälzlager, wie sie oftmals in Lagersätzen gegeneinander gestellt werden. Die Vorspannung dieser Hochpräzisions-Wälzlager beansprucht die Wälzlager zusätzlich zu den von außen einwirkenden Kräften. Zur Berechnung der Lebensdauer eines vorgespannten Hochpräzisions-Wälzlagersatzes ist die Betrachtung der Kräfte jedes einzelnen Lagers notwendig. Eine Berechnung mit Berücksichtigung der Vorspannung ist auf den folgenden Seiten dargestellt.

5.1 Detaillierte Berechnung der Wälzlagerkräfte

Zur Bestimmung der radialen und axialen Beanspruchungskomponenten F_r und F_a jedes Lagers in einer Anordnung vorgespannter Schrägkugellager müssen die externen Radialbeanspruchungen F_{re}, die externen Axialbeanspruchungen F_{ae}, die axiale Vorspannung F_v und deren Beanspruchungsverteilung berücksichtigt werden. Die Beanspruchungsverteilung ergibt sich aus der Einfederung der Wälzkörper, die einem Potenzgesetz mit dem Exponenten 2/3 folgt und unter der Annahme, dass die Radialkraft gleichmäßig auf die einzelnen Wälzlager verteilt ist.

Lagersatz mit zwei Hochpräzisions-Schrägkugellagern



Eine externe Radialbeanspruchung F_{re} verändert aufgrund der Keilwirkung durch den Berührungswinkel α die gesamte Vorspannung F_v wie folgt:

$$F_{v,ges} = \frac{F_{re} \cdot 1{,}2 \cdot \tan\alpha + F_v}{2} \quad \text{[N]} \quad [5.8]$$

wenn $F_{v,ges} < F_v$, dann gilt korrigierend $F_{v,ges} = F_v$

Mit der korrigierten Vorspannung $F_{v,ges}$ werden nun die Axialbeanspruchungen auf die einzelnen Lager A und B berechnet:

$$F_{a,A} = \frac{2}{3} \cdot F_{ae} + F_{v,ges} \quad \text{[N]} \quad [5.9]$$

$$F_{a,B} = F_{v,ges} - \frac{1}{3} \cdot F_{ae} \quad \text{[N]} \quad [5.10]$$

Ergibt sich $F_{a,A}$ oder $F_{a,B} < 0$, ist das jeweilige Hochpräzisions-Wälzlager entlastet. Die Axialbeanspruchung ist dann Null und die Axialbeanspruchung des anderen Lagers entspricht der externen axialen Beanspruchung F_{ae}.

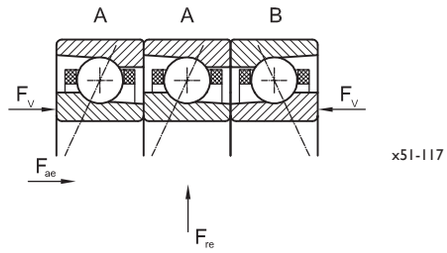
Die externe Radialbeanspruchung F_{re} wird nun, unter Berücksichtigung der Verteilung der axialen Beanspruchungen, für die Einzellager gemäß dem o. g. Potenzgesetz der Einfederung aufgeteilt:

$$F_{r,A} = \frac{F_{a,A}^{2/3}}{F_{a,A}^{2/3} + F_{a,B}^{2/3}} \cdot F_{re} \quad \text{[N]} \quad [5.11]$$

$$F_{r,B} = \frac{F_{a,B}^{2/3}}{F_{a,A}^{2/3} + F_{a,B}^{2/3}} \cdot F_{re} \quad \text{[N]} \quad [5.12]$$

Aus den so erhaltenen axialen Beanspruchungen $F_{a,A}$ und $F_{a,B}$ sowie den radialen Beanspruchungen $F_{r,A}$ und $F_{r,B}$ ist nun die äquivalente dynamische Lagerbelastung für jedes Hochpräzisions-Wälzlager gemäß Gleichung 5.2 zu bestimmen. Die Faktoren X und Y werden aus Tabelle 5.1a entnommen. Gleichung 5.1 ergibt für jedes Hochpräzisions-Wälzlager eine individuelle Lebensdauer, die dann nach Gleichung 5.7 zur Systemlebensdauer zusammengeführt wird.

Lagersatz mit drei Hochpräzisions-Schrägkugellagern



Unter Berücksichtigung einer externen radialen Beanspruchung ergibt sich für die Vorspannung der einzelnen Hochpräzisions-Wälzlager:

$$F_{v,A} = \frac{F_{re} \cdot 1{,}2 \cdot \tan\alpha + F_v}{4} \quad \text{[N]} \quad [5.13]$$

$$F_{v,B} = \frac{F_{re} \cdot 1{,}2 \cdot \tan\alpha + F_v}{2} \quad \text{[N]} \quad [5.14]$$

wenn $F_{v,A} < F_v / 2$, dann gilt korrigierend $F_{v,A} = F_v / 2$
und $F_{v,B} < F_v$, dann gilt korrigierend $F_{v,B} = F_v$

Damit ergeben sich für die axialen Beanspruchungen der einzelnen Hochpräzisions-Wälzlager:

$$F_{a,A} = 0{,}4 \cdot F_{ae} + F_{v,A} \quad \text{[N]} \quad [5.15]$$

$$F_{a,B} = F_{v,B} - 0{,}2 \cdot F_{ae} \quad \text{[N]} \quad [5.16]$$

Ist $F_{a,B} < 0$, liegt keine Vorspannung mehr vor. Die Axialbeanspruchung von Hochpräzisions-Wälzlager B ist Null und die beiden Hochpräzisions-Wälzlager A tragen jeweils die halbe externe Axialbeanspruchung. Im umgekehrten Fall sind die beiden Hochpräzisions-Wälzlager A entlastet und unterliegen keiner axialen Beanspruchung mehr. Hochpräzisions-Wälzlager B trägt jetzt die volle externe Axialbeanspruchung F_{ae}.

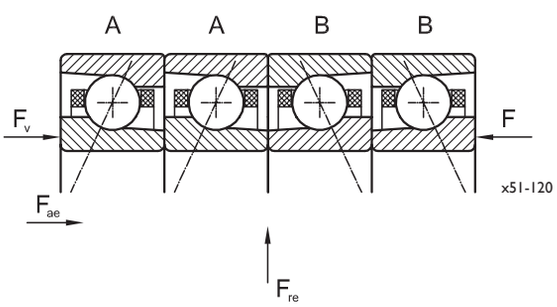
Der Radialbeanspruchungsanteil jedes Hochpräzisions-Wälzlagers aus der externen Radialkraft ist:

$$F_{r,A} = \frac{F_{a,A}^{2/3}}{2 \cdot F_{a,A}^{2/3} + F_{a,B}^{2/3}} \cdot F_{re} \quad [N] \quad [5.17]$$

$$F_{r,B} = \frac{F_{a,B}^{2/3}}{2 \cdot F_{a,A}^{2/3} + F_{a,B}^{2/3}} \cdot F_{re} \quad [N] \quad [5.18]$$

Wie im vorangegangenen Fall führt die weitere Rechnung über die Gleichung 5.2 mit Tabelle 5.1a zu den Axial- und Radialfaktoren zur äquivalenten dynamischen Lagerbelastung und weiter mit Gleichung 5.1 zur Lebensdauer der Einzellager und mit Gleichung 5.7 zur Lebensdauer des Gesamtlagerungssystems.

Lagersatz mit vier Hochpräzisions-Schrägkugellagern



Die radiale Beanspruchung beeinflusst, aufgrund des Berührungswinkels für Schrägkugellager, die Vorspannung der einzelnen Hochpräzisions-Wälzlager:

$$F_{v,ges} = \frac{F_{re} \cdot 1{,}2 \cdot \tan\alpha + F_v}{4} \quad [N] \quad [5.19]$$

wenn $F_{v,ges} < F_v / 2$, dann gilt korrigierend $F_{v,ges} = F_v / 2$

Damit ergeben sich für die axialen Beanspruchungen der einzelnen Hochpräzisions-Wälzlager:

$$F_{a,A} = \frac{1}{3} \cdot F_{ae} + F_{v,ges} \quad [N] \quad [5.20]$$

$$F_{a,B} = F_{v,ges} - \frac{1}{6} \cdot F_{ae} \quad [N] \quad [5.21]$$

Ist $F_{a,B} < 0$, liegt keine Vorspannung mehr vor. Die Axialbeanspruchung der Hochpräzisions-Wälzlager B ist Null und die beiden Hochpräzisions-Wälzlager A tragen jeweils die halbe externe Axialbeanspruchung. Im umgekehrten Fall sind die beiden Hochpräzisions-Wälzlager A entlastet und unterliegen keiner axialen Beanspruchung mehr. Die Hochpräzisions-Wälzlager B tragen jeweils die halbe axiale Beanspruchung F_{ae}.

Der Radialbeanspruchungsanteil jedes Hochpräzisions-Wälzlagers aus der externen Radialkraft ist:

$$F_{r,A} = \frac{F_{a,A}^{2/3}}{F_{a,A}^{2/3} + F_{a,B}^{2/3}} \cdot \frac{F_{re}}{2} \quad [N] \quad [5.22]$$

$$F_{r,B} = \frac{F_{a,B}^{2/3}}{F_{a,A}^{2/3} + F_{a,B}^{2/3}} \cdot \frac{F_{re}}{2} \quad [N] \quad [5.23]$$

In der weiteren Rechnung kommen die Gleichung 5.2 mit Tabelle 5.1a sowie die Gleichung 5.1 und 5.7 zur Anwendung und ergeben die Lebensdauer des Gesamtlagerungssystems.

Weitere Kombinationen von Schrägkugellagern

Abweichend von der vorhergehenden Berechnung bei überwiegend axialer Beanspruchung und unter Berücksichtigung einer Ungleichverteilung der Beanspruchung nach Gleichung 5.24 kann die Berechnung der Lebensdauer mit vorbereiteten Lastparametern nach Tabelle 5.2 durchgeführt werden.

Zur Bestimmung der resultierenden axialen Lagerbeanspruchung ist neben der äußeren Last F_{ae} die Lagervorspannung F_v zu berücksichtigen. Bei Lageranordnungen mit unterschiedlicher Lagerzahl pro Lastrichtung ergibt sich eine unterschiedliche axiale Steifigkeit, axiale Tragzahl und Lebensdauer entsprechend der Anzahl der Lager je Richtung. Zu welchen Anteilen die Vorspannung und die äußere Beanspruchung dann pro Lager zu berücksichtigen sind, geht aus der Tabelle 5.2 hervor.

Bei Lagersätzen von Universallagern mit einer Lageranzahl größer zwei und einer nicht zu vernachlässigenden starren Vorspannung F_v sollte die Lebensdauer pro Einzellager wie folgt berechnet werden:

Die radiale Beanspruchung wird auf alle Hochpräzisions-Wälzlager im Satz verteilt:

$$F_{r,\,Einzellager} = \frac{F_r}{i_{ges}^{0,7}} \quad [N] \quad [5.24]$$

	Anzahl der Lager im Satz					
i	1	2	3	4	5	6
$i^{0,7}$	1	1,62	2,12	2,64	3,09	3,51

Die axiale Beanspruchung $F_{a,Einzellager}$ ergibt sich aus den Formeln nach Tabelle 5.2. Die Hochpräzisions-Wälzlager in Lastrichtung sind am höchsten beansprucht. Die Hochpräzisions-Wälzlager in Gegenlastrichtung tragen nur noch einen Teil der Vorspannung oder sind vollständig entlastet.

Mit den resultierenden Wälzlagerbelastungen $F_{r,Einzellager}$ und $F_{a,Einzellager}$ werden jeweils die äquivalenten Lagerbelastungen P nach der Formel 5.2 bestimmt.

Wenn statt starrer Vorspannung mit variabler Federvorspannung gearbeitet wird, gilt für das stärker beanspruchte Hochpräzisions-Wälzlager (-paket):

$$F_a = F_{Feder} + F_{ae} \qquad [N] \qquad [5.25]$$

$$F_{a,Einzellager} = \frac{1}{i_{0,7}} \cdot (F_{Feder} + F_{ae}) \qquad [N] \qquad [5.26]$$

Lastspektren

Bei einem Lastspektrum von zeitlich sich ändernden Kräften und eventuell unterschiedlicher Drehzahl wird eine mittlere äquivalente Lagerbelastung nach Gleichung 5.27 berechnet.

Die mittlere Drehzahl selbst wird ebenfalls aus prozentualen Zeitanteilen der jeweiligen Drehzahlen zusammengesetzt.

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{P_1^3 \cdot t_1 \cdot n_1 + \ldots + P_n^3 \cdot t_n \cdot n_n}{n_m \cdot 100}} \qquad [N] \qquad [5.27]$$

$$n_m = \frac{t_1 \cdot n_1 + \ldots + t_n \cdot n_n}{100} \qquad [min^{-1}]$$

P_m	mittlere Lagerbelastung	[N]
$P_1 \ldots P_n$	äquivalente Belastung pro Lastfall	[N]
$t_1 \ldots t_n$	Zeitanteil der Lagerbelastung	[%]
$n_1 \ldots n_n$	Betriebsdrehzahlen	[min⁻¹]
n_m	mittlere Betriebsdrehzahl	[min⁻¹]

Bestimmung der Lagergröße

Nach Vorabauswahl einer möglichen Anordnung von Hochpräzisions-Schrägkugellagern und nach Anwendung der erläuterten Gleichungen auf die gegebenen äußeren Lagerbeanspruchungen und auf die angenommene Vorspannung der Wälzlager sind alle individuellen, äquivalenten dynamischen Lagerbelastungen P bekannt.

Nach Umstellung von Gleichung 5.1 zu

$$C = P \cdot \sqrt[p]{\frac{L_{10,h} \cdot 60 \cdot n}{10^6}} \qquad [N] \qquad [5.28]$$

C	dynamische Tragzahl	[N]
P	äquivalente dynamische Lagerbelastung	[N]
p	Lebensdauerexponent	
$L_{10,h}$	nominelle Lebensdauer	[h]
n	Betriebsdrehzahl	[min⁻¹]

kann die erforderliche, dynamische Tragzahl unter Annahme einer Lebensdauer bei gegebener Drehzahl bestimmt und zu Vergleichszwecken im Tabellenteil herangezogen werden.

Lastrichtung	Anordnung Lagerstelle		Lastrichtung	Entlastung ab $F_{ae} > X \cdot F_v$	Lastverteilung bezogen auf das einzelne Lager ($F_{a,\ Einzellager}$) nach Berücksichtigung der Vorspannung F_v und der externen Last F_{ae}			
					bis zur Entlastung durch externe Last $F_{ae} < X \cdot F_v$		nach Entlastung bei $F_{ae} > X \cdot F_v$	
	A	B		X	A	B	A	B
F_{ae} →	<	>		2,83	$F_v + 0{,}67\ F_{ae}$	$F_v - 0{,}33\ F_{ae}$	F_{ae}	
F_{ae} →	<<	>		5,66	$0{,}84\ F_v + 0{,}47\ F_{ae}$	$1{,}36\ F_v - 0{,}24\ F_{ae}$	$0{,}617\ F_{ae}$	0
	<<	>	← F_{ae}	2,83	$0{,}84\ F_v - 0{,}30\ F_{ae}$	$1{,}36\ F_v + 0{,}52\ F_{ae}$	0	F_{ae}
F_{ae} →	<<<	>		8,49	$0{,}73\ F_v + 0{,}38\ F_{ae}$	$1{,}57\ F_v - 0{,}18\ F_{ae}$	$0{,}463\ F_{ae}$	
	<<<	>	← F_{ae}	2,83	$0{,}73\ F_v - 0{,}26\ F_{ae}$	$1{,}57\ F_v + 0{,}45\ F_{ae}$	0	F_{ae}
F_{ae} →	<<<<	>		11,3	$0{,}65\ F_v + 0{,}32\ F_{ae}$	$1{,}71\ F_v - 0{,}15\ F_{ae}$	$0{,}379\ F_{ae}$	
	<<<<	>	← F_{ae}	2,83	$0{,}65\ F_v - 0{,}23\ F_{ae}$	$1{,}71\ F_v + 0{,}45\ F_{ae}$	0	F_{ae}
F_{ae} →	<<	>>		5,66	$0{,}84\ F_v + 0{,}40\ F_{ae}$	$0{,}84\ F_v - 0{,}22\ F_{ae}$	$0{,}617\ F_{ae}$	0
F_{ae} →	<<<	>>		8,49	$1{,}12\ F_v + 0{,}33\ F_{ae}$	$1{,}49\ F_v - 0{,}18\ F_{ae}$	$0{,}463\ F_{ae}$	0
	<<<	>>	← F_{ae}	5,66	$1{,}12\ F_v - 0{,}20\ F_{ae}$	$1{,}49\ F_v + 0{,}35\ F_{ae}$	0	$0{,}617\ F_{ae}$
F_{ae} →	<<<<	>>		11,3	$1{,}03\ F_v + 0{,}29\ F_{ae}$	$1{,}68\ F_v - 0{,}15\ F_{ae}$	$0{,}379\ F_{ae}$	0
	<<<<	>>	← F_{ae}	8,49	$1{,}03\ F_v - 0{,}18\ F_{ae}$	$1{,}68\ F_v + 0{,}33\ F_{ae}$	0	$0{,}617\ F_{ae}$

Tabelle 5.2: Resultierende axiale Last F_a des Einzellagers

5.2 Erweiterte modifizierte Lebensdauerberechnung

Die Berechnung der Lebensdauer von Hochpräzisions-Wälzlagern wurde im Laufe der Zeit durch Aufnahme neuer Kriterien verfeinert. Während dies ursprünglich nur eine Funktion der Tragzahl C, der äquivalenten dynamischen Lagerbelastung P und der mittleren Betriebsdrehzahl n_m war, wurden später verschiedene Lebensdauerbeiwerte eingefügt.

Erweiterte modifizierte Lebensdauerberechnung

Die ehemals übliche, sogenannte modifizierte Lebensdauer L_{na} mit den Faktoren a_1, a_2 und a_3 wurde ab 1993 durch die erweiterte modifizierte Lebensdauerberechnung $L_{10,nm}$ nach DIN ISO 281 ersetzt.

$$L_{10,nm} = a_1 \cdot a_{DIN} \cdot L_{10} \quad [h] \quad [5.29]$$

$L_{10,nm}$	Erweiterte modifizierte Lebensdauer	[h]
a_1	Erlebenswahrscheinlichkeit	
a_{DIN}	Lebensdauerbeiwert nach Glg. 5.37 bis 5.42	
L_{10}	Lebensdauer nach Glg. 5.1	[h]

Erlebenswahrscheinlichkeit a_1		
Erlebens-wahrschein-lichkeit %	**L_{na}**	**a_1**
90	L_{10a}	1,00
95	L_{5a}	0,62
96	L_{4a}	0,53
97	L_{3a}	0,44
98	L_{2a}	0,33
99	L_{1a}	0,21

Tabelle 5.3: Beiwerte a_1

Der Wahrscheinlichkeitsfaktor a_1 bleibt erhalten. Durch diesen lässt sich die Erlebenswahrscheinlichkeit von 90% oder die Ausfallrate von 10% auf andere, höhere Erlebenswahrscheinlichkeiten umrechnen. Der eingeführte a_{DIN}-Faktor erfasst nun verschiedene nachfolgend aufgeführte Einflussgrößen.

Neben der Beanspruchung gehen folgende Einflussgrößen ein, die wiederum auf mehrere Faktoren zurückzuführen sind:

Einfluss	bedingt
Schmierung	Lagergröße, Drehzahl, Viskosität und Art des Schmierstoffes, Additive
Werkstoff	Oberfläche, Reinheit, Härte, Temperaturbeständigkeit, Ermüdungsgrenze
Lagerbauart	Reibungsverhältnisse, innere Lastverteilung
Spannung	Fertigung, Wärmebehandlung, Presssitz
Umgebung	Feuchtigkeit, Verunreinigungen des Schmierstoffes
Montage	Versatz, Beschädigungen

Tabelle 5.4: Einflussgrößen

Die erweiterte, modifizierte Lebensdauer basiert auf der nominellen Lebensdauer L_{10} nach Gleichung 5.10, die mit dem Erlebenswahrscheinlichkeitsfaktor a_1 nach Tabelle 5.3 und dem Lebensdauerbeiwert a_{DIN} gewichtet wird.

Bestimmung des Lebensdauerbeiwertes

Der Lebensdauerbeiwert a_{DIN} wird nach der Bestimmung der Parameter $e_c \cdot P_u / P$ und κ aus den Diagrammen 5.3 und 5.4 abgelesen oder nach Gleichung 5.37 bis 5.42 berechnet.

$$a_{DIN} = f\left(\frac{e_c \cdot P_u}{P}, \kappa\right) \quad [5.30]$$

a_{DIN}	Lebensdauerbeiwert	
e_c	Verunreinigungsbeiwert (Tabelle 5.5)	
P_u	Ermüdungsgrenzbelastung	[N]
P	äquivalente dynamische Lagerbelastung	[N]
κ	Viskositätsverhältnis	

Ermüdungsgrenzbelastung

Sie berücksichtigt die Ermüdungsgrenze des Laufbahnwerkstoffes. Ohne in die Einzelheiten zu gehen, ist diese für Wälzlager bis zu einem mittleren Lagerdurchmesser d_m von 150 mm etwa mit folgenden Formeln definiert:

$P_u \cong C_0 / 27$	Kugellager	[N]	[5.31]
$P_u \cong C_0 / 8{,}2$	Rollenlager	[N]	[5.32]
P_u	Ermüdungsgrenzbelastung	[N]	

Verunreinigungsbeiwert

Im Schmierstoff befindliche harte, feste Verunreinigungen können beim Überrollen bleibende Eindrücke in den Laufbahnen verursachen. Hierdurch hervorgerufene örtliche Spannungsüberhöhungen verringern die Lebensdauer des Hochpräzisions-Wälzlagers. Diese Lebensdauerminderung durch feste Partikel ist abhängig von der Lagergröße, der Schmierfilmhöhe (Viskositätsverhältnis κ), der Größe, Art, Härte und Menge der Partikel. Andere Verunreinigungen, etwa durch Eintritt von Flüssigkeiten, können hierbei nicht gewürdigt werden.
Bei starker Kontamination ($e_c \rightarrow 0$) sind Ausfälle durch Verschleiß wahrscheinlich. Die Gebrauchsdauer liegt dann weit unter der errechneten Lebensdauer.

Grad der Verunreinigung	Beiwert e_c	
	D_{pw} < 100 mm	D_{pw} > 100 mm
Extreme Sauberkeit Partikelgröße wie Schmierfilmhöhe, Laborbedingungen	1	1
Hohe Sauberkeit Feinstfilterung der Ölzufuhr, abgedichtete, gefettete Lager	0,8...0,6	0,9...0,8
Normale Sauberkeit Feinfilterung der Ölzufuhr, gefettete Lager mit Deckscheiben	0,6...0,5	0,8...0,6
Leichte Verunreinigung Leichte Verunreinigungen in der Ölzufuhr	0,5...0,3	0,6...0,4
Mäßige Verunreinigung Lager mit Abrieb anderer Maschinenelemente kontaminiert	0,3...0,1	0,4...0,2
Starke Verunreinigung Stark verschmutzte Lagerumgebung, unzureichende Abdichtung	0,1...0	0,1...0
Sehr starke Verunreinigung	0	0

Tabelle 5.5: Verunreinigungsbeiwerte e_c

Viskositätsverhältnis

κ dient als Maß der Güte der Schmierfilmbildung. Es ist das Verhältnis der Schmierstoffviskosität ν bei Betriebstemperatur zur Bezugsviskosität ν_1.
Mit κ = 1 wird der trennende Schmierfilm gerade erreicht.
Vorgehensweise: Zunächst wird die Bezugsviskosität ν_1 aus dem Diagramm 5.1 in Abhängigkeit vom Teilkreisdurchmesser D_{pw} und der Drehzahl n bestimmt.

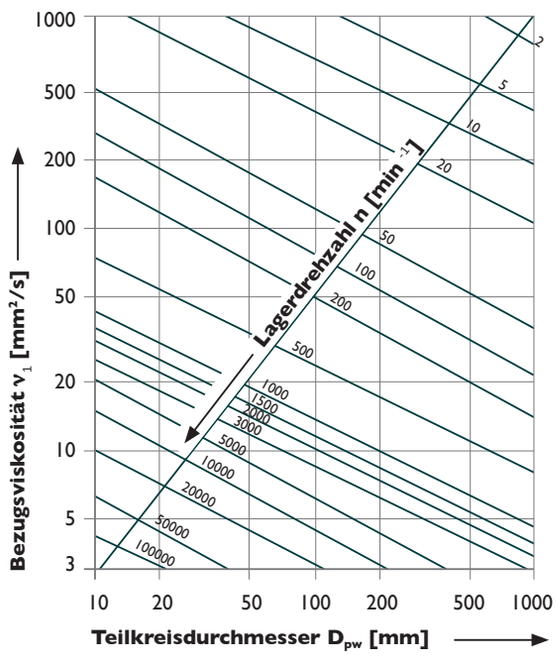


Diagramm 5.1: Erforderliche kinematische Viskosität ν_1

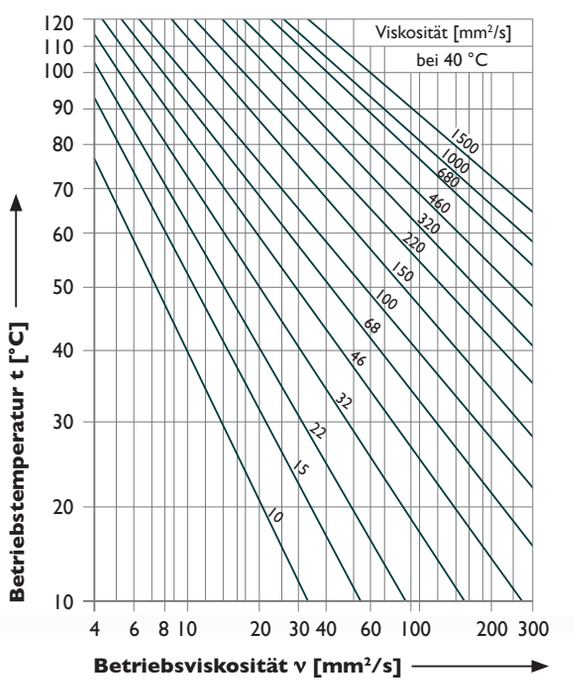


Diagramm 5.2: Viskosität bei Betriebstemperatur für Mineralöle

Die Betriebsviskosität ν wird dann im Viskositäts-Temperatur-Diagramm 5.2 unter dem Schnittpunkt der erwarteten Betriebstemperatur t mit dem schräg verlaufenden Graphen der Bezugsviskositäten bezogen auf 40 °C abgelesen.

Hieraus wird das Viskositätsverhältnis κ gebildet:

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1} \qquad [5.33]$$

κ	Viskositätsverhältnis	
ν	Betriebsviskosität	[mm²/s]
ν_1	Bezugsviskosität	[mm²/s]

Höhere Werte können durch geeignete Additive im Mischreibungsbereich $\kappa < 1$ erzielt werden: Durch besondere Zusätze wie Feststoffe, polare oder/und polymere Wirkstoffe wird der Verschleiß reduziert, der Korrosion entgegengewirkt, die Reibung gemindert und die Adhäsion des Schmierstoffs in den Schmierspalten verbessert.

Additive sollten eingesetzt werden, wenn Betriebsviskositäten bei Kugellagern < 13 mm²/s und bei Rollenlagern < 20 mm²/s vorliegen und wenn der Drehzahlkennwert mit $d_m \cdot n < 10.000$ relativ niedrig ist.

Das Viskositätsverhältnis κ nach Gleichung 5.33 ist aus den Diagrammen 5.1 und 5.2 zu bestimmen oder ist auch rechnerisch zugänglich.

Für die Bezugsviskosität ν_1 gilt:

$$\nu_1 = 45000 \cdot n^{-0,83} \cdot D_{pw}^{-0,5} \quad \text{für } n < 1000\ \text{min}^{-1} \qquad [5.34]$$

$$\nu_1 = 4500 \cdot n^{-0,5} \cdot D_{pw}^{-0,5} \quad \text{für } n > 1000\ \text{min}^{-1} \qquad [5.35]$$

D_{pw} Teilkreisdurchmesser des Hochpräzisions-Wälzlagers $= d_m = (d + D)/2$ [mm]

Bei Schmierstoffen mit abweichender Dichte zur Bezugsdichte von ρ_1 = 0,89 g/cm³ bei 20 °C gilt die folgende Formel:

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1} \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^{0,83} \qquad [5.36]$$

ρ	Dichte des verwendeten Schmierstoffes	[g/cm³]
ρ_1	Bezugsdichte	[g/cm³]

Bei einem Viskositätsverhältnis $\kappa < 1$ und einem Verunreinigungsbeiwert $e_c > 0,2$ kann durch Nutzung eines Schmierstoffes mit wirksamen EP-Additiven mit dem Wert $\kappa = 1$ gerechnet werden. Der Lebensdauerbeiwert ist dann aber auf $a_{DIN} < 3$ zu begrenzen. Bei starker Verschmutzung ($e_c < 0,2$) ist die Effektivität der Additivierung nachzuweisen.

Auf der folgenden Seite ist die grafische bzw. die rechnerische Ermittlung des Wertes a_{DIN} für IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager und für IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager zusammengefasst.

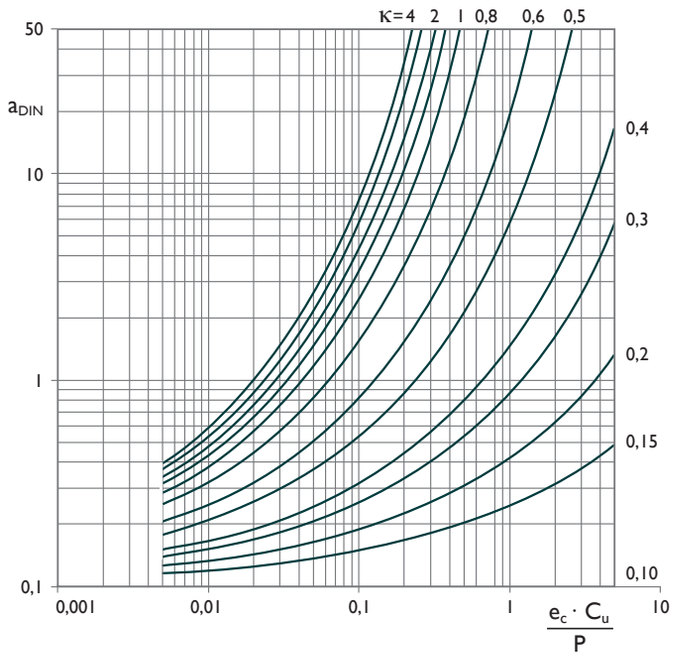


Diagramm 5.3: Lebensdauerbeiwert a_{DIN} für IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager

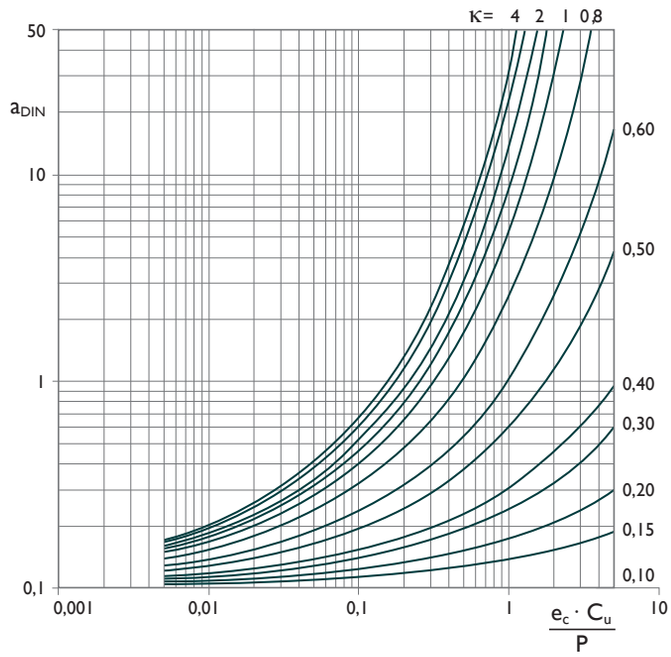


Diagramm 5.4: Lebensdauerbeiwert a_{DIN} für IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager

Rechenvorschrift für a_{DIN} für IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager:

$$a_{DIN} = 0{,}1 \cdot \left[1 - \left(2{,}56705 - \frac{2{,}26492}{\kappa^{0{,}0543806}}\right)^{0{,}83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^{-9{,}3}$$ für $0{,}1 \leq \kappa < 0{,}4$ [5.37]

$$a_{DIN} = 0{,}1 \cdot \left[1 - \left(2{,}56705 - \frac{1{,}99866}{\kappa^{0{,}190870}}\right)^{0{,}83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^{-9{,}3}$$ für $0{,}4 \leq \kappa < 1$ [5.38]

$$a_{DIN} = 0{,}1 \cdot \left[1 - \left(2{,}56705 - \frac{1{,}99866}{\kappa^{0{,}0717391}}\right)^{0{,}83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P}\right)^{\frac{1}{3}}\right]^{-9{,}3}$$ für $1 \leq \kappa \leq 4$ [5.39]

Rechenvorschrift für a_{DIN} für IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager:

$$a_{DIN} = 0{,}1 \cdot \left[1 - \left(1{,}58592 - \frac{1{,}39926}{\kappa^{0{,}0543806}}\right)^{0{,}83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P}\right)^{0{,}4}\right]^{-9{,}185}$$ für $0{,}1 \leq \kappa < 0{,}4$ [5.40]

$$a_{DIN} = 0{,}1 \cdot \left[1 - \left(1{,}58592 - \frac{1{,}23477}{\kappa^{0{,}190870}}\right)^{0{,}83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P}\right)^{0{,}4}\right]^{-9{,}185}$$ für $0{,}4 \leq \kappa < 1$ [5.41]

$$a_{DIN} = 0{,}1 \cdot \left[1 - \left(1{,}58592 - \frac{1{,}23477}{\kappa^{0{,}0717391}}\right)^{0{,}83} \cdot \left(\frac{e_c \cdot C_u}{P}\right)^{0{,}4}\right]^{-9{,}185}$$ für $1 \leq \kappa \leq 4$ [5.42]

5.3 IBC-spezifische Faktoren

Für die nach der erweiterten Lebensdauerberechnung gemäß DIN ISO 281 hinausgehenden Möglichkeiten hat IBC weitere lebensdauerverändernde Faktoren festgelegt, die fakultativ berücksichtigt werden. Diese sind unter werkstoffbedingte Faktoren a_{lb} und a_{wk} zusammengefasst.

Mit dem Faktor a_{lb} werden die positiven Eigenschaften der ATCoat-Beschichtung gewürdigt, wenn sie in den Laufbahnen aufgebracht ist. Darüber hinaus kann sie auch nur auf der Mantelfläche zur Vermeidung von Passungsrost am Wälzlager genutzt werden. Siehe Kapitel 9 (Werkstoffe).

Der Faktor a_{wk} für den Wälzkörperwerkstoff berücksichtigt die wesentlich längere Standzeit von keramischen Wälzkörpern, die sich aus mehreren Gründen ergeben.

Werkstoffbedingte Faktoren			
Laufbahn-werkstoff	**a_{lb}**	**Wälzkörper-werkstoff**	**a_{wk}**
unbeschichtet	1,00	100Cr6	1,0
IR ATCoat	1,15	Si_3N_4	2,0
AR ATCoat	1,05		
IR & AR ATCoat	1,20		

Tabelle 5.6: Beiwerte a_{lb}, a_{wk}

Bei Einsatz von thermisch höher behandelten Wälzlagern müssen alle verwendeten Komponenten auf die Dauereinsatz-temperatur abgestimmt sein.

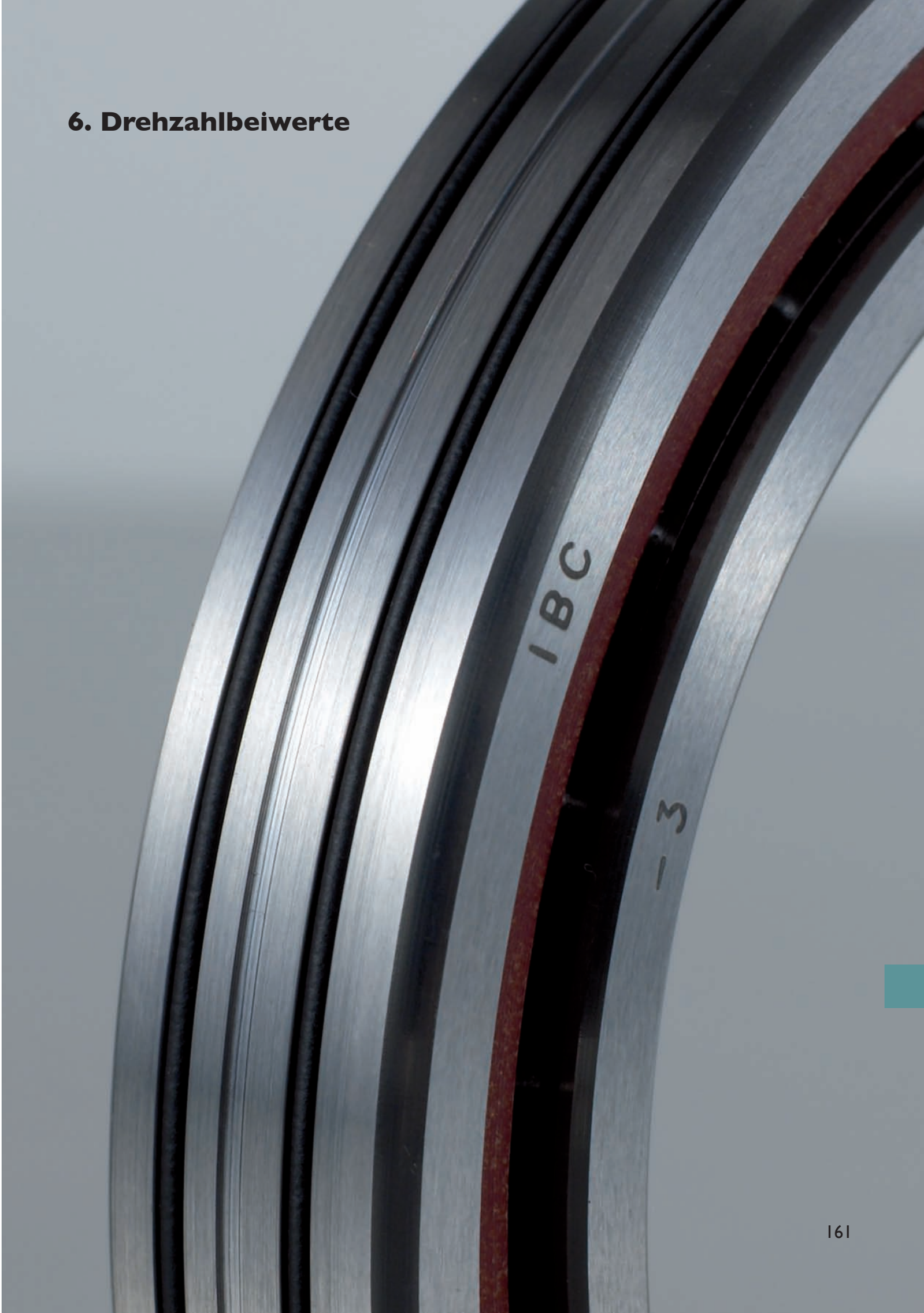
Die IBC-spezifischen Faktoren gehen multiplikativ in die Berechnung der erweiterten Lebensdauer ein:

$$L_{10,erw.,IBC} = a_{lb} \cdot a_{wk} \cdot L_{10,nm} \quad [h] \quad [5.43]$$

$L_{10,erw.,IBC}$	spezifische modif. Lebensdauer IBC	[h]
a_{lb}, a_{wk}	werkstoffbedingte Faktoren	
$L_{10,nm}$	modifizierte Lebensdauer	[h]

Weiterhin sollte die Fettlebensdauer mit der errechneten Lebens-dauer der Hochpräzisions-Wälzlager verglichen werden, um die Möglichkeit einer Dauerschmierung festzustellen oder um Strate-gien für eine kontinuierliche oder zyklische Nachschmierung zu entwickeln.

6. Drehzahlbeiwerte



6. Drehzahlbeiwerte

Die maximal erreichbare Betriebsdrehzahl ist unter bestimmten Bedingungen von einer Reihe verschiedener Faktoren abhängig. Die meisten davon sind zahlenmäßig innerhalb gewisser Toleranzen bekannt oder müssen bei neuen Anwendungen durch Versuche ermittelt bzw. optimiert werden.

Realisiert wird die maximal erreichbare Betriebsdrehzahl am leicht mit Federn vorgespannten Einzellager bei einer Belastung von $P \leq 0{,}06 \cdot C$ und guter Wärmeableitung.

Die Betriebsdrehzahl basiert auf dem im jeweiligen Tabellenteil genannten Drehzahlgrundwert n für ein einzelnes Hochpräzisions-Wälzlager. Die Multiplikation des in den Wälzlagertabellen genannten Drehzahlgrundwertes mit den im Folgenden aufgeführten Drehzahlbeiwerten ergibt die maximal erreichbare Betriebsdrehzahl.

$$N_B = n \cdot n_{av} \cdot n_f \cdot n_k \cdot n_j \cdot n_o \cdot n_r \qquad [\text{min}^{-1}] \qquad [6.1]$$

N_B	Betriebsdrehzahl	[min^{-1}]
n	Drehzahlgrundwert	[min^{-1}]
n_{av}	Drehzahlbeiwert für Vorspannung bzw. Anordnung	
n_f	lastabhängiger Drehzahlbeiwert	
n_k	Käfigbeiwert	
n_j	Drehzahlbeiwert des Schmierstoffes	
n_o	Drehzahlbeiwert der Oberflächenbeschichtung	
n_r	kinematischer Rollbeiwert	

Drehzahlgrundwert

Dieser Parameter ist den Wälzlagertabellen je nach Art der Schmierung (Fett oder Öl) zu entnehmen.

Drehzahlbeiwert für Vorspannung und Anordnung

Für gegeneinander angestellte Hochpräzisions-Wälzlager in Anordnung gelten reduzierte Grenzdrehzahlen, die anhand der tabellierten Drehzahlbeiwerte ermittelt werden können.

Lageranordnung		Vorspannung			
		X	L	M	H
<	>	1,00	1,00	0,90	0,70
<<	>	0,95	0,90	0,80	0,60
<<	>>	1,00	0,95	0,85	0,65
<>	<>	0,95	0,85	0,75	0,60
<<>	<>	0,80	0,70	0,55	0,50
<<>>	<>	0,70	0,60	0,50	0,40

Tabelle 6.1: Drehzahlbeiwert bei einer Vorspannung

Für ausgewogene IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze gelten die folgenden Drehzahlbeiwerte:

Vorspannungs-kombination			Drehzahl-beiwert	Vorspannungs-kombination				Drehzahl-beiwert
X	X	L	0,90	X	X	X	M	0,65
L	L	M	0,85	L	L	L	H	0,60
M	M	H	0,60					

Tabelle 6.2: Drehzahlbeiwert bei Vorspannungskombinationen

Senkrechte Wellenanordnung

Bei vertikal angeordneten Wellen ist aufgrund der ungünstigeren Schmierbedingung und der veränderten Käfigführung der zusätzliche Faktor 0,8 multiplikativ zu o. g. Tabellenwerten zu berücksichtigen.

Lastabhängiger Drehzahlbeiwert

Bei höheren äquivalenten Lagerlasten ist die Betriebsdrehzahl herabzusetzen. Die Ermittlung des lastabhängigen Drehzahlbeiwertes erfolgt aus dem Diagramm 6.1.

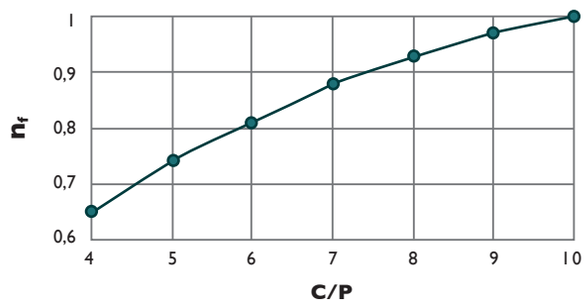


Diagramm 6.1: Lastabhängiger Drehzahlbeiwert

Käfigbeiwert

Hochpräzisions-Schrägkugellager und Hochpräzisions-Zylinderrollenlager sind standardmäßig mit Käfigen ausgerüstet, die höchste Drehzahlen zulassen. Alternative Käfigmaterialien können die erreichbare Drehzahl einschränken. Bitte konsultieren Sie unsere technischen Beratungsteams zur Lösung Ihrer besonderen Lagerungsaufgabe.

Drehzahlbeiwert des Schmierstoffes

Wird von der Standardfettfüllmenge abgewichen und werden besonders hoch- oder niedrigviskose Fette eingesetzt, ergeben sich geänderte Faktoren für den Drehzahlgrundwert der Fettschmierung.

Die Fettmengen der werksseitigen Standardbefettung sind in Tabelle 7.2 im Kapitel 7 (Schmierung) für jede Wälzlagertype angegeben.

Die Drehzahlbeiwerte der unterschiedlichen Fette sind ebenfalls im Kapitel 7 (Schmierung) in der Tabelle 7.1 angegeben.

Drehzahlbeiwert ATCoat-Beschichtung

Je nach Kombination von beschichteten und/oder nicht beschichteten Ringen, gekennzeichnet mit den Kurzzeichen A11, A15, A21 und A31 (siehe Bezeichnungssysteme), können folgende Beiwerte berücksichtigt werden:

A11	A15	A21	A31
1,20	1,20	1,15	1,05

Tabelle 6.3: Drehzahlbeiwert je nach Ausführung der ATCoat-Beschichtung

Ein angepasster Fettverteilungslauf trägt den deutlich veränderten Abrollbedingungen in ATCoat-beschichteten Wälzlagerringen Rechnung.

Kinematischer Rollbeiwert

Der tabellierte Drehzahlgrundwert der Hochpräzisions-Wälzlager gilt für den rotierenden Innenring mit einem kinematischen Rollbeiwert von 1; bei rotierendem Außenring beträgt der kinematische Rollbeiwert 0,6.

Optimierte Federvorspannung

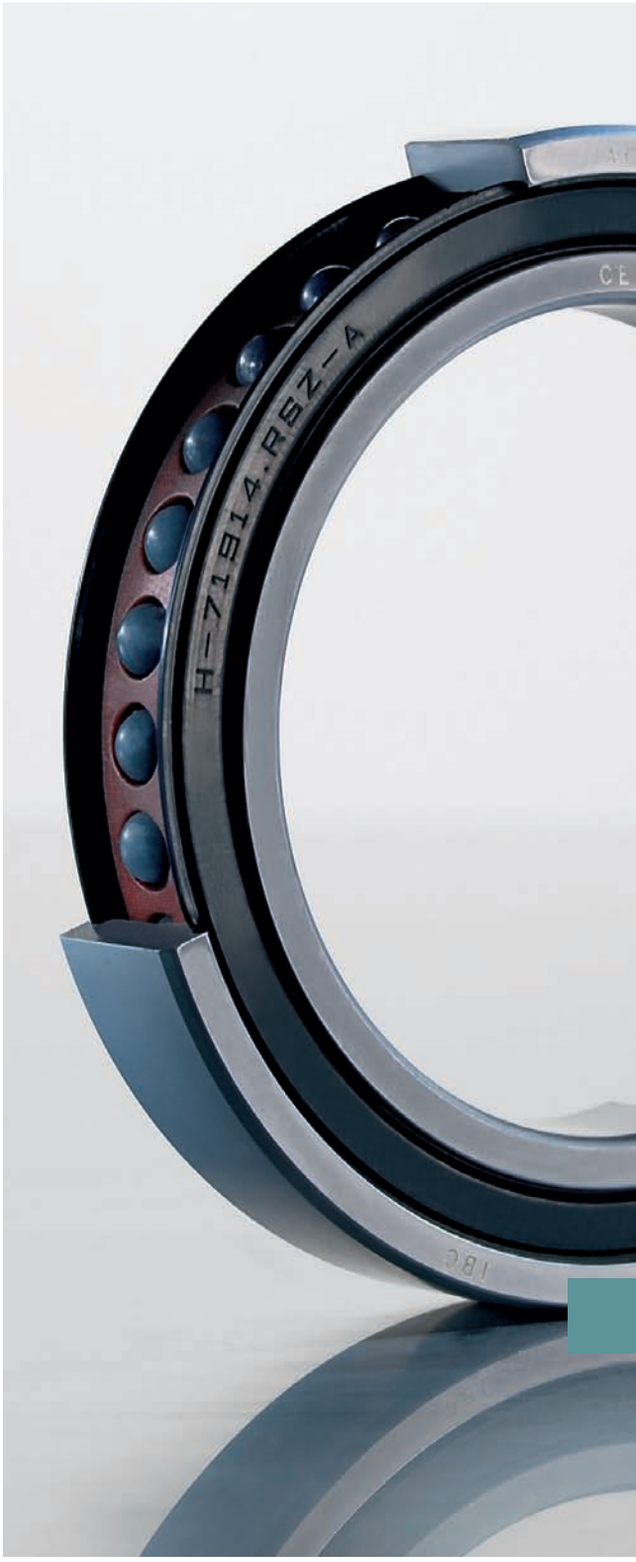
Die auf die Wälzkörper wirkende Zentrifugalkraft beeinflusst den Berührungswinkel des Innen- und Außenringes unterschiedlich. Während die Zentrifugalkraft versucht, den Wälzkörpersatz, bezogen auf den Außenring, in die Laufbahnmitte zu ziehen und damit den Berührungswinkel zu reduzieren, steigen gleichzeitig die Wälzkörper am Bord des Innenringes auf und vergrößern damit den Berührungswinkel. Es entsteht ein verschleißfördernder Bohr-Roll-Effekt. Dem Aufsteigen der Wälzkörper am Innenring kann mit einer angepassten Federvorspannung entgegengewirkt werden.

Die Abhängigkeiten zur Errechnung der optimalen Federvorspannung gehen aus der nachfolgenden Formel hervor:

$$F_{Feder} = k \cdot C_0^2 \cdot n_{max}^2 \cdot 10^{-15} \quad [N] \quad [6.2]$$

F_{Feder}	Federvorspannung	[N]
k	berührungswinkelabhängige Konstante	
	k = 6,5 Berührungswinkel 15°	
	k = 13 Berührungswinkel 25°	
	k = 17 Berührungswinkel 30°	
C_0	statische Tragzahl	[N]
n_{max}	maximale Betriebsdrehzahl	[min^{-1}]

Da nur in seltenen Fällen die Vorspannung der montierten Spindel noch verändert werden kann, gilt es auch hier, für die Festlegung der Vorspannung einen Kompromiss zu finden, um eine Betriebssicherheit in unterschiedlichen Drehzahlbereichen zu erhalten.



7. Schmierung

7. Schmierung

Von allergrößter Bedeutung für die Betriebssicherheit einer Präzisions-Wälzlagerung ist die Auswahl geeigneter Schmierstoffe. Sie dienen dazu, die Reibung herabzusetzen und Verschleiß zu vermindern. Die Mehrzahl der Wälzlager, welche die vorgesehene Standzeit nicht erreichen, fallen aufgrund von Mängeln bei der Schmierung aus.

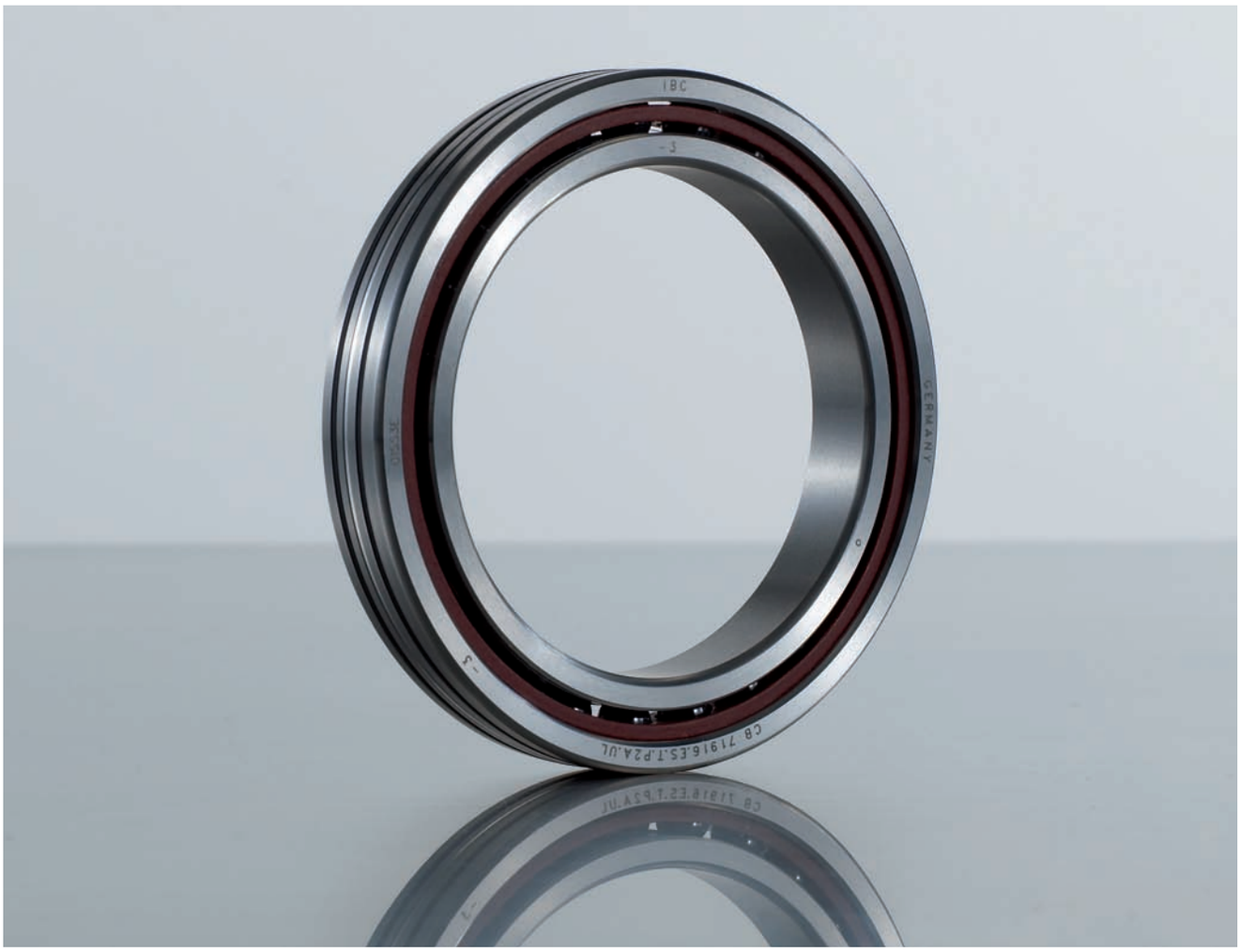
Die zu berücksichtigenden Einflussfaktoren sind:

- die Drehzahl,
- der Gebrauchstemperaturbereich,
- die Alterung,
- das Belastungsverhältnis C/P,
- die minimal erforderliche Viskosität ν_1, bezogen auf den mittleren Wälzlagerdurchmesser,
- der Schmierzustand κ,
- die EP-Additive,
- die Wasserbeständigkeit,
- der Korrosionsschutz,
- die Geräuschentwicklung.

Hierzu hält IBC eine ganze Palette hochwertiger Fette lagerhaltig vor. Mit den entsprechenden Nachsetzzeichen können bei IBC bereits werksseitig gefettete Hochpräzisions-Wälzlager bezogen werden. Bei diesen Hochpräzisions-Wälzlagern ist kundenseitig lediglich noch der Fettverteilungslauf durchzuführen.

Werden im Service oder bei der Vormontage diese Fette benötigt, können sie über IBC in Tuben, Dosen oder noch größeren Gebinden nach folgendem Schema bezogen werden:

GH76-400	400 g Tube des Fettes GH76
GH62-1000	1 kg Dose des Fettes GH62



Fettschmierung bei Wälzlagern

Sie ist am einfachsten und damit am kostengünstigsten zu realisieren und wird in den überwiegenden Fällen aller Wälzlagerungen angewandt. Während bei Standardrillenkugellagern vorwiegend Lithiumseifenfette mit mineralischem Grundöl mit relativ hoher Viskosität zum Einsatz kommen, werden bei hochtourigen Anwendungen Spezialfette verwandt. Deren Synthetiköle und spezielle Verdickungsmittel erlauben, auch dank ihrer geringeren Viskosität, wesentlich höhere Drehzahlkennwerte. Insbesondere die Fette mit der Bezeichnung GS, sowie bei höheren Temperaturen GH, sind für Hochpräzisions-Wälzlageranwendungen geeignet.

IBC Kurzzeichen	Drehzahlkennwert $d_m \cdot n \cdot 10^{-6}$ mm/min	Temperaturbereich ΔT °C	Konsistenzkl. NLGI	Grundöl	Viskosität des Grundöls ν mm²/s 40 °C	100 °C	Verdickungsmittel	Dichte ρ g/cm³	Anmerkung
GS 32	1,0	-50 / +120	2	Mineralöl + Esteröl	15	3,7	Lithiumseife	0,88	Leichtes, geräuschgeprüftes Fett für hohe Drehzahlen und tiefe Temperaturen
GS 34	1,0	-50 / +120	2	Mineralöl + Esteröl	21	4,7	Barium-komplex	0,99	Hochgeschwindigkeits- und Tieftemperaturfett
GS 36	1,8	-40 / +120	2/3	PAO Ester	25	6	Lithium-spezialseife	0,94	Spezialfett für hochtourige Spindellager in Werkzeugmaschinen
GS 41	1,0	-60 / +140	2	SK-Syntheseöl	18	4	Barium-Komplexseife	0,96	Hochgeschwindigkeitsfett, besonders geeignet beim Einsatz von Kegelrollenlager
GS 75	>2,0	-50 / +120	2	Esteröl + SKW	22	5	Polyharnstoff	0,92	Spezialfett für hochtourige Spindellager in Werkzeugmaschinen
GH 60	0,5	-30 / +175	2	Paraffinbasis	116	12,3	Syn. Poly-harnstoff	0,98	Einsatz bei starker Feuchtigkeit und geräuschempfindlichen Anwendungen
GH 62	0,5	-30 / +160	2/3	Esteröl + SKW	150	18	Polyharnstoff	0,88	Hochtemperatur und Langzeitschmierfett
GH 68	1,3	-35 / +160	2	Ester	55	9	Lithiumseife	0,98	Schmierfett für hohe Temperaturen, Belastungen und Drehzahlwerte
GH 70	0,6	-40 / +180	2/3	Syntheseöl	70	9,4	Polyharnstoff	0,95	Sehr geräuscharmes Hochtemperaturfett
GH 72	0,7	-40 / +180	2/3	Esteröl	100	12	Polyharnstoff	0,97	Geräuscharm, zur Lebensdauerschmierung bei hohen Temperaturen, guter Korrosionsschutz
GH 76	1,1	-50 / +150	2	Esteröl	18	5	Lithiumseife	0,96	Günstiges Geräuschverhalten, insgesamt geringe Reibung, für kleinere und mittlere Lager
GH 83	0,3	-60 / +250	1	fluoriertes Polyesteröl	300	85	PTFE	1,94	Höchste Betriebsviskosität bei sehr hohen Einsatztemperaturen
GH 88	0,3	-30 / +260	2	perflourierter Polyether	55	9	PU	1,70	Hohe thermische Haltbarkeit, Druck-, Vakuum-, Strahlungs- und Medienbeständigkeit
GH 90	0,6	-50 / +260	2	perflourierter Polyether	190	34	PTFE	1,90	Hohe Lebensdauer, breite Verträglichkeit mit Elastomeren; stabil gegen aggressive Medien
GA 91	0,3	-75 / +260	1/2	Silikonöl	55	14	Teflon	1,33	Wasser-, korrosions- und oxidationsbeständig, Einsatz in der Luftfahrtindustrie
GF 20	0,3	-40 / +120	1	Mineralöl	230	22	Aluminium-komplexseife	0,90	Gute Haftfähigkeit und Verschleißschutz, Einsatz in der Lebensmitteltechnik

Tabelle 7.1: Übersicht über IBC Standardfette

Bohrungs-kennzahl	Wellen-durch-messer	IBC Hochpräzisions-Schrägkugellager 25%-Befettung cm³							IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager 10%-Befettung cm³			
	mm	718...	719...	H719...	70...	H70...	72...	73...	N 19.../K	N 10.../K	NN 30.../K	NNU 49.../K
0	10		0,1		0,1		0,2					
1	12		0,1		0,2		0,2					
2	15		0,1		0,2		0,3					
3	17		0,1		0,3		0,5					
4	20		0,3		0,6		0,6	2,0				
5	25		0,3		0,7		0,8	3,0			0,3	
6	30		0,3		0,8		1,1	4,5			0,8	
7	35		0,5		1,2		1,5	5,8			0,9	
8	40		0,8	0,5	1,4	1,0	2,1			0,9	1,0	
9	45		0,9	0,7	1,4	1,1	2,5			1,2	1,3	
10	50	0,3	1,0	0,7	1,9	1,7	2,6		0,4	1,2	1,6	
11	55	0,5	1,2	0,9	2,8	2,3	3,3		0,6	1,8	2,1	
12	60	0,7	1,2	1,1	2,9	2,5	4,3		0,6	1,8	2,3	
13	65	0,8	1,3	1,1	3,1	2,7	5,3		0,6	2,0	2,0	
14	70	0,8	2,2	1,9	4,3	3,7	5,9		1,0	2,9	3,3	
15	75	0,9	2,3		4,4	3,9	6,4		1,0	3,0	3,6	
16	80	1,0	2,4		5,9	5,1	8,2		0,9	3,7	5,1	
17	85	1,6	3,4		6,2	5,5	9,3		1,5	4,0	5,0	
18	90	2,4	3,4		8,1	6,6	11,0		1,6	5,1	6,6	
19	95	1,8	3,5		8,4	7,4	13,7		1,8	5,3	6,8	
20	100	1,8	4,9		8,7	6,8	16,8		2,3	5,3	7,0	6,0
21	105	1,9	5,3		11,7		21,0		2,2	6,8	9,7	6,6
22	110	3,0	6,0		14,3		22,5		2,2	8,2	12,1	6,6
24	120	3,2	8,1		14,4		26,2		3,1	8,3	13,4	10,0
26	130	4,8	10,4		21,4		30,2		3,7	12,6	18,7	11,4
28	140	5,6	11,5		22,0		38,0		3,9	13,0	19,9	11,4
30	150	7,0	16,5		27,8				6,2	16,6	24,6	20,9
32	160	7,0	16,5		39,8				6,4	21,4	30,1	22,6
34	170	9,2	20,2		51,3				7,0	28,7	42,4	24,2
36	180	9,8	27,1		64,4				10,4	35,9	52,2	32,6
38	190	12,3	27,4		67,9				10,3	39,4	54,6	33,8
40	200	13,2	39,0		89,8				14,9	48,5	70,6	20,8
44	220	14,4	41,1		115				16,0	65,7	96,6	53
48	240	21,0	46,0		124				17,7	70,2	109	60
52	260	21,2	75,1						28,1	108	157	102
56	280	48,8	79,8						29,2	104	169	107
60	300	92,7	130						49,7		162	
64	320	98,7	138						50,9		167	
68	340		144						52,1			
72	360		151						57,3			

Tabelle 7.2: IBC Fettmengentabelle für die Standardbefettung

Insbesondere die Fette mit der Bezeichnung GS, sowie bei höheren Temperaturen GH, sind für Hochpräzisions-Wälzlageranwendungen geeignet.

Fettmenge

Die Fettmenge in einem Wälzlager richtet sich nach dem Drehzahlkennwert $d_m \cdot n$, nach der Fetteinlaufzeit, der Fettgebrauchsdauer bzw. auch nach einem zusätzlichen Schutz gegen Verunreinigung von außen bei langsam laufenden Wälzlagern.

In den letzten Jahren steigerten sich die Drehzahlanforderungen in vielen Bereichen von Werkzeugmaschinenspindeln. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde die Fettmenge entsprechend angepasst und reduziert. Dadurch kann der Fettverteilungslauf verkürzt werden, bis sich ein Fettdepot am Rande der Laufbahnen gebildet hat.

Weiterhin wird die Walkarbeit des Wälzlagers durch die optimierten Schmierstoffmengen positiv beeinflusst. Die IBC Standardfettmenge ist an diesen Erfordernissen ausgerichtet.

Bei der Befettung ist neben der absoluten Fettmenge auch die Vorbehandlung der Hochpräzisions-Wälzlager und die Einbringung des Schmierstoffes an der richtigen Stelle von besonderer Bedeutung. Nachfolgende Gesichtspunkte sollten deshalb unbedingt beachtet werden.

Die gleichmäßige Verteilung der Fettmenge z. B. mittels einer Spritze ist einer Einbringung mittels Spatel vorzuziehen. Wichtige Stellen sind zum einen die Kontaktfläche zwischen Käfig und Wälzlageraußenring bei außenringgeführten Käfigen und zum anderen der Laufbahnbereich und insbesondere die Zwischenräume im Wälzkörperkäfig.

Bei geringen Anforderungen an die Betriebsdrehzahl und damit verbundener geringer Walkarbeit des Wälzlagers kann eine deutlich höhere Fettmenge als die Standardfettmenge angewendet werden. Im Umkehrschluss erfolgt bei sehr hohen Drehzahlkennwerten eine starke Reduzierung der Fettmenge, dies kann in Extremfällen zu einer 10%igen Befettung des freien Wälzlagerraumes führen.

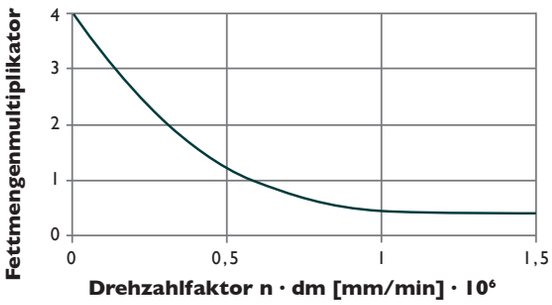


Diagramm 7.1: Faktor für Fettmenge über Drehzahlfaktor

Diagramm 7.1 zeigt den Erhöhungsfaktor für die Fettmenge im Vergleich zu der 25%igen Standardfettmenge bei den IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagern. Der Faktor reicht bei kleinsten Drehzahlen von der Vollbefettung bis zur Minimalschmierung bei sehr hohen Drehzahlen. Die IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager haben standardmäßig eine 10%ige Fettmenge, sodass der Faktor aus Diagramm 7.1 bei den Zylinderrollenlagern nicht angewendet werden kann.

Eine weitere Reduzierung der Schmierstoffmenge ist über eine Dispersionsbefettung möglich. Das Hochpräzisions-Wälzlager wird in eine Emulsion aus Lösemittel mit 3-5% Fett getaucht, der Innenring gegenüber dem Außenring gedreht und anschließend getrocknet. Diese Vorgehensweise garantiert, dass alle Teile des Hochpräzisions-Wälzlagers mit Schmierstoff überzogen werden. Die Dispersionsbefettung kann auch als Ausgangsbasis für eine anschließende Normalbefettung dienen.

Fettverteilungslauf

Bei Hochpräzisions-Wälzlagern sollte vor Inbetriebnahme ein Fettverteilungslauf, möglichst unter Temperaturüberwachung, stattfinden.

Für den Fettverteilungslauf haben sich unterschiedliche Szenarien, die jedoch prüfstandsabhängig sind, bewährt. In fest gegeneinander vorgespannten Hochpräzisions-Wälzlagern kann die Vorspannung beim Fettverteilungslauf infolge Wärmeausdehnung des Innenrings unbeabsichtigt deutlich ansteigen. In den ersten Minuten des Einlaufvorganges oder nach erneutem Start bei kalter Spindel erwärmt sich der Innenring wesentlich schneller und dehnt sich damit stärker aus als der Außenring. Dies führt kurzfristig zu einer teilweise extremen Vorspannungserhöhung, bis sich ein Temperaturgleichgewicht durch den Wärmeübergang zum Außenring eingestellt hat.

Besonders kritisch ist dieser Effekt für Wälzlager in der X-Anordnung. Das gilt auch für Hybridlager, deren keramische Wälzkörper zwar einen kleineren Wärmeausdehnungskoeffizienten, dagegen jedoch eine geringere Wärmeleitfähigkeit und eine höhere Steifigkeit aufweisen. Federvorgespannte Wälzlageranordnungen stellen etwas geringere Ansprüche an den Fettverteilungslauf. Sie können, bedingt durch die axiale Nachgiebigkeit der Federanstellung, die Aufweitung des Innenringes kompensieren.

Bei fester Drehzahl lässt sich die Wärmeentwicklung über das Verhältnis von Einschaltdauer zu Ruhepausen steuern, wobei erstere nach und nach verlängert wird und letztere verkürzt werden, bis eine Beharrung der Temperatur bei Dauerlauf eintritt. Hierbei sollten bei Erreichen eines Temperaturlimits von 60-70 ºC immer Abkühlphasen eingelegt werden. Nach Verdrängen des überschüssigen Fettes aus der Laufbahn geht die Temperatur nach Erreichen eines Beharrungspunktes allmählich wieder zurück. Das im Diagramm 7.2 dargestellte Schema hat sich in der Praxis bewährt.

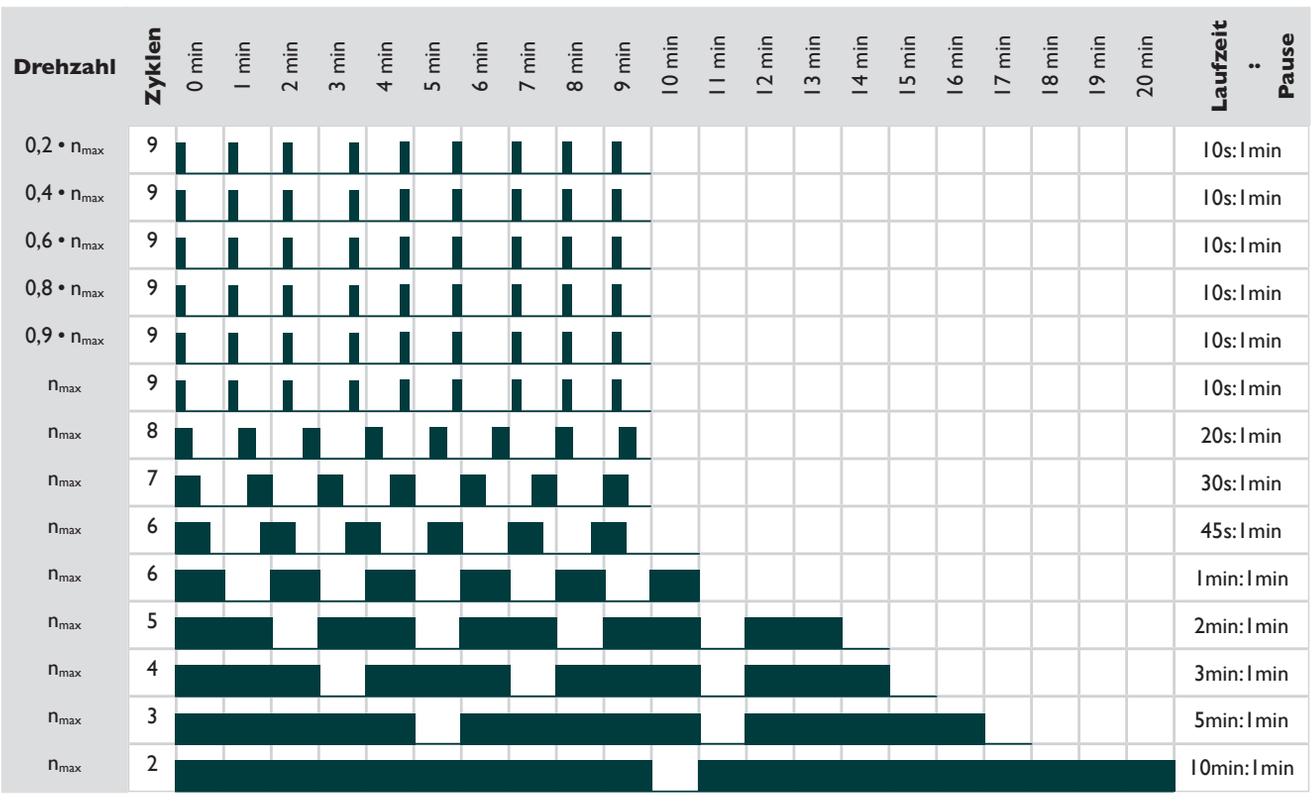


Diagramm 7.2: Wiederholter kurzzeitiger, progressiver Einlauf mit später längeren Zeitintervallen bei maximaler Drehzahl

Fettlebensdauer

Die Fettlebensdauer oder Fettgebrauchsdauer hängt von einer Anzahl von Parametern ab und kann überschlägig nach DIN 51825 wie folgt berechnet werden:

$$t_{fq} = q \cdot t_f \qquad [7.1]$$

t_{fq}	praktische Fettlebensdauer	[h]
q	Gesamtminderungsfaktor	
t_f	unverminderte Fettlebensdauer	[h]

$$q = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \cdot f_6 \cdot \ldots \text{ Minderungsfaktoren} \qquad [7.2]$$

f_1	Einfluss der Umgebungsmedien	(0,1...0,9)
f_2	Einfluss der Dynamik, Stöße	(0,1...0,9)
f_3	Einfluss der Lagertemperatur	(0,1...0,9)
f_4	Einfluss der Lagerbeanspruchung	(0,1...1,0)
f_5	Einfluss der Luftströmung	(0,1...0,7)
f_6	Einfluss der Einbauart	(0,5...0,7)

$$t_f = f\left(k_f \cdot n \cdot d_m\right) \text{ beispielsweise aus Diagramm 7.3} \qquad [7.3]$$

k_f	Wälzlagerbauartfaktor	
	1,6...2,0 für Hochpräzisions-Schrägkugellager	
	3,0...3,5 für Hochpräzisions-Zylinderrollenlager	
n	Betriebsdrehzahl	[min^{-1}]
d_m	mittlerer Wälzlagerdurchmesser (d + D) / 2	[mm]

Die Fettlebensdauer kann aus dem Datenblatt zum Schmierstoff des jeweiligen Herstellers entnommen werden.

Dazu wird zunächst der Faktor $k_f \cdot n \cdot d_m$ berechnet und über diesem Wert im Diagramm in Höhe der Kurve der entsprechenden Betriebstemperatur die Fettlebensdauer abgelesen.

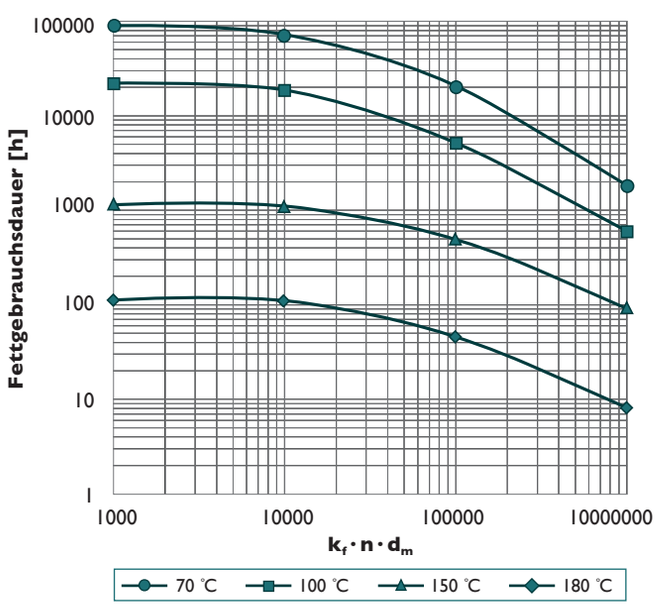


Diagramm 7.3: Beispiel für Fettdiagramm

Die Fettlebensdauer ist ein theoretischer Wert, der weiteren Einflussfaktoren unterliegt, welche die Gebrauchsdauer des Fettes weiter einschränken.

Umgebungsmedien		
Feuchtigkeit und Staub in den Laufbahnen		
f_1 (mäßig)		0,7...0,9
f_1 (stark)		0,4...0,7
f_1 (übermäßig)		0,1...0,4
Dynamik		
Stöße, Vibrationen und Schwingungen		
f_2 (mäßig)		0,7...0,9
f_2 (stark)		0,4...0,7
f_2 (sehr stark)		0,1...0,4
Betriebstemperatur		
f_3 aus Datenblatt des jeweiligen Fettes		
Lagerbeanspruchung		
f_4 (mäßig)	C/P > 20	1,0
f_4 (mittelmäßig)	C/P > 10	0,7
f_4 (mittel)	C/P > 8	0,5
f_4 (stark)	C/P > 5	0,3
f_4 (sehr stark)	C/P > 2	0,2
f_4 (äußerst stark)	C/P > 1	0,1
Luftströmungen durch Wälzlager		
f_5 (mäßig)		0,5...0,7
f_5 (stark)		0,1...0,5
Einbausituation		
f_6 (drehender Außenring)		0,6
f_6 (vertikale Welle)		0,5...0,9
weitere Minderungsfaktoren		
f_7 (Viskositätsverhältnis κ)		0,5...4
f_8 (Zylinderrollenlager einreihig)		0,63
f_8 (Zylinderrollenlager zweireihig)		0,3
f_8 (Zylinderrollenlager vollrollig)		0,04
f_9 (Hybridlager)		2,5...3,5

Tabelle 7.3: Minderungsfaktoren für Fettgebrauchsdauer

Nachschmierung

In den meisten Fällen ist eine Lebensdauerfettschmierung erwünscht. Wenn jedoch zahlreiche Reduktionsfaktoren die Fettlebensdauer einschränken, ist eine Nachschmiermöglichkeit für die Hochpräzisions-Wälzlagerung vorzusehen.

Liegen sehr ungünstige Schmierbedingungen vor, muss eine ausreichend kurze Nachschmierfrist gegeben sein. Ist dies nicht zu realisieren, sind die Hochpräzisions-Wälzlager unter Berücksichtigung der oben genannten Faktoren vorzeitig in geplanten Wartungen auszuwechseln.

In einigen Fällen können automatische Nachschmiersysteme angewendet werden, die kontinuierlich bestimmte, minimale Fettmengen abgeben. Hochpräzisions-Schrägkugellager mit einer Schmiermöglichkeit im Außenring (S) können auch hierfür geeignet sein. Eventuell sind die Schmierbohrungen auf die Fettviskosität abzustimmen.

Bei schnelllaufenden Wälzlagerungen ist nach der Nachschmierung zunächst mit höheren Temperaturen zu rechnen. Der neu eingebrachte Schmierstoff muss, je nach Art der Einbringung, erst wieder aus dem Kontaktbereich der Wälzkörper zu den Laufbahnen verdrängt werden. Gegebenenfalls ist ein erneuter Fettverteilungslauf durchzuführen.

Öl-Luft-Schmierung

Dieses Schmiersystem wird eingesetzt, um die Drehzahl und Betriebssicherheit zu erhöhen. Eine minimale Menge Öl wird in einem Öl-Luftschmieraggregat mit Druckluft in einem festgelegten Verhältnis vermischt und dosiert der Lagerstelle pro Zeiteinheit zugeführt.

Die Öl-Luft-Einspritzung bei Hochpräzisions-Wälzlagern mit außenringgeführten Käfigen erfolgt zwischen Käfig und Innenring am Einspritzdurchmesser D_{pi} über eine kleine Düse, die entweder parallel in den Spalt oder etwas schräg auf den Innenring gerichtet ist. Letztere Methode trägt zusätzlich zur Kühlung des Innenringes, dem wärmemäßig am stärksten beanspruchten Bauteil, bei.

Pro Öleinspritzring wird eine Düse von 1 bis 1,5 mm Durchmesser und der ca. 5-fachen Länge des Bohrungsdurchmessers empfohlen.

Eine Alternative hierzu stellen die durch den Außenring geschmierten Hochpräzisions-Wälzlager dar. Hierbei hat der Lageraußenring eine radial umlaufende Zuführnut, umgeben von zwei O-Ringen zur Abdichtung sowie einer oder mehrerer Zuführbohrungen. Diese Hochpräzisions-Wälzlager sind gekennzeichnet durch ein S nach der Bezeichnung des Berührungswinkels.

Das in großer Menge zugeführte Öl-Luft-Gemisch muss aus dem Wälzlager wieder entweichen können. Ölrückstände können zum Heißlaufen führen. Zur Vermeidung von stehendem Öl sind entsprechend große Ablaufkanäle vorzusehen. Gegebenenfalls kann das Öl-Luft-Gemisch über Vakuum abgesaugt werden.

Vor Inbetriebnahme einer Öl-Luft geschmierten Spindel ist unbedingt sicherzustellen, dass die Wälzlager beim ersten Anlaufen durch eine bei der Montage eingebrachte, minimale Ölmenge bereits geschmiert sind.

Geeignete Schmieröle sind legierte und unlegierte Mineralöle nach DIN 51501 sowie Syntheseöle mit hohem Sauberkeitsgrad, Oxidations- und Schauminhibitoren.

Die Bezugsviskosität nach Diagramm 5.1 im Kapitel 5 (Lebensdauerberechnung) gibt in etwa die benötigte Viskosität vor. Da Spindeln oft in einem großen Drehzahlbereich betrieben werden, ist in vielen Anwendungsfällen ein Kompromiss anzustreben. Bei Spindeln mit höchster Drehzahl wird bei Betriebstemperatur eine Viskosität von ca. 7 mm^2/s, bei Spindeln im mittleren Betriebsdrehzahlbereich von ca. 17 mm^2/s nötig sein.

Öle mit Viskositäten < 13 mm^2/s sollten EP-Zusätze zur Erhöhung des Druckaufnahmevermögens aufweisen.
Bei Öl-Luft-Schmierung hat die Ölviskosität aufgrund der kleineren Ölmenge geringen Einfluss auf die Erwärmung.

Zur Lebensdauersteigerung erlaubt dies ein höheres Viskositätsverhältnis von $\kappa > 3$ und damit Viskositäten bei 40 °C von 32-80 mm^2/s.

Öl-Einspritzschmierung

Ein noch sichereres und aufwendigeres Verfahren ist die Öl-Einspritzschmierung. Hierbei wird in großem Maße Öl zugeführt, etwa die bis 100-fache Menge wie bei der Öl-Luft-Schmierung, um gleichzeitig Wärme abzuführen. Die sich hierbei ergebenden hohen Planschverluste sind durch ein erhöhtes Antriebsmoment auszugleichen.

Dabei kann eine weitere Temperaturabsenkung durch eine zwischengeschaltete Ölrückkühlung erreicht werden.

Bei horizontalen Spindeln muss die Strahlgeschwindigkeit des Öls ein Viertel der Umfangsgeschwindigkeit des sich bildenden Luftwirbels betragen, um diesen durchstoßen zu können. Bei vertikalen Spindeln ist ihre Anwendung problematisch.

Mit der Öl-Einspritzschmierung können noch höhere Drehzahlkennwerte von über $3 \cdot 10^6$ mm/min bei minimalem Temperaturanstieg erzielt werden. Hierbei sind Öle mit sehr geringer Viskosität (ca. 3 mm²/s bei Betriebstemperatur) im Einsatz.

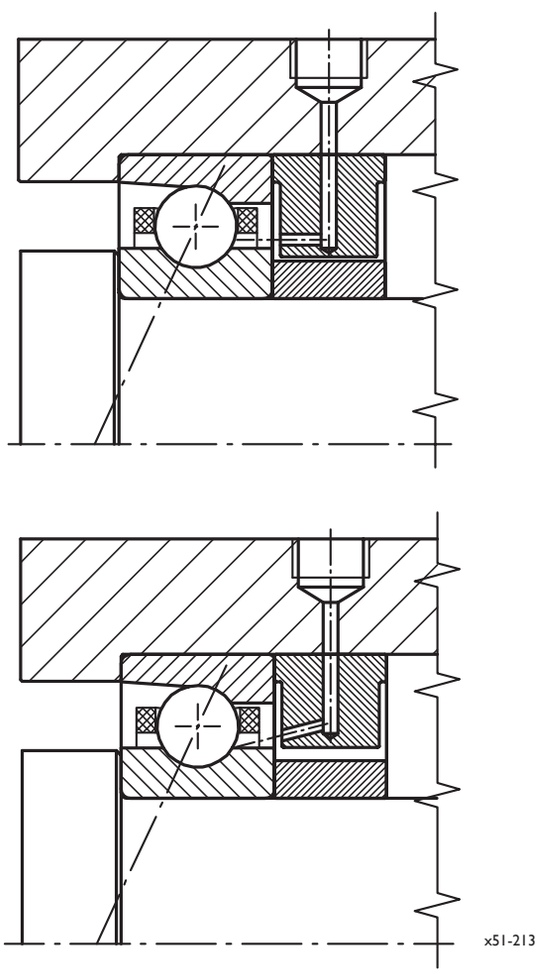


Bild 7.1: Öl-Einspritzschmierung

Die aufwendige Öl-Luft-Schmierung wird zur Erzielung sehr hoher Drehzahlen eingesetzt. Ist die Beanspruchung der Wälzlagerung nicht zu hoch, lassen sich auch Hochpräzisions-Schrägkugellager mit Wälzkörpern kleinerer Querschnitte oder aus Keramik einsetzen. Gegenüber Schrägkugellagern mit größeren Stahlwälzkörpern sind selbst mit Fettschmierung erhebliche Drehzahlsteigerungen möglich.

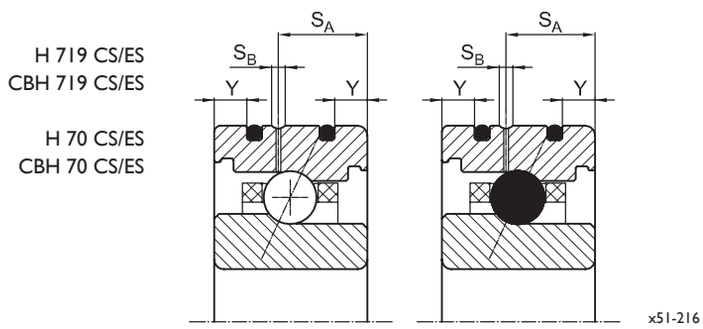


Bild 7.2: Öl-Einspritzschmierung durch den Außenring

Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Dichtungsabstand	Schmiernutabstand	Schmiernutbreite
d	D	B		Y	S_A	S_B
mm				mm		
50	72	12	H 71910 CS/ES	2,2	6,6	1,4
55	80	13	H 71911 CS/ES	2,8	7,2	1,4
60	85	13	H 71912 CS/ES	2,8	7,2	1,4
65	90	13	H 71913 CS/ES	2,8	7,2	1,4
70	100	16	H 71914 CS/ES	3,1	9,3	1,4
75	105	16	H 71915 CS/ES	3,1	9,3	1,4
80	110	16	H 71916 CS/ES	3,1	9,3	1,4
85	120	18	H 71917 CS/ES	4,0	10,4	2,2
90	125	18	H 71918 CS/ES	4,0	10,4	2,2
95	130	18	H 71919 CS/ES	4,0	10,4	2,2
100	140	20	H 71920 CS/ES	4,0	12,0	2,2
50	80	16	H 7010 CS/ES	3,4	9,3	1,4
55	90	18	H 7011 CS/ES	4,3	9,7	1,4
60	95	18	H 7012 CS/ES	4,3	9,7	1,4
65	100	18	H 7013 CS/ES	4,0	10,4	1,4
70	110	20	H 7014 CS/ES	4,0	11,6	1,4
75	115	20	H 7015 CS/ES	4,0	11,6	1,4
80	125	22	H 7016 CS/ES	4,7	12,2	2,2
85	130	22	H 7017 CS/ES	4,7	12,2	2,2
90	140	24	H 7018 CS/ES	5,5	14,5	2,2
95	145	24	H 7019 CS/ES	5,5	14,5	2,2
100	150	24	H 7020 CS/ES	5,5	14,5	2,2

Tabelle 7.4: Abmessungen zur Schmierung über den Außenring. Diese Schmiermöglichkeit ist ebenfalls für die Nicht-Hochgeschwindigkeitsausführung von Schrägkugellagern lieferbar.

8. Montage von Hochpräzisions-Wälzlagern

8. Montage von Hochpräzisions-Wälzlagern

Vorbereitungen am Montageplatz

IBC Hochpräzisions-Wälzlager für hochgenaue Werkzeugspindeln werden unter größter Sorgfalt bei reinsten Bedingungen hergestellt, intensiven Kontrollen unterzogen und mit einer hochwertigen Verpackung versehen, um Transportschäden und Verschmutzungen zu vermeiden.

Um bestmögliches Laufverhalten zu erzielen, sollte auch bei der Montage auf ein sauberes, staubfreies Arbeitsumfeld geachtet werden. Das Eindringen von Flugstaub oder feinsten Spänen würde sowohl die Genauigkeit als auch die Lebensdauer der Hochpräzisions-Wälzlager beeinträchtigen. Schleifstaub ist besonders aggressiv und muss unter allen Umständen ferngehalten werden. Daher ist auch bei einer Unterbrechung des Montagevorgangs oder bei sehr zeitintensiver Montage das vollständige oder partielle Abdecken der Lagerstelle mit Schutzfolie zu empfehlen. Der Kontakt mit fusselnden Tüchern ist unbedingt zu vermeiden. Ferner sind die Hochpräzisions-Wälzlager in der Originalverpackung aufzubewahren und vor Feuchtigkeit und aggressiven Medien zu schützen.

Präzisions-Wälzlager sollten generell nicht stehend, sondern liegend und im ganzen Umfang unterstützt aufbewahrt und gelagert werden.

Erfolgt der Einbau von Hochpräzisions-Wälzlagern mit ungeeigneten oder unsauberen Werkzeugen und Montagehilfsmitteln, so beeinflusst dies die Funktion der Hochpräzisions-Wälzlager in erheblichem Umfang und reduziert ihre Leistungsfähigkeit und Lebensdauer.

Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass IBC bei Nichtbeachtung und Nichteinhaltung der Montageanleitung für die hieraus resultierenden Schäden keine Haftung übernimmt. Dies gilt auch für eine fehlerhafte Interpretation oder Weitergabe dieser Hinweise, sowie für fehlerhafte Montage oder Wartung.

Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Montagemöglichkeiten, ist es leider nicht möglich, alle Varianten abzuhandeln. Zumal diese auch sehr stark von der Ausführung der Anschlusskonstruktion abhängig sind. Die folgenden Hinweise beziehen sich daher darauf, dass bei den meisten Applikationen zuerst das Hochpräzisions-Wälzlager auf der Welle montiert wird und anschließend die Montage des Gehäuses erfolgt.

Vorbereiten der Umgebungsteile

Die Überprüfung der Anschlussbauteile (Gehäuse und Wellen) sollte, neben den Maß- und Formgenauigkeiten, ebenfalls die Oberflächenrauheit der Lagersitze einschließen. Bei kegeligen Sitzen müssen zusätzlich die Rundheit, der Kegelwinkel und die Geradheit der Kegelmantellinie überprüft werden.

Eventuell eingesetzte Zwischenringe sowie Präzisions-Spannmuttern sind auf Parallelität, Gratfreiheit und Beschädigungen zu kontrollieren. Nur einwandfreie Einbauteile garantieren die einwandfreie Funktion des Hochpräzisions-Wälzlagers.
Bei Serienmontage für Anwendungen im oberen Drehzahlbereich ist es sinnvoll, die Toleranzen der Gehäuse und der Wellen in zwei oder drei Gruppen aufzuteilen. So kann eine Zuordnung zu den Wälzlagersortierungen vereinfacht werden, um bei der Montage möglichst gleiche Passungsübermaße oder -spiele zu erzielen.

Ausführliche Informationen zu den Sortierungen von IBC Hochpräzisions-Wälzlagern befinden sich im Kapitel 4 (Toleranzen).

Vorbereiten der Hochpräzisions-Wälzlager

Vor Einbau der Hochpräzisions-Wälzlager sind diese einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen. Hierzu ist ein Abgleich der Zeichnungsangaben mit den Wälzlagerdaten auf der Verpackung bzw. Einschweißfolie notwendig.

Da das Eindringen von Schmutzpartikeln unbedingt zu vermeiden ist, ist auf eine staubfreie Montageumgebung zu achten. Ferner sollte die Schutzfolie erst unmittelbar vor Montage der Hochpräzisions-Wälzlager geöffnet werden. Bei Entnahme der Hochpräzisions-Wälzlager aus der Einschweißfolie ist das Tragen von Schutzhandschuhen zu empfehlen, da Handschweiß Korrosion erzeugen kann.

Hochpräzisions-Wälzlager können in den folgenden drei möglichen Ausführungen vorliegen:

- offen, nur konserviert
- offen, gefettet und gekennzeichnet durch entsprechende Nachsetzzeichen (z. B. GS34)
- abgedichtet, gefettet, mit nicht schleifender Dichtung

Erfolgt kundenseitig eine Schmierung der Hochpräzisions-Wälzlager mit Fett, so ist darauf zu achten, dass das Fett mit dem verwendeten Konservierungsmittel verträglich ist. Ist dies nicht der Fall, so ist ein Auswaschen mit anschließendem Abtropfen erforderlich. Auf keinen Fall ist das Trocknen der Hochpräzisions-Wälzlager mit Hilfe von Pressluft zulässig. Zum Auswaschen können geeignete Reinigungsmittel verwendet werden. Bitte beachten Sie bei der Benutzung der Reinigungsmittel die herstellerseitigen Handhabungshinweise sowie die gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich Arbeitssicherheit und Umweltschutz.

Es ist darauf zu achten, dass die Auswahl des Fettes von grundlegender Bedeutung für die Funktion der Hochpräzisions-Wälzlager hinsichtlich Lebensdauer, Geräuschniveau, Betriebstemperatur und Drehzahl ist. Die Befettung erfolgt dann mit geeignetem Wälzlagerfett in der richtigen Menge, entsprechend des freien Raumes und der angestrebten Drehzahl.

Die geeignete Fettmenge für jedes Wälzlager entnehmen Sie bitte der Fettmengentabelle 7.2 in Kapitel 7 (Schmierung).

Insbesondere ist beim Einbringen des Fettes der Raum zwischen Außenringbord und Käfig (Reibfläche) zu fetten. Dies kann z. B. mittels einer Spritze geschehen.

Beim Befetten ist das Hochpräzisions-Wälzlager mehrmals zu drehen, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Fettes zu erzielen. Dies verringert die Zeit beim späteren Fettverteilungslauf.

Das Konservieren der restlichen Lageroberflächen sollte mit dem Grundöl des Fettes oder damit verträglichen Konservierungsmitteln erfolgen.

Sind die Grenzen der Betriebsverhältnisse für die Fettschmierung überschritten, so ist eine Ölschmierung unabdingbar. Um einen eventuellen schädlichen Trockenstart zu vermeiden, ist bei ölgeschmierten Hochpräzisions-Wälzlagern zu empfehlen, dass bereits nach der Montage das später verwendete Öl in die Hochpräzisions-Wälzlagerung eingebracht wird.

Montage in der richtigen Anordnung

Vorbereitend ist die Lageranordnung nach Zeichnung zu prüfen und die Lagersätze sind entsprechend zusammenzustellen. Schrägkugellager können aufgrund ihres asymmetrischen Aufbaus nur in einer Richtung axial belastet werden. Bei der Montage von Schrägkugellagern bzw. Schrägkugellagersätzen ist daher streng auf die Richtung zu achten.

Bei offenen Hochpräzisions-Schrägkugellagern (siehe Seite 8) ist ein äußerer Bord aus Montagegründen freigeschliffen. Die Lasteintragung erfolgt von außen über den nicht freigeschliffenen Bord. Zudem, wie bei abgedichteten Wälzagern auch, kennzeichnet ein Pfeil auf der Mantelfläche des Außenrings die Lastrichtung.

Bild 8.1: Markierung der Lastrichtung

IBC Hochpräzisions-Wälzlager sind prinzipiell universell geschliffen, sie können bei der Montage zu jeder beliebigen Anordnung zusammengesetzt werden.

Werksseitig zusammengestellte Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze mit einer bestimmten Anordnung weisen zusätzlich zu den Einzelpfeilmarkierungen einen durchgehenden (großen) Pfeil über alle Hochpräzisions-Schrägkugellager hinweg auf. Sie sind exakt in Pfeilrichtung einzubauen und nicht zu separieren. Die Pfeilspitze gibt die Montagerichtung und Hauptlastrichtung wieder.

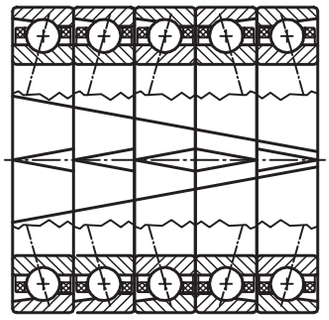
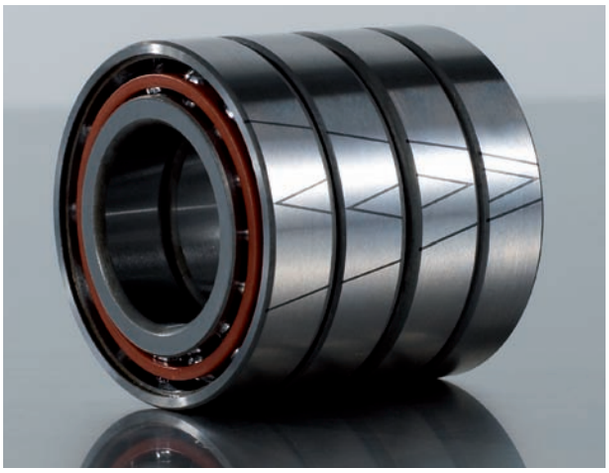


Bild 8.2: Markierter Lagersatz



Dies gilt ebenfalls für Hochpräzisions-Wälzlager die, in Bezug auf ihre Vorspannung, zu ausbalancierten Hochpräzisions-Schrägkugellagersätzen zusammengestellt sind. Die möglichen Anordnungen von Hochpräzisions-Schrägkugellagern finden Sie im Kapitel 2.7 (IBC Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze).

Werksseitig zusammengestellte Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze ohne bestimmte Anordnung, mit den Nachsetzzeichen DU, TU oder QU sind zusammen verpackt und weisen jeweils nur die Einzelpfeilmarkierung auf der Mantelfläche des Außenrings auf.

Alle Hochpräzisions-Schrägkugellagersätze sind hinsichtlich ihrer Toleranzen für Bohrungs- und Außendurchmesser so aufeinander abgestimmt, dass sie die gleiche Sortierung, d. h. ein gleiches Toleranzfeld für Bohrung und Außendurchmesser, aufweisen. Details hierzu sind im Kapitel 4.3 (Sortierung und Kantenabstände IBC Hochpräzisions-Wälzlager) beschrieben.

Sämtliche Hochpräzisions-Schrägkugellager der Toleranzen P4A, P2H und P2A sind mit expliziter Angabe der Mittelwerte D_{gm} und d_{gm} auf der Verpackung und dem Folienbeutel gekennzeichnet. Innerhalb der zulässigen Außen- und Bohrungsdurchmessertoleranz werden Sortierungen in 2 oder 3 Gruppen vorgenommen, um Schrägkugellagersätze leicht für gleiches Tragverhalten zusammenstellen zu können.

Die Angabe der Toleranz der Hochpräzisions-Schrägkugellager ermöglicht mit den Toleranzen von Wellen und Gehäusen das Zusammenstellen von Kombinationen mit jeweils gleicher Überdeckung der Toleranzfelder innerhalb einer Serie von Spindeln.

Montagevorgang

Bei festen Passungen der Innenringe ist eine induktive Erwärmung des Hochpräzisions-Schrägkugellagers oder eine Erwärmung über angewärmte Zwischenringe zu empfehlen. Hierdurch werden die Innenringe geweitet und die Montage erleichtert. Bei Erwärmung mittels Induktions-Anwärmgeräten erfolgt nur eine Erwärmung der metallischen Wälzlagerkomponenten, während Käfig und Dichtscheiben thermisch nicht belastet werden.

Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Temperatur warm zu montierender Hochpräzisions-Schrägkugellager auf keinen Fall 80 °C überschreitet.

Bei der Montage der Hochpräzisions-Schrägkugellager soll die Aufschiebekraft mit geeignetem Werkzeug direkt auf den gerade zu montierenden Ring und nicht indirekt über den Gegenring und damit über die dazwischen liegenden Wälzkörper aufgebracht werden. Generell ist das Beaufschlagen der Wälzkörper mit Montagekräften zu vermeiden. Begonnen wird mit dem Ring mit dem festeren Sitz.

Beim Aufziehen der Wälzlagerringe ist darauf zu achten, dass diese bis zur Anlagefläche aufgezogen werden, um spätere Setzungserscheinungen und Verkantungen zu vermeiden. Diese würden zu einem vorzeitigen Ausfall durch Betrieb ohne Vorspannung führen. Bei warm aufgezogenen Hochpräzisions-Wälzlagern sind die Wälzlagerringe nach dem Abkühlen noch einmal axial gegen den Bord nachzuschieben.

Vorspannen der Hochpräzisions-Schrägkugellager/Anzugsmomente

Die Vorspannung der Hochpräzisions-Wälzlager kann über IBC Präzisions-Spannmuttern, Flanschdeckel mit mehreren Schrauben auf einem Teilkreisdurchmesser oder über eine zentrale Abschlussschraube inmitten einer Vollwelle erfolgen.

Vorspannen mit Präzisions-Spannmuttern

Beim Vorspannen der Hochpräzisions-Schrägkugellager mit einer sicherbaren Präzisions-Spannmutter mit Feingewinde über die Innenringe kann das mindestens erforderliche Anzugsmoment M_D, zur Überwindung der Vorspannung wie folgt bestimmt werden:

$$M_D = 3 \cdot d_{Gewinde} \cdot F_V \cdot K_{FV} \cdot 10^{-4} \quad [Nm] \quad [8.1]$$

M_D	Min. erforderliches Anzugsmoment	[Nm]
$d_{Gewinde}$	Gewindedurchmesser der Präzisions-Spannmutter	[mm]
F_V	benötigte Vorspannung	[N]
K_{FV}	Konstante der Lageranordnung bei F_V des Einzellagers = 1 bei Lagersätzen mit F_V der Vorspannung für den Lagersatz	

<>	DB	1	<<>>	QBC	2
<<>	TBT	1,36	<<<<>	PBT	1,71
<<<>	QBT	1,57	<<<>>	PBC	2,42

Das tatsächliche Anzugsmoment erhöht sich noch durch Montagekräfte aufgrund des effektiven Übermaßes zwischen den Lagerringen und der Welle, wobei die Qualität des Gewindes und der beteiligten Oberflächen Einfluss nehmen. Zu beachten ist dabei die maximal zulässige Axialkraft für Hochpräzisions-Wälzlagerringe. Sie darf eine seitliche Flächenpressung von ca. 10 MPa oder 10 N/mm² im Bereich der Laufbahnen nicht überschreiten, damit diese nicht deformiert werden und die Präzisions-Spannmutter nicht aufgrund zu hoher Montagekräfte beschädigt wird. Eine Verminderung der Montagekräfte ist möglich, wenn zwischen Hochpräzisions-Wälzlager und Welle bzw. Gehäuse eine geeignete Temperaturdifferenz hergestellt wird.

Die folgende Tabelle nennt zur Orientierung praktikable Werte für das erforderliche Anzugsmoment:

Bohrungs-durchmesser d mm	Anzugsmoment M_D Nm			
	718...	719...	70...	72... 73...
6			0,15	
7			0,25	
8			0,32	
9			0,40	
10		0,5	0,80	0,7
12		0,7	1,3	1,0
15		1,0	1,6	1,5
17		1,3	2,2	2,5
20		2	2,9	3,2
25		3	4,0	5,0
30		4	5,6	8
35		6	7,2	11
40		8	9,5	14
45		9	12	17
50	12	11	15	21
55	15	13	20	25
60	18	15	24	31
65	20	18	28	38
70	23	22	33	45
75	25	26	38	53
80	29	31	45	65
85	32	37	55	80
90	35	45	67	100
95	38	52	80	130
100	42	62	95	150
105	46	70	110	190
110	52	80	130	240
120	60	100	160	290
130	68	130	190	350
140	75	160	225	420
150	90	200	275	500
160	115	250	350	590
170	140	310	470	700
180	180	360	600	820
190	240	420	690	950
200	350	520	800	1100

Tabelle 8.1: Anzugsmomente für Hochpräzisions-Schrägkugellager

Um Setzungserscheinungen zu vermeiden, wird das Anziehen von Präzisions-Spannmuttern oder Abschlussschrauben mit dem doppelten Anzugsmoment, einem nachfolgenden Lösen und einem abschließenden Nachziehen mit dem Soll-Drehmoment empfohlen.

Weitere Informationen zu Präzisions-Spannmuttern mit radialer oder axialer Sicherung und zur genaueren Berechnung des Anzugsmoments entnehmen Sie bitte unserer separaten Druckschrift Präzisions-Spannmuttern TI-I-5020.

Vorspannen mit Flanschdeckeln

Das stirnseitige Festklemmen der Präzisions-Wälzlager-Außenringe geschieht meist über Flanschdeckel mit mehreren Schrauben. Bei Festlagern klemmt dieser die Wälzlageraußenringe gegen einen Bund im Gehäuse.

Insbesondere bei Hochpräzisions-Wälzlagern mit kleinem Querschnitt der 718er und 719er (N 19) Baureihe kann es bei zu starker und speziell bei einseitiger Schraubenvorspannung zur ungleichmäßigen Verformung, wie in Bild 8.3 dargestellt, des Wälzlageraußenringes kommen. Dies kann punktuell zu erhöhtem Radial- und Axialschlag führen. Das Verwenden von mehreren kleineren Schrauben ist der Lösung mit wenigen großen Schrauben vorzuziehen. Ein gleichmäßiges, kontrolliertes und stufenweises Anziehen führt in der Praxis zum gewünschten Ergebnis.

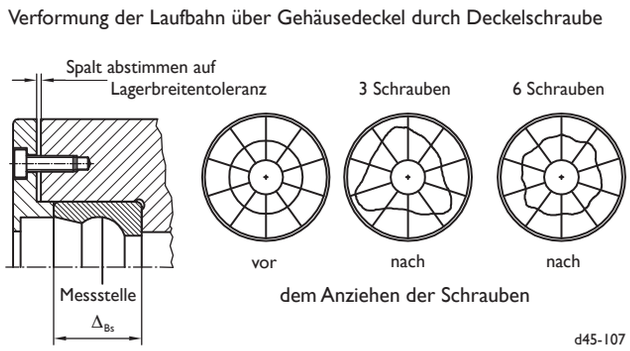


Bild 8.3: Spannkraftverteilung an Flanschdeckeln

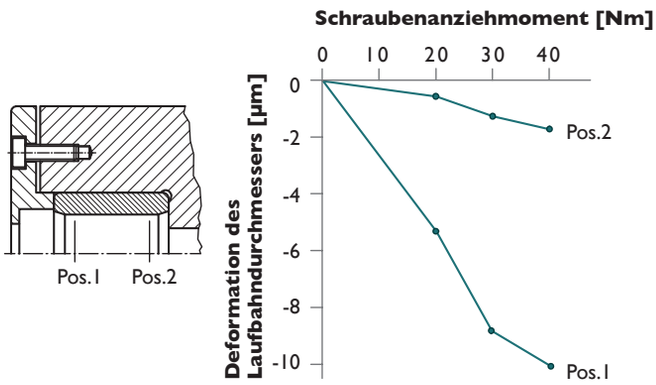


Bild 8.4: Verformung durch Spannkräfte

d45-108

Der Überstand des Deckels zum Gehäuse (Vorspannungsspalt) sollte wie folgt eingeschränkt werden, um eine punktuelle, zu hohe Spannkraft einzelner Deckelschrauben zu vermeiden:

- Wälzlager mit d < 100 mm: 0,02 + / - 0,01 mm
- Wälzlager mit d > 100 mm: 0,03 + / - 0,01 mm

Beim Wälzlagerwechsel sollten der Flanschdeckel oder die Zwischenringe auf die Breite der neu eingesetzten Wälzlager erneut abgestimmt werden. Bei Loslagern ist darauf zu achten, dass ein Gehäusedeckel nicht zur Anlage kommt, da dieser die axiale Ausdehnung der Spindel behindern würde.

Montage von Hochpräzisions-Wälzlagern mit kegeliger Bohrung

IBC Hochpräzisions-Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden direkt auf den kegeligen Teil der Welle aufgeschoben. Dieser Vorgang weitet den Innenring des Hochpräzisions-Zylinderrollenlagers und vermindert dessen Lagerluft δ_r. Da auch der Außenring im Gehäuse mit fester Passung montiert wird, verringert sich auch hierdurch das Lagerspiel.

Die Einstellung der Lagerluft wird bei der Montage von Hochpräzisions-Zylinderrollenlagern gezielt durchgeführt, um eine einwandfreie Funktion bei höchstmöglicher Systemgenauigkeit und längstmöglicher Lebensdauer zu erreichen.

Bei diesem Vorgang liefert eine sicherbare Präzisions-Spannmutter den dafür notwendigen, axialen Druck. Die korrekte axiale Position des Wälzlagerinnenrings stellt eine auf Maß geschliffene Hülse sicher, die zwischen Wälzlagerinnenring und Anlagebund an der Welle montiert wird.

Die Bestimmung der Hülsenbreite A erfordert exaktes Messen und höchst sorgfältiges Vorgehen bei den einzelnen Schritten. Prinzipiell sind dabei zwei unterschiedliche Vorgehensweisen zu betrachten:

- Der Innenring wird unter ständiger Messung des Hüllkreises bzw. des Laufbahndurchmessers soweit auf den Kegel aufgeschoben, bis unter Berücksichtigung der Einschnürung des Außenringes und dessen Verminderung der Lagerluft die insgesamt verbleibende Lagerluft dem gewünschten Maß entspricht. Der verbleibende axiale Abstand zwischen Innenring und Anlagebund der Welle ist dann mit großer Genauigkeit zu messen, z. B. tastend mit Endmaßen, wie in Bild 8.5 dargestellt. Nach diesem Vorgang wird der Innenring vom Kegelsitz gelöst, die auf das gemessene Maß geschliffene Hülse eingesetzt und die Lagerung fertig montiert.

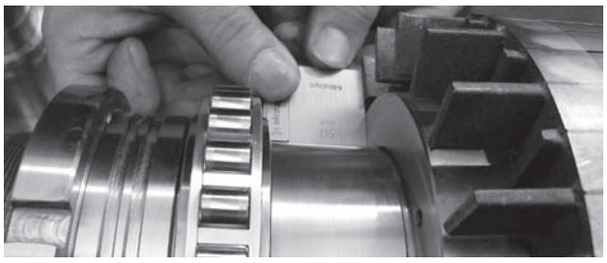


Bild 8.5: Spaltausmessen

- Aufwendiger und konservativer ist die mehrschrittige Vorgehensweise. Wie zuvor wird der Innenring zunächst allein auf den Kegelsitz aufgeschoben, jedoch nicht sehr fest. Der Abstand zwischen Wälzlagerinnenring und Wellenanlagebund wird gemessen und die Hülse entsprechend hergestellt. Die Messung des Hüllkreises bzw. des Laufbahndurchmessers erfolgt danach am montierten Innenring, der gegen die Hülse gespannt ist. Schrittweise wird die Hülse schmaler geschliffen und der Innenring jedesmal neu montiert. Bei jedem Schritt werden die Messungen protokolliert und das weitere Vorgehen entschieden. Dieses Verfahren erlaubt ein hohes Maß an Kontrolle und vermindert nachträgliche Setzungserscheinungen.

Im Folgenden ist das Mehrschrittverfahren beschrieben. Die einzelnen Schritte sind von 1 bis n nummeriert, was in der Indizierung dargestellt ist. Größen ohne Indexnummer gelten unabhängig von der Schrittnummer und sind unveränderlich innerhalb des Montagevorgangs.

Einstellung der radialen Lagerluft oder Vorspannung δ_r

Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden je nach den Anforderungen an die Wälzlagerung bei der Montage mit Spiel, spielfrei oder mit Vorspannung montiert. Je nach Einbauzustand werden unterschiedliche maximale Drehzahlen erreicht, die in Tabelle 8.2 zusammengestellt sind.

Montageluft/Vorspannung δ_r	erreichbare Drehzahl
Einreihige Zylinderrollenlager	
-5...0 [µm] (Vorspannung)	< 0,75 · n* (Fett)
0 [µm] (spielfrei)	0,75...1,0 · n* (Fett)
0...5 [µm] (Spiel)	1,00...1,1 · n* (Fett)
0...5 [µm] (Spiel)	1,00 · n* (Öl)
Zweireihige Zylinderrollenlager	
-5...0 [µm]	< 0,50 · n* (Fett)
$2 \cdot 10^{-5} \cdot d_m$ [mm] (Spiel)	0,50...0,75 · n* (Fett)
$4 \cdot 10^{-5} \cdot d_m$ [mm] (Spiel)	0,75...1,00 · n* (Fett)
$1 \cdot 10^{-5} \cdot d_m$ [mm] (Spiel)	1,00 · n* (Öl)
*Drehzahl siehe Lagertabellen $d_m = (d + D) / 2$	

Tabelle 8.2: Erreichbare Drehzahl für die jeweilige Spieleinstellung

Die exakte Spieleinstellung wird in mehreren Schritten erreicht. Zunächst wird das Passungsübermaß am Außenring ermittelt.

$$\Delta_{DAG} = \Delta_D - \Delta_{DG} \qquad [\mu m] \qquad [8.2]$$

Δ_{DAG}	Passungsübermaß Außenring/Gehäuse	[µm]
Δ_D	Abmaß Wälzlageraußendurchmesser	[µm]
Δ_{DG}	Abmaß Gehäusebohrung	[µm]

Mit Δ_G wird die Einschnürung des Außenrings bei dessen Montage berechnet.

$$\Delta_G = \Delta_{DAG} \cdot \frac{D_0}{D} \cdot \frac{1-(D/D_h)^2}{1-(D_0/D)^2 \cdot (D/D_h)^2} \qquad [\mu m] \qquad [8.3]$$

Δ_G	Einschnürung des Außenrings	[µm]
Δ_{DAG}	Passungsübermaß Außenring/Gehäuse	[µm]
D_0	Laufbahndurchmesser des Außenrings	[mm]
D	Außendurchmesser des Außenrings	[mm]
D_h	Außendurchmesser des Gehäuses	[mm]

Im ersten Montageschritt wird der Innenring des Hochpräzisions-Zylinderrollenlagers auf den kegeligen Teil der Welle aufgeschoben, sodass sich ein fester, aber noch gut lösbarer Sitz ergibt. Es ist zu kontrollieren, dass die Ringstirnseite parallel zur Anlagefläche bzw. rechtwinklig zur Wellenachse orientiert ist. Der Abstand A_1 zwischen Wälzlagerring und Anlagefläche ist exakt zu messen.

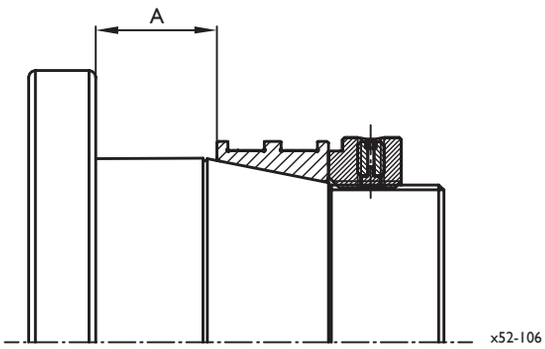


Bild 8.6: Abstandsmessung

Danach erfolgt die Montage des Wälzlageraußenrings unter Anwendung sehr geringer Montagekräfte und unter ständigem Drehen des Rings, um ein Verkanten oder die Bildung von Schürfmarken zu vermeiden. In dieser Montagesituation wird die bestehende radiale Lagerluft $\delta_{r,1}$ gemessen. Hierzu ist auf der Welle eine Messuhr befestigt und der Außenring des Wälzlagers wird in Messrichtung der Uhr bewegt.

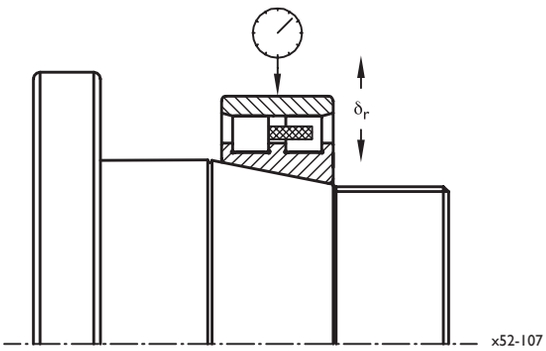


Bild 8.7: Messung der Lagerluft

Wird von der gemessenen radialen Lagerluft $\delta_{r,1}$ die gerechnete Einschnürung des Wälzlageraußenrings Δ_G abgezogen, so ergibt sich eine vorläufige radiale Lagerluft $\delta_{vr,1}$, wenn das Wälzlager vollständig im Gehäuse montiert wäre.

$$\delta_{vr,1} = \delta_{r,1} - \Delta_G \quad [\mu m] \quad [8.4]$$

$\delta_{vr,1}$	vorläufige radiale Lagerluft nach Komplettmontage im Schritt 1	[µm]
$\delta_{r,1}$	gemessene radiale Lagerluft in Schritt 1	[µm]
Δ_G	Einschnürung des Wälzlageraußenrings	[µm]

Die tatsächlich zu erzielende radiale Lagerluft $\delta_{r,n}$ wird erreicht, indem im letzten Arbeitsgang n eine Abstandshülse auf das Nennmaß A_n geschliffen wird, das den exakten Abstand und die Parallelität des Wälzlagerinnenrings zur Anlagefläche der Welle sicherstellt. Zur exakten Erzielung der geforderten radialen Lagerluft δ_r bzw. der geforderten Vorspannung muss in mehreren Schritten (1, 2, ..., n) vorgegangen werden, da das Nennmaß A_n nicht mit ausreichender Genauigkeit im ersten Schritt bestimmt werden kann. Im folgenden Schritt wird die Breite der Abstandshülse neu gerechnet. Dabei geht die Einschnürung der Welle unter Berücksichtigung des Hohlwellenverhältnisses mit ein.

$$d_d / d_k \quad \textbf{Hohlwellenverhältnis} \quad [8.5]$$

d_d	Bohrung der Hohlwelle	[mm]
d_k	Kegelsitzdurchmesser in der Kegelmitte	[mm]

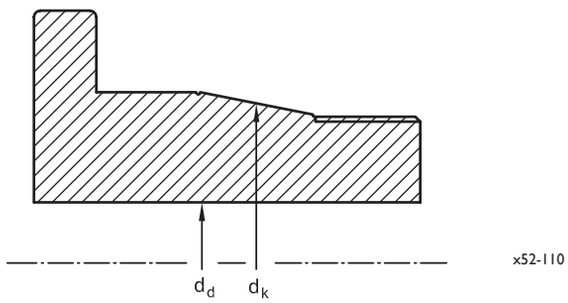


Bild 8.8: Hohlwellenverhältnis

Beim Aufschieben des Innenrings verringert sich das Radialspiel im Verhältnis 1:12 analog zur Breitenänderung der Abstandshülse (F_k = 12). Ist die Welle jedoch hohl, gibt sie elastisch nach und der Proportionalitätsfaktor F_k vergrößert sich.

d_d / d_k	F_k
0,0...0,1	12
0,1...0,2	13
0,2...0,3	14
0,3...0,4	15
0,4...0,5	16
0,5...0,6	17
0,6...0,7	18
0,7...0,8	19
0,8...0,9	20

Tabelle 8.3: Hohlwellenverhältnis und Proportionalitätsfaktor

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Anhaltswerte für ein ΔT bis 5 K zwischen Innen- und Außenring. Erfolgt der Einbau in Anwendungen mit hohen Temperaturschwankungen, bitten wir Sie, sich an unsere technischen Beratungsteams zu wenden.

Damit gilt für das neue Maß der Abstandshülsenbreite:

$$A_n = A_{n-1} + F_k \cdot (\delta_{r,n} - \delta_{r,n-1}) \quad [mm] \quad [8.6]$$

n	2, 3, 4, ... Arbeitsschritt	
A_n	Hülsenbreite	[mm]
A_1	Hülsenbreite im Arbeitsschritt 1	[mm]
F_k	Proportionalitätsfaktor	

Die in das Maß A_n geschliffene Abstandshülse wird erneut aufgelegt und der Innenring des Hochpräzisions-Zylinderrollenlagers so dagegen gespannt, dass die Hülse kraftschlüssig montiert ist. In dieser Lage wird die radiale Lagerluft $\delta_{r,2}$ gemessen.

Die gemessene radiale Lagerluft $\delta_{r,2}$ muss ebenfalls um die Einschnürung des Wälzlageraußenrings nach Gleichung 8.4 korrigiert werden, um $\delta_{vr,2}$ zu erhalten.

Diese Vorgehensweise ist konservativ und erfordert mehrere Schritte, bis die geforderte Lagerluft oder die geforderte Vorspannung erreicht ist. Dabei ist es hilfreich, die jeweils vorläufige Montagelagerluft δ_{vr} über der zugehörigen Abstandshülsenbreite A in einem Diagramm grafisch aufzutragen.

Das Diagramm zeigt dann die schrittweise Annäherung an die geforderte Lagerluft oder die Tendenz zur Erzielung der Vorspannung, wenn kurz vor dem Erreichen der geforderten Vorspannung keine Lagerluft mehr gemessen werden kann.

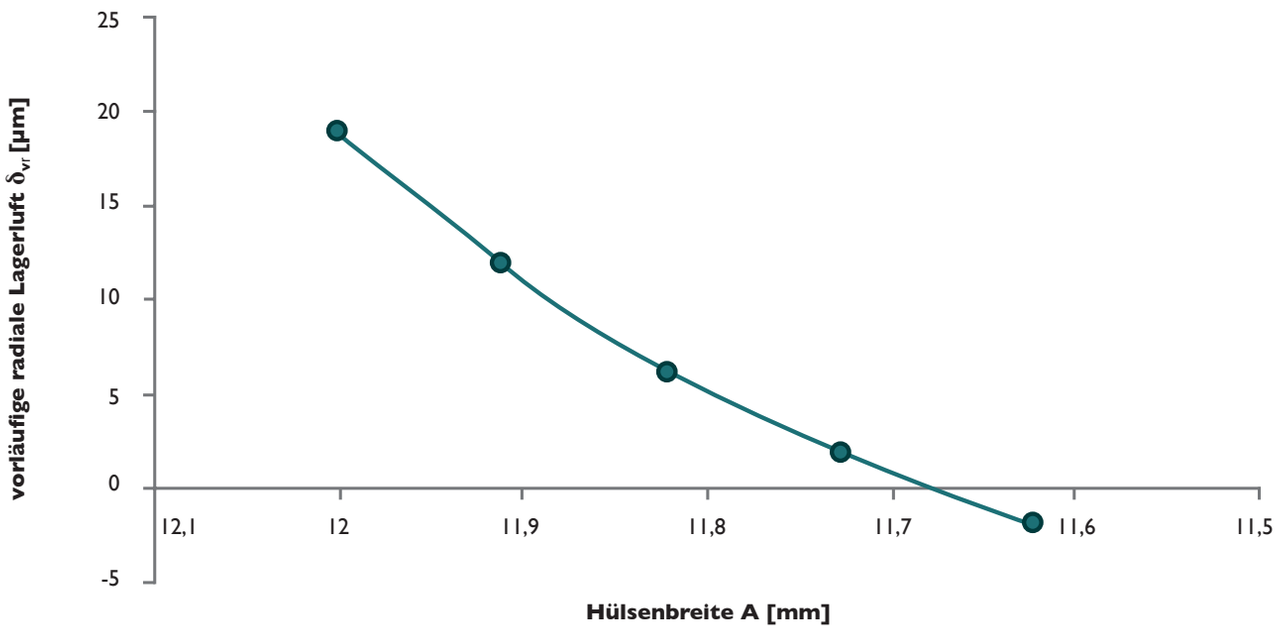


Diagramm 8.1: Erzielung einer Vorspannung in 5 Schritten

9. Werkstoffe

9. Werkstoffe

Wälzlagerwerkstoff 100Cr6

Wälzlagerringe und Wälzkörper werden aus vakuumentgastem, feinkörnigem Wälzlagerstahl 100Cr6 (1.3505) gefertigt. Seine Eigenschaften sind:

Härte	60...62 HRC
	650...710 HV
Dichte	7,83 g/cm^3
spezifische Wärmekapazität	0,47 kJ/(kg K)
Wärmeleitfähigkeit	46 W/(m K)
elektrischer Widerstandsbeiwert	22 µΩ cm
Wärmeausdehnungskoeffizient	12 · 10^{-6}/K
Elastizitätsmodul	208000 N/mm^2
Streckgrenze	1370 N/mm^2
Zugfestigkeit	1570 N/mm^2
Bruchdehnung	max. 0,5%
Poisson'sche Zahl	0,3

Wärmebehandlung

Die Wälzlagerringe aus 100Cr6 sind standardmäßig bis zu einer Gebrauchstemperatur von 150 °C maßstabil. Darüber hinaus sind für höhere Temperaturen höherwertige Wärmebehandlungen auf Anfrage möglich, sofern alle Komponenten für diese höhere Betriebstemperatur ausgelegt sind.

ChromoTec

IBC Hochpräzisions-Wälzlager aus der ChromoTec-Serie mit dem Vorsetzzeichen X weisen die volle Tragfähigkeit bei stark erhöhter Korrosionsbeständigkeit auf.

Härte	58...60 HRC
	630...690 HV
Dichte	7,67 g/cm^3
spezifische Wärmekapazität	0,50 kJ/(kg K)
Wärmeleitfähigkeit	14 W/(m K)
elektrischer Widerstandsbeiwert	60 µΩ cm
Wärmeausdehnungskoeffizient	10 · 10^{-6}/K
Elastizitätsmodul	213000 N/mm^2
Streckgrenze	2350 N/mm^2
Zugfestigkeit	2410 N/mm^2
Bruchdehnung	3%
Poisson'sche Zahl	0,3

Siliziumnitrid Si_3N_4

Die einzigartige Kombination aus extremer Härte, hoher mechanischer Festigkeit, Beständigkeit gegen Korrosion und Abrasion, geringer thermischer und elektrischer Leitfähigkeit und geringem spezifischen Gewicht prädestinieren Siliziumnitrid für die Anwendung in Wälzlagern. Hinzu kommt, dass Siliziumnitrid gegenüber Stahl eine verminderte Adhäsion aufweist und damit den Schmierstoff geringer beansprucht.

Selbst bei beginnender und weiter fortschreitender Schädigung des Wälzkörpers behält der keramische Werkstoff in den allermeisten Fällen seine Überrollfestigkeit.

Härte	1600 HV
Dichte	3,24 g/cm^3
Wärmeleitfähigkeit	25 W/(m K)
elektrischer Widerstandsbeiwert	10^{13} Ω cm
Wärmeausdehnungskoeffizient	3,4 · 10^{-6}/K
Elastizitätsmodul	300000 N/mm^2
Streckgrenze	1050 N/mm^2
Poisson'sche Zahl	0,27

Stähle für IBC-Wälzlagerringe

Vorsetzzeichen	Kurzname	Werkstoffnummer	USA	Japan	Härte (HRC)
-	100Cr6	1.3505	SAE52100	SUJ2	60-62
X	X 30 CrMoN 15 1	1.4108	AMS5898		58-60

Tabelle 9.1: Übersicht Wälzlagerstähle

Eigenschaften und Merkmale von Käfigen

Lagerkäfige erfüllen eine ganze Reihe unterschiedlicher Aufgaben in einem Wälzlager:

- Sie halten die Wälzkörper auf Abstand, verhindern deren gegenseitiges Berühren und vermindern so Reibung und hieraus entstehende Wärme.
- Sie sorgen für eine gleichmäßige Verteilung der Wälzkörper und damit für einen entsprechend ruhigen Lauf.
- Sie führen die Wälzkörper in der entlasteten Zone eines Wälzlagers und verbessern so die Abrollbedingungen, damit keine schädlichen Gleitbewegungen auftreten.

Hinzu kommen noch chemische Einflüsse: der Schmierstoff, dessen Additive, Alterungsprodukte daraus sowie Lösemittel und Kühlmittel beanspruchen die Käfigmaterialien. Es stehen daher ganz unterschiedliche Käfigmaterialien zu Verfügung.

Werkstoffe für Wälzlagerkäfige

In Abhängigkeit von Wälzlagertyp und -größe sind verschiedene Käfigausführungen lieferbar. In Lagerungsfällen mit hohen Betriebstemperaturen oder problematischen Betriebsbedingungen ist der Einsatz alternativer Käfige zu empfehlen. Sprechen Sie uns an, falls Sie für Ihre Anwendung einen besonderen Käfig benötigen.

T	**Hartgewebe/Phenolharzkäfig (Standard)**
P	**Polyamidkäfig PA6.6, glasfaserverstärkt**
M	**Messingkäfig**
PY	**PPS-Käfig**
K	**PEEK-Käfig, glasfaserverstärkt**
S	**Edelstahlkäfig**
G	**PTFE-Käfig**

Die beiden, im folgenden erstgenannten Käfigvarianten, stellen die optimalen Käfige für den Einsatz in Werkzeugmaschinen dar. Sie decken aufgrund ihrer Eigenschaften ein großes Anwendungsspektrum ab.

Hartgewebe/Phenolharz (T)

Das geringe spezifische Gewicht, ein geringer Reibungsbeiwert und die hohe Festigkeit des Materials ergeben die Eignung für höchste Drehzahlen in Verbindung mit einer nur geringen Wärmeentwicklung. Die maximale Betriebstemperatur ist auf 100 °C Dauereinsatztemperatur beschränkt.

Polyamid (P)

Polyamid wird ebenfalls glasfaserverstärkt eingesetzt und kombiniert geringes Gewicht mit guten Dämpfungs- und Gleiteigenschaften. Kennzeichnend für diese Variante ist ein verkürzter Einlauf bei Fettschmierung.

Messing (M)

Massivkäfige aus Messing sind äußerst haltbar und arbeiten zuverlässig unter schwierigsten Bedingungen. Sie eignen sich für Wälzlager mit höherer Wärmestabilisierung, die bei hohen Temperaturen eingesetzt werden.

PPS (Polyphenylensulfid) (PY)

Käfige aus PPS sind beständig gegen die meisten sauren, basischen und organischen Lösungen. Sie haben eine größere Festigkeit, Zähigkeit und Ermüdungsfestigkeit als herkömmliche Polyamid Käfigwerkstoffe. Die Temperaturbeständigkeit reicht bis 220 °C

PEEK (Polyetheretherketon) (K)

Dieses Material eignet sich glasfaserverstärkt für Betriebstemperaturen bis 200 °C. Bei eingeschränktem Temperaturbereich bis 150 °C sind sehr hohe Drehzahlen erreichbar.

Edelstahl (S)

Bei diesem Material steht die chemische Beständigkeit im Vordergrund. Edelstahlkäfige eignen sich ebenfalls für Wälzlager mit höherer Wärmestabilisierung.

PTFE (Polytetraflourethylen) (G)

Dieser Kunststoff ist chemisch und thermisch sehr beständig und hat einen sehr kleinen Reibungsbeiwert. Für höchste Drehzahlen ist dieses Käfigmaterial nicht geeignet. Die Temperaturbelastbarkeit reicht bis zu 250 °C.

Kunststoffkäfige aus glasfaserverstärktem Polyamid PA6.6 eignen sich für Betriebstemperaturen von –20 °C bis +120 °C, wobei der eingesetzte Schmierstoff die Gebrauchsdauer stark beeinflusst. Daher ist die chemische Beständigkeit des Käfigmaterials bei Verwendung von synthetischen Schmierfetten und -ölen mit EP-Zusätzen vorab zu prüfen. Ferner ist es möglich, dass bei höheren Temperaturen die Lebensdauer der Kunststoffkäfige bei Einsatz von gealterten Ölen sowie im Öl enthaltenen Additiven reduziert wird. Daher sind Ölwechselfristen unbedingt zu beachten. Beim Einsatz in der Nähe von Ammoniak oder Freon als Kühlmittel sollten Wälzlager mit einem Polyamidkäfig nicht angewendet werden.

Werkstoffe für Dichtungen

Abgedichtete Hochpräzisions-Schrägkugellager bieten die Vorteile großer Zuverlässigkeit und Sicherheit. Die Dichtung schützt das Wälzlager vor Verunreinigungen und verbessert dadurch die Lebensdauer sowohl des Schmierstoffes als auch des Gesamtsystems.

In Abhängigkeit der Betriebsbedingungen werden die verschiedenen Werkstoffe ausgewählt. Dabei hat sich als Standard der Werkstoff Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) hervorragend bewährt. Dieser Werkstoff weist gute Beständigkeiten gegenüber den folgenden Medien auf:

- den meisten Mineralölen und Schmierfetten auf Mineralölbasis,
- Normalbenzin, Dieselkraftstoffen und leichtem Heizöl,
- tierischen und pflanzlichen Ölen und Fetten,
- Wasser, Emulsionen von Wasser und den vorher genannten Medien.

Der Anwendungstemperaturbereich liegt zwischen -40 °C und +100 °C. Kurzfristig können auch höhere Temperaturen bis 120 °C realisiert werden.

Für Anwendungen, die besondere Anforderungen an den Dichtungswerkstoff stellen, setzen Sie sich bitte mit unserer Abteilung für Technische Anwendungen in Verbindung. So wurden auch schon Abdichtungen aus alternativen Werkstoffen wie Flour-Elastomeren (FPM), Polyacrylate (ACM) und Polytetraflourethylen (PTFE) realisiert.

10. IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit ATCoat-Beschichtung

10. IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit ATCoat-Beschichtung

Bild 10.1: ATCoat-beschichtetes Wälzlager

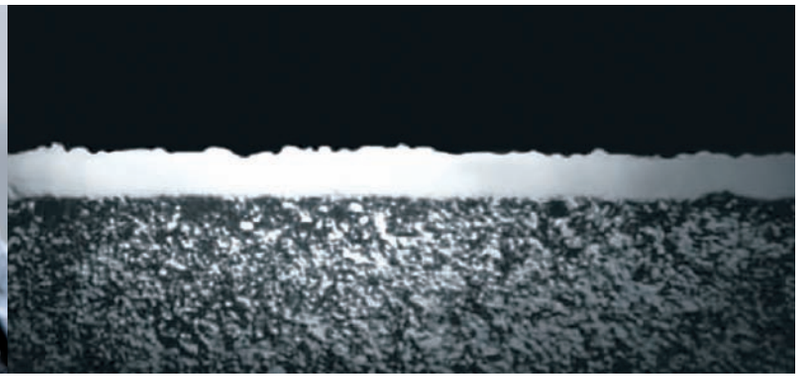


Bild 10.2: Querschnitt der ATCoat-Beschichtung

ATCoat-beschichtete Wälzlager

Die Materialoberfläche von Wälzlagern trägt in immer größerem Umfang zur Leistungsfähigkeit von Maschinen, Aggregaten und Anlagen bei. Äußere Einflüsse verändern sehr häufig die Oberflächenbeschaffenheit von Materialien oder greifen diese an. Durch die Vergütung der Materialoberfläche von Wälzlagern sind vielfältige Vorteile zu erzielen.

Die ATC-Dünnhartchrombeschichtung schützt Oberflächen vor äußeren Umwelteinflüssen und ermöglicht somit eine Gebrauchsdauererhöhung von Wälzlagern sowie eine Standzeitverlängerung von Maschinen und Anlagen. Diese Vorteile sind verbunden mit einer effektiven Materialnutzung und Energieeinsparung. Das ATCoat-Verfahren erlaubt die Kombination eines zähen Grundmaterials mit einer festhaftenden, sehr dünnen, präzisen und rissfreien Chromschicht. So bietet die ATCoat-Beschichtung bei gleicher Wälzlagerdimensionierung einen sehr guten Verschleiß- und Korrosionsschutz.

ATCoat-beschichtete Wälzlager stellen eine Alternative zu Wälzlagern aus rostarmem Stahl dar, es wird im Besonderen auf den Funktionsflächen ein vergleichbares Korrosionsverhalten erzielt. Die Schichtstärke von 2-4 µm mit kuppenförmiger Oberflächenstruktur zeigt unter extremen Bedingungen hervorragende Eigenschaften. Insbesondere in Verbindung mit keramischen Wälzkörpern werden durch die ATCoat-Beschichtung erhebliche Drehzahlsteigerungen bei geringeren Betriebstemperaturen ermöglicht. Ferner eröffnet die Vermeidung von Passungsrost an Loslagern, der durch die Mikroverschiebung der Wälzlageraußenringe bei Wärmeausdehnung oder Vibration entsteht, in vielen Fällen eine erheblich längere, störungsfreie Nutzung der Aggregate. Durch die besondere Topographie der Oberfläche werden die Notlaufeigenschaften der Wälzlager wesentlich verbessert. Zum Beispiel können bei einem Ausfall des Schmiersystems die Aggregate noch unter Teillast für eine gewisse Zeit weiterlaufen bzw. ordnungsgemäß heruntergefahren werden, Folgeschäden können somit begrenzt oder vermieden werden. IBC Hochpräzisions-Wälzlager mit ATCoat-Beschichtung werden daher häufig bei ungünstigen Schmierbedingungen eingesetzt.

Diese liegen unter anderem vor:

- wenn in bestimmter Umgebung gar nicht geschmiert werden kann,
- wenn nur mit dünnflüssigen Medien geschmiert werden kann, die keinen trennenden Schmierfilm erzeugen,
- wenn sehr niedrige Drehzahlen auftreten, wo sich kein elastohydrodynamischer Schmierfilm ausbilden kann,
- oszillierende Bewegungen wie Pendeln oder Schwenken erfolgen, ohne dass volle Umdrehungen erreicht werden und an den Umkehrpunkten ein trennender Schmierfilm nicht aufrecht erhalten wird,
- wenn Gleiten in entlasteten Wälzlagern entsteht,
- wenn Anschmierungen durch gleitende Wälzkörper während hoher Beschleunigungen oder Verzögerungen aufgrund des Beharrungsvermögens durch Massenträgheit in Verbindung mit ungenügender Vorspannung auftreten.

Funktionen der ATCoat-Beschichtung

Reibpartner	Haftreibwert (trocken) [μ_0]	Gleitreibwert (trocken) [μ]
Stahl/Stahl	0,25	0,18
Stahl/ATCoat	0,17	0,15
ATCoat/ATCoat	0,14	0,12

Tabelle 10.1: Reibbeiwerte

- Reduzierung der Reibung
- Bessere Haftung des Schmierfilms
- Trennung gleichartiger Materialien
- Reduzierung des Kaltverschweißens durch Adhäsion
- Reduzierung der Bildung von Passungsrost
- Sicherstellung der Gleiteigenschaft eines Wälzlagerringes gegenüber Welle oder Gehäuse (wichtig bei Loslagern)
- Korrosionsschutz nach außen und weitgehende chemische Beständigkeit gegenüber aggressiven Materialien oder Tribooxidation
- Verschleißschutz durch höhere Härte der Schicht: 72-78 HRC (1300-1400 HV)

Vorsatzzeichen ATCoat-beschichteter Wälzlager

AC-	Ringe ATCoat
ACC-	Ringe ATCoat + Wälzkörper Si_3N_4

Nachsetzzeichen ATCoat-beschichteter Wälzlager

A11	Innen- und Außenring beschichtet
A15	Innen- und Außenring beschichtet, Wälzkörper und Käfig rostarm
A21	Innenring beschichtet
A31	Außenring beschichtet

11. Schwingungsanalyse

11. Schwingungsanalyse

Jedes Wälzlager verursacht im Betrieb Geräusche. Je nach Einbausituation ist dieses Signal zugänglich und kann abgehört bzw. von technischen Messsystemen aufgenommen und ausgewertet werden.

Bereits das Ansteigen des Geräuschpegels kann auf einen beginnenden Wälzlagerschaden hindeuten. Zur genaueren Beurteilung werden die Stoßanregungsfrequenzen betrachtet, die bestimmten Teilen des Wälzlagers zuzuordnen sind, wenn Drehzahl und Wälzlagergeometrie exakt bekannt sind.

Bei umlaufendem Innenring lassen sich anhand der Gleichungen 11.1 bis 11.4 derartige Frequenzen berechnen. Die unten stehende Tabelle zeigt das beispielhaft.

Das Frequenzspektrum des Wälzlagergeräuschs ist ein kontinuierliches Klangfrequenzspektrum, mit mehr oder weniger stark ausgeprägten Spektrallinien. Ausgewertet wird dieses Klangfrequenzspektrum mit der Hüllkurvenanalyse, die die hörbaren Klangfrequenzen des Wälzlagers von den eigentlichen Stoßanregungsfrequenzen unterscheidet. Zeigt das Frequenzspektrum der Hüllkurve herausragende Intensitäten von Stoßanregungsfrequenzen, deutet das auf einen Wälzlagerschaden hin. (vgl. Tabelle 11.2)

$$\mathbf{WDFA} = \frac{n \cdot Z}{120} \cdot \left(1 - \frac{D_w}{D_{pw}} \cdot \cos\alpha\right) \quad [Hz] \quad [11.1]$$

$$\mathbf{WDFI} = \frac{n \cdot Z}{120} \cdot \left(1 + \frac{D_w}{D_{pw}} \cdot \cos\alpha\right) \quad [Hz] \quad [11.2]$$

$$\mathbf{WUF} = \frac{n}{120} \cdot \left(\frac{D_{pw}}{D_w} - \frac{D_w}{D_{pw}} \cdot \cos^2\alpha\right) \quad [Hz] \quad [11.3]$$

$$\mathbf{KUF} = \frac{n}{120} \cdot \left(1 - \frac{D_w}{D_{pw}} \cdot \cos\alpha\right) \quad [Hz] \quad [11.4]$$

WDFA	Wälzkörperdurchlauffrequenz Außenring	[Hz]
WDFI	Wälzkörperdurchlauffrequenz Innenring	[Hz]
WUF	Wälzkörperumlauffrequenz	[Hz]
KUF	Käfigumlauffrequenz	[Hz]
n	Betriebsdrehzahl des Innenrings	[min^{-1}]
Z	Anzahl der Wälzkörper	
D_w	Durchmesser der Wälzkörper	[mm]
D_{pw}	Teilkreisdurchmesser	[mm]
α	Berührungswinkel	[°]

	Schadensfrequenz CB 7207.C.T.P4A.UL Eingabe	
Berührungswinkel	**15**	α [°]
Betriebsdrehzahl	**1000**	n [min^{-1}]
Anzahl der Wälzkörper	**9**	Z [Stück]
Durchmesser der Wälzkörper	**11,112**	D_W [mm]
Teilkreisdurchmesser	**53,5**	D_{pw} [mm]

	Ausgabe in Hz	Ordnungszahl
Betriebsdrehfrequenz (n/60)	**16,667**	**1,0000**
Käfig (KUF)	**6,6025**	**0,3961**
Außenring (WDFA)	**59,422**	**3,5653**
Innenring (WDFI)	**90,578**	**5,4347**
Wälzkörper (WUF)	**76,782**	**4,6069**

Tabelle 11.1: Beispielrechenblatt für Wälzlagerfrequenzen

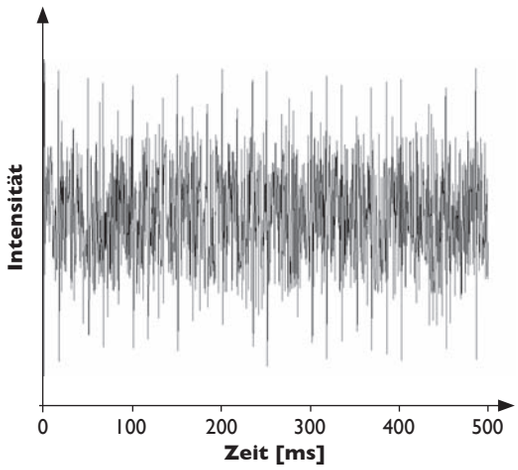


Bild 11.1: Periodisch wiederkehrende Impulse können auf einen Wälzlagerschaden hindeuten

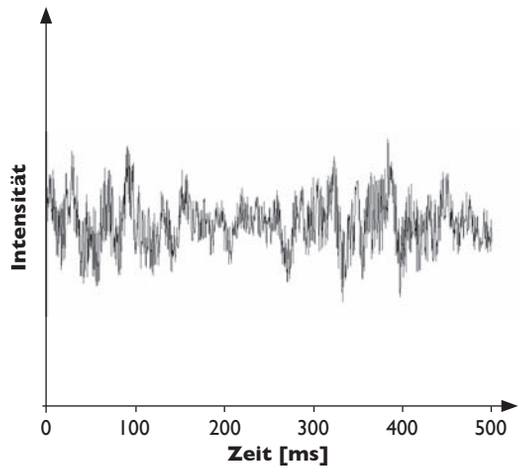


Bild 11.2: Strukturloses Rauschen beim intakten Wälzlager

Ursache	Dominierende Frequenz	Messrichtung der Schwingung	Bemerkung
Beschädigung des Wälzkörpers	WUF	radial	Die Stoßanregung durch beschädigte Wälzkörper erfolgt mit deren Umlauffrequenz. Am Rande ist auch die Käfigumlauffrequenz auffällig. Oberschwingungen sind oft stark vertreten.
Beschädigung des Käfigs	WUF, KUF	radial, axial	Ein beschädigter Käfig ergibt selten ein eindeutiges Signal. Auftretende Frequenzen sind oft variabel. Die WUF kann verschoben auftreten.
Beschädigung der Ringe	WDFA, WDFI	radial	Je nach dem Ort und der Lage der Beschädigung kann die WDFA oder die WDFI mehr oder weniger klar erkannt werden. Eine zeitliche Entwicklung der Signalintensität ist oft beobachtbar. Das Übergehen des Schadens auf die Wälzkörper kann anhand des Auftretens der WUF beobachtet werden.
Schmierung	unterschiedlich	radial, axial	Mangelhafte Schmierung kann ein hochfrequentes und breitbandiges, relativ starkes Signal verursachen. Nachschmierung vermindert das Signal. Signalstärke der Wälzlagerung auf erneuten Anstieg überwachen.
Unwucht des Rotors	n / 60	radial	Im Signal klar erkennbare Umlauffrequenz des Rotors. Markanter Bezugspunkt im Frequenzspektrum.
Fluchtungsfehler	n / 60, n / 120	radial, axial	Ein Signal aufgrund eines Fluchtungsfehlers ist bei ganzer oder halber Umlauffrequenz vorhanden, aber für die Feststellung des Fehlers nicht sehr aussagekräftig. Eine anderweitige Kontrolle ist daher notwendig.
Übermäßiges Spiel	n / 120	radial, axial	Ein erhöhtes Signal ist bei halber Umlauffrequenz beobachtbar, oft auch bei der ganzen Umlauffrequenz. Das Signal ist jedoch wenig charakteristisch. Eine zusätzliche Untersuchung der Wälzlagerung hinsichtlich Spiel ist notwendig.

Tabelle 11.2: Ursache und zugehörige Frequenzen

Checkliste Lagerspezifikationen

Betriebsbedingungen:

Belastung axial: _____ N

Belastung radial: _____ N

Belastungsart: ❑ statisch

❑ dynamisch

Drehzahl: _____ min^{-1}

Lasteinleitung: ❑ Innenring rotiert

_____ h

❑ Außenring rotiert

_____ h

❑ Last rotiert mit IR

❑ Last rotiert mit AR

❑ Lastrichtung fest

Einbaulage: ❑ vertikal

❑ horizontal

Temperatur: _____ °C

Umgebungsmedium: _____

Schmierung: _____

Lebensdauer bisher: _____

gewünschte: _____

Sonstiges (Lagerluft, Vorspannung etc.):

_____

_____

Umgebungsteile:

Welle:

Durchmesser: _____ mm

Toleranz: _____

Bohrung:

Durchmesser: _____ mm

Toleranz: _____

Bisher verwendetes Wälzlager:

Bezeichnung: _____

Hersteller: _____

Jahresbedarf: _____ Stk.

Bezug über: ❑ Direkt vom Hersteller _____

❑ Über Händler _____

Firma: _____

Ansprechpartner: _____

Telefon: _____

Datum u. Name: _____