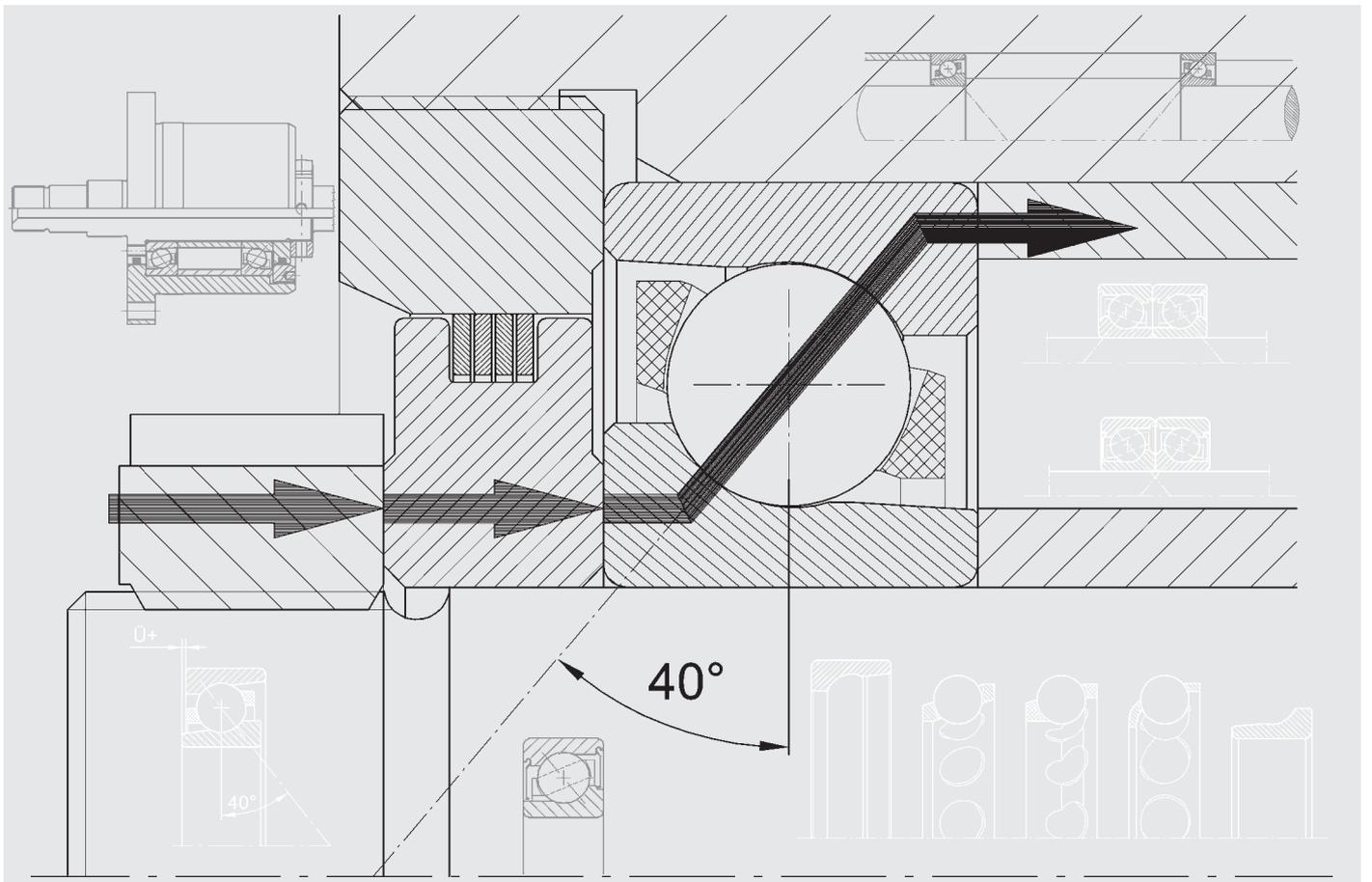


# IBC



## Schrägkugellager 40°

TI-I-4044.0 / D





Hauptsitz der IBC Wälzlager GmbH im Industriegebiet Solms-Oberbiel



## Der Standort mit Tradition

Der Hauptsitz in Solms-Oberbiel liegt verkehrsgünstig in der Mitte von Deutschland. Die unmittelbare Anbindung an die zentralen Nord/Süd und Ost/West Fernstraßen bilden nicht nur eine zentrale Lage für Deutschland, sondern auch für Europa. Die Nähe zum Flughafen Frankfurt a.M. verbindet uns weltweit.



## Flexibel und zuverlässig

Das Mitte 1996 errichtete zentral-computergesteuerte Hochregallager mit über 2000 Palettenabstellplätzen wird zur Lagerung von Halb- und Fertigfabrikaten sowie Großlagern genutzt. Es ergänzt das bisherige 2-stöckige computergesteuerte Service-Lager mit ebenfalls über 2500 Lagerplätzen.

Beide Lager-Systeme sichern zusammen mit unserem Versand-Zentrum ein Höchstmaß an präziser Logistik und weltweiter Lieferzuverlässigkeit.



Präzise Logistik sichert ein Höchstmaß an weltweiter Lieferzuverlässigkeit

Das Mitte 1996 errichtete zentral-computergesteuerte Hochregallager



## Präzision mit Zukunft . . .

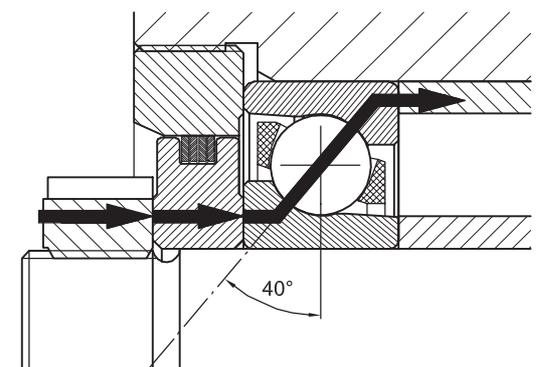
Wir sind zukunftsorientiert.  
Wir haben die Kreativität und die Visionen sie zu gestalten.

**Das ist unsere genaue Vorstellung zur Lösung mit Präzision.**



## Einreihige Schrägkugellager der Serie BE mit Berührungswinkel 40°

Um den unterschiedlichen technischen Anwendungen und Betriebsbedingungen gerecht zu werden, sind präzise Lösungen erforderlich. Nur ein umfangreiches Sortiment an Schrägkugellagern wird der Vielfalt von Anforderungen wie hohe Drehzahlen und Tragfähigkeit, präzise Laufgenauigkeit, Steifigkeit sowie kombinierte Radial- und Axialbelastung bei geringer Wärmeentwicklung gerecht. Einreihige 40°-Schrägkugellager nehmen neben Radialkräften auch axiale Belastungen in nur einer Richtung auf. (> Bild 44-101)



Kraftfluss im 40°-Schrägkugellager

44-101

Auch äußere rein radiale Belastungen lassen im Lager eine axiale Kraft entstehen, die durch ein weiteres Lager ausgeglichen werden muss. Hierzu werden meistens zwei Schrägkugellager gegeneinander angestellt.

Typische Anwendungen, mit kombinierter radialer und axialer Belastung, sind u. a. in Getrieben, Getriebemotoren, Gebläsen, Verdichtern, Schraubenkompressoren, Ventilatoren, Pumpen, Textilmaschinen, Druckmaschinen und der Förder-technik zu finden, bei denen eine spielfreie Wellenführung erreicht werden soll.

IBC Schrägkugellager zeichnen sich durch leisen Lauf, geringe Reibung, hohe Drehzahlen, lange Lebensdauer aus. Gerade der Einsatz in Pumpen oder Kompressoren verursachen in Schrägkugellagern kombinierte Belastungen bei hohen Drehzahlen unter ungünstigen Schmierbedingungen und häufig starken Verschmutzungen.

Die IBC 40°-Schrägkugellager der Ausführung BE, mit jeweils einer hohen und niedrigen Schulter an den Lagerringen, sind selbsthaltend. Durch größere Kugeln konnte die Tragfähigkeit gegenüber der ursprünglichen Ausführung B erhöht werden.

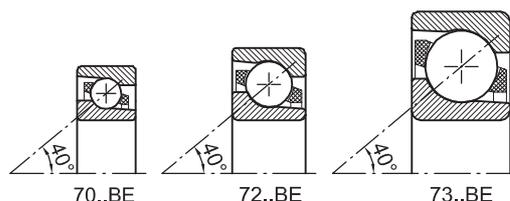
Mit der Größe des Berührungswinkels steigt die axiale Tragfähigkeit der Schrägkugellager. Der Berührungswinkel stellt den Winkel dar, der die Verbindungslinie der beiden Berührungspunkte zwischen Kugel und Laufbahnen mit der Radialebene einschließt und unter welchem die Belastung von einer Laufbahn auf die andere übertragen wird.

## Abmessungen

Die Hauptabmessungen der einreihigen IBC Schrägkugellager entsprechen DIN 616, ISO 15 und DIN 628, Teil 1.

## Baureihen

IBC Schrägkugellager stehen in einer Vielzahl von Ausführungen zur Verfügung. 70BE, 72BE, 73BE (>Bild 44-102) Weitere Varianten wie z. B. veränderte Vorspannungs- und Lagerluftwerte sind auf Anfrage lieferbar.



Querschnittsvergleich von 40°-Schrägkugellager

44-102

## Lagerwerkstoffe

Wälzlagering und Wälzkörper werden aus Wälzlagerstahl 100Cr6 (1.3505) entsprechend SAE52100 und SUJ2 gefertigt.

## Wärmebehandlung

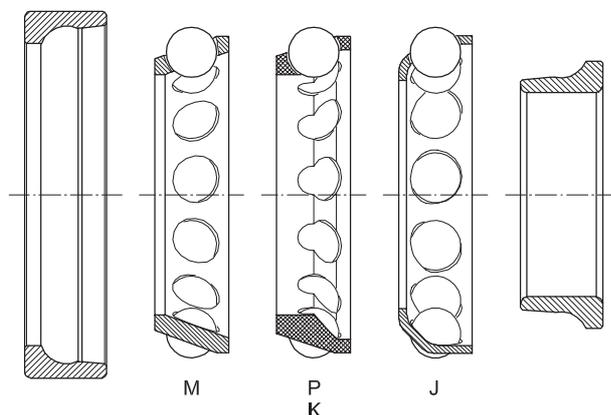
Die Lagerringe sind standardmäßig bis zu einer Gebrauchstemperatur von 130 °C maßstabil.

Darüber hinaus sind für höhere Temperaturen höherwertige Wärmebehandlungen auf Anfrage möglich.

## Käfige

Abhängig von Lagerausführung und Lagergröße sind verschiedene Käfigausführungen lieferbar:

- P** Massiv-Fensterkäfig PA6.6, glasfaserverstärkt, einsetzbar bis 120 °C
- M** Messingmassivkäfig
- J** Stahlblechkäfig
- K** PEEK-Käfig, glasfaserverstärkt, einsetzbar bis 200 °C, bei hohen Drehzahlen bis max. 150 °C



Käfigausführungen

44-103

## Hinweise:

Syntheseöle und -fette sowie darin enthaltende Additive können zu einer Reduzierung der Käfiggebrauchsdauer von Polyamidkäfigen führen.

Bei Temperaturen über 120 °C sind Stahlblech-, PEEK- oder Messingmassivkäfige einzusetzen.

Beim Einsatz in Ammoniak-Umgebung wie in Kältemaschinen sollten Lager mit Messingmassivkäfigen nicht angewandt werden.

## Abgedichtete Ausführungen

Einige Typen stehen auch beidseitig abgedichtet zur Verfügung.

Abgedichtete IBC Schrägkugellager werden standardmäßig mit einem bewährten Lithiumseifenfett mit mineralischem Grundöl geliefert.

Sonderfette werden mit Nachsetzzeichen gekennzeichnet.

Ein- und beidseitige Abdichtung kann mit Deckscheiben oder Dichtscheiben erfolgen.

Standarddichtscheiben (2RSZ) aus synthetischem Kautschuk (NBR) mit Stahlblecharmierung können im Temperaturbereich von -10 °C bis +120 °C verwendet werden.

Dichtscheiben mit Fluorkautschuk (Viton) sind auf Anfrage lieferbar.

## Gefettete offene Lager

Auch offene Lager können bereits werkseitig gefettet geliefert werden. Fette werden durch Nachsetzzeichen gekennzeichnet.

## Hybridlager

Lager mit keramischen Kugeln aus Siliziumnitrid  $\text{Si}_3\text{N}_4$  werden auch zur Stromisolierung eingesetzt.

Durch das geringe spezifische Gewicht keramischer Kugeln und der damit verbundenen geringeren Zentrifugalkräften sind Drehzahlsteigerungen um 35 % gegenüber Lagern mit Stahlkugeln möglich. Dabei wird die dynamische Tragzahl beibehalten, die statische reduziert sich auf 70 %.

## Beschichtete Wälzlager (Vorsatzzeichen AC)

Die ATCoat-Beschichtung bietet aufgrund ihrer festhaftenden, dünnen Chromschicht einen sehr guten Verschleiß- und Korrosionsschutz, sowie höhere Drehzahlen bei geringeren Arbeitstemperaturen. Durch die besondere Topographie der Oberfläche werden die Notlaufeigenschaften von Wälzlagern wesentlich verbessert. So werden IBC Schrägkugellager mit ATCoat-Beschichtung häufig bei ungünstigen Schmierbedingungen eingesetzt.

Ungünstige Schmierbedingungen 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 elasto-hydrodynamischer Schmierfilm ausbilden kann,
- wenn oszillierende Bewegungen, d. h. Pendeln oder Schwenken erfolgt, ohne dass volle Umdrehungen erfolgen, wobei an den Umkehrpunkten ein trennender Schmierfilm nicht aufrechterhalten wird
- wenn Gleiten in entlasteten Lagern entsteht

- wenn Anstreichungen durch gleitenden Kugelsatz durch abruptes Beschleunigen oder Abbremsen aufgrund des Beharrungsvermögens durch Massenträgheit und nicht genügender Vorspannung erfolgt.

Diese ATCoat-dünnhartchrombeschichteten Lager stellen weiterhin eine Alternative zu Lagern aus nichtrostendem Stahl dar. Die Schutzschicht in Verbindung mit keramischen Kugeln zeigt unter extremen Bedingungen vergleichsweise sehr gute Eigenschaften (Vorsatzzeichen ACC).

## Ausführungen

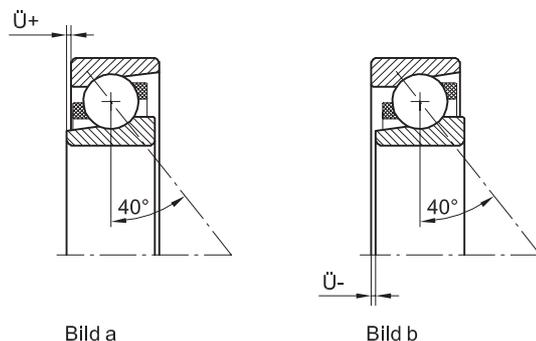
### 1) Einzellager

Einzellager kommen bei Lagerungen zum Einsatz, wo pro Lagerstelle jeweils nur ein Lager eingesetzt wird. Sie sitzen in einem gewissen Abstand. Das Einstellen einer Vorspannung oder Lagerspiels erfolgt mit einem definierten Anzugsmoment durch eine Spannmutter oder einen Flansch.

Bei solchen Lagerungen sind die einreihigen Schrägkugellager gegeneinander anzustellen, bis die erforderliche Vorspannung bzw. die gewünschte Lagerluft erzielt ist. Von hoher Bedeutung für die Funktionsfähigkeit der Lagerung ist das richtige Anstellen der beiden Einzellager. Ist dies nicht der Fall, kann es zu einer Reduzierung der Lebensdauer durch Entstehen von erhöhten Reibungsverlusten und damit verbundenen höheren Betriebstemperaturen kommen. Auch ist es möglich, dass Laufgeräusche entstehen oder Bewegungen zwischen Kugeln und Laufbahn auftreten, und dass Tragfähigkeit durch zu hohe Lagerluft der Einzellager nicht voll genutzt wird.

### 2) Universal-Lager für satzweisen Einbau

Einsatz findet satzweiser Einbau in Fällen in denen die Tragfähigkeit eines Lagers nicht ausreicht (Tandem-Anordnung) bzw. die Lagerung axiale Belastungen in beiden Richtungen aufnehmen muss (O- oder X-Anordnung). Die Universallager für satzweisen Einbau haben einen definiert eingeschlifften Überstand an den seitlichen Anlageflächen des Innen- und Außenringes. Dies erspart Passscheiben zum Abstimmen. (> Bild 44-104 a) mit positivem und b) mit negativem Spiel, das heißt mit Vorspannung)



44-104

Die Spiel- und Vorspannungsklassen können der (>Tabelle auf Seite 5) entnommen werden.

In der Reihenfolge der Buchstaben A, B, 0, L, M geht der definierte Bereich des axialen Spiels bis zu der Vorspannung über.

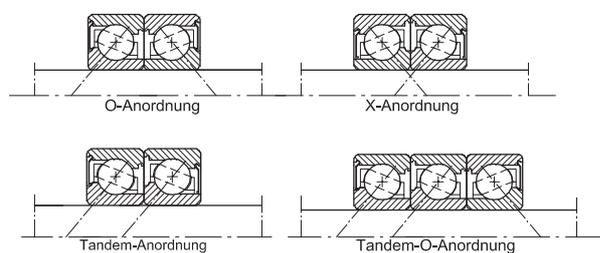
Die dargestellten Zahlen gelten für nicht eingebaute Lagersätze von zwei Lagern ohne Messlast.

Universell geschliffene Lager weisen diesen Überstand zu beiden Seiten auf und können daher beliebig in O-, X- oder Tandem-Anordnung eingesetzt werden.

## Anordnungen

Die Aufnahme von Axialbelastungen in beiden Richtungen, ermöglichen die O- und X-Anordnung. Durch die weit nach außen laufenden Berührungslinien eignet sich die O-Anordnung besser zur Aufnahme von Kippmomenten, wobei Lagersätze in dieser Anordnung eine relativ starre Lagerung ergeben. Im Gegensatz zur O-Anordnung laufen bei der X-Anordnung die Berührungslinien zur Trennungslinie der Lager hin zusammen. Die X-Anordnung ist in dieser Hinsicht weniger starr.

Bei überwiegender Belastung in einer Richtung können in dieser Richtung die Lager auch in Tandem angeordnet sein. Bei gelegentlichem Lastrichtungswechsel wäre allerdings ein Gegenlager erforderlich. (Siehe hierzu auch Abschnitt „Lagerluft und Lagervorspannung“.)



Lageranordnungen

44-105

## Schiefstellung

Schiefstellungen sind generell zu vermeiden. Je nach Anordnungen max. 2 Winkelminuten. Schiefstellungen führen zu einem gewissen Zwangslauf, was Laufgeräusche erhöht und die Lebensdauer reduziert. Dabei ist die X-Anordnung etwas weniger empfindlich als die O-Anordnung.

## Lagerluft und Lagervorspannung

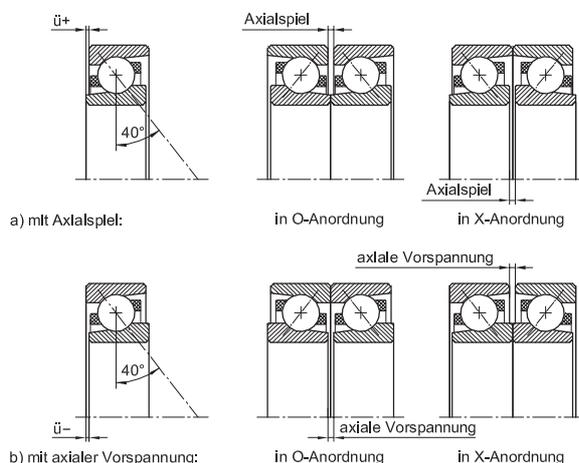
Idealerweise haben die Lager im Betrieb bei der vorgesehenen Drehzahl einer bestimmten Anwendung sehr geringe Vorspannung, um ein gleichmäßiges Abrollen der Wälzkörper zu erreichen. Einwandfreie Abrollverhältnisse liegen bei einem Lastverhältnis  $F_a/F_r > 1$  vor.

Das bedeutet meist, dass im kalten Zustand etwas Spiel vorgesehen wird, da im Betrieb die Innenringe sich stärker erwärmen als die Außenringe und hiermit Spiel aufgebraucht wird bzw. die Vorspannung erhöht wird.

Weiterhin wird durch Passungen von Welle und Gehäuse ebenfalls Lagerluft aufgebraucht. Bei zu großem Betriebsspiel wird die Tragfähigkeit der Lager nicht komplett genutzt.

Bei einseitiger Belastung von Lagern in O- oder X-Anordnung in nur einer Richtung sollten weitere Überlegungen angestellt werden:

Hierbei sollte das Gegenlager nicht zeitlich überwiegend entlastet werden, da im entlastetem Lager ungünstige Abrollverhältnisse der Kugeln entstehen können, was Einfluss auf Laufgeräusche, Schmierfilm, Käfigbelastung und Lebensdauer haben könnte. Hierbei sollte eine spielfreie oder leicht vorgespannte Lösung gewählt werden.



Lagersätze mit Axialspiel und axialer Vorspannung

44-200

Bohrungsdurchmesser		Reihe	UA		UB		UO		UL		UM	
über	bis		min.	max.								
			[µm]		[µm]		[µm]		[µm]		[µm]	
10	18	72	15	23	5	13	4	-4	-1	-6	-6	-12
		73	17	25	7	15	5	-4	-2	-7	-7	-13
18	30	70	15	23	5	13	3	-3	-2	-7	-7	-13
		72	18	26	7	15	4	-4	-2	-7	-7	-13
		73	20	28	9	17	5	-4	-3	-8	-8	-14
30	50	70	18	26	7	15	3	-3	-2	-7	-7	-13
		72	22	30	9	17	4	-4	-2	-7	-7	-13
		73	24	34	11	23	5	-4	-3	-8	-8	-14
50	80	72	26	38	11	23	5	-5	-2	-8	-8	-15
		73	29	42	14	26	6	-5	-3	-9	-9	-16
80	120	72	32	45	14	26	6	-6	-3	-9	-9	-16
		73	34	50	17	29	7	-6	-4	-10	-10	-17
120	180	72	35	48	17	29	6	-6	-3	-9	-9	-15
		73	40	55	20	32	7	-6	-4	-10	-10	-17
180	250	72	45	60	20	32	7	-7	-4	-10	-10	-17
		73	50	65	25	37	8	-7	-5	-11	-11	-18

Axiale Lagerluft, Vorspannung der IBC Schrägkugellager 40° (Lagerpaare)

44-200

## Passungen und Umlaufverhältnisse

Da die Passungen erheblich die Lagerluft bzw. die Vorspannungen beeinflussen, sollten nachfolgende Informationen beachtet werden. Zunächst sollte festgestellt werden, welche Lagerringe Umfangslast und welche Punktlast aufnehmen. Die Ringe mit Umfangslast benötigen einen festen Sitz, da die Ringe in Umfangsrichtung sonst wandern können. Bei den punktbelasteten Ringen ist dies weniger kritisch, weshalb diese in der Regel auch weniger fest eingespannt werden. Hierbei ist ein bestimmter Punkt des Ringumfangs immer mit der Last beaufschlagt. Je größer Stöße und Belastung werden, desto fester die Passung.

Schema Punktlast und Umfangslast (> Bild 40-300)

Innenring -	Außenring -
<p><b>Punktlast</b> Innenring steht still Lastrichtung unveränderlich</p>	<p><b>Umfangslast</b> Außenring rotiert Lastrichtung unveränderlich</p>
<p><b>Punktlast</b> Innenring rotiert Lastrichtung rotiert mit dem Innenring</p>	<p><b>Umfangslast</b> Außenring steht still Lastrichtung rotiert mit dem Innenring</p>
<p><b>Umfangslast</b> Innenring steht still Lastrichtung rotiert mit dem Außenring</p>	<p><b>Punktlast</b> Außenring rotiert Lastrichtung rotiert mit dem Außenring</p>
<p><b>Umfangslast</b> Innenring rotiert Lastrichtung unveränderlich</p>	<p><b>Punktlast</b> Außenring steht still Lastrichtung unveränderlich</p>

Punktlast und Umfangslast

40-300

Die leichteren Passungen gelten jeweils für geringe Belastungen bis  $0,08 \cdot C$ , die strammeren bei Werten darüber. Die durch feste Passungen und durch ein Temperaturgefälle von Innen- zu Außenring hervorgerufene Radial- und damit Axialluftverminderung ist bei der Wahl der Lagerluft zu berücksichtigen.

Genauigkeitsklasse	Innenring	Außenring	Welle			Gehäuse		
			PN, P6	P5	P4	PN, P6	P5	P4
Punktlast am IR	IR leicht verschiebbar	AR fest	g6	g5	g4	M7	M6	M5
Umfangslast am AR			h6	h5	h4			
Punktlast am AR	IR fest	AR leicht verschiebbar	j6,	js5,	js4,	H7	H6	H5
Umfangslast am IR			k6	k5	k4	J7	JS6	JS5
Unbestimmte Last						J7, K7	JS6, K6	JS5, K5

Passungen für Punkt- und Umfangslast

40-301

Die Passung sollte auf die gewünschte Lagerluft bei Betriebstemperatur abgestimmt sein, wobei bei Hohlwellen und dünnwandigen Gehäusen festere Passungen gewählt werden können.

**Radialluft** beträgt ca.  $0,85 \times$  Axialer Lagerluft.

## Reduzierung der radialen Lagerluft durch Passungen und Betriebsbedingungen

Die radiale Lagerluft wird auf folgende Anhaltswerte reduziert:

$$S_{\text{reff}} = S_o - (S_{\dot{u}} + S_T) \quad [\text{mm}] \quad [1.0]$$

$S_{\text{reff}}$  effektives radiales Betriebsspiel  
 $S_o$  Lagerluft vor dem Einbau  
 $S_{\dot{u}}$  durch Passungsübermaß reduzierte Luft  
 $S_T$  durch Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenring verminderte Luft

Nach der Montage tritt folgendes Spiel auf:

$$S_m = S_o - S_{\dot{u}} \quad [1.1]$$

$$S_{\dot{u}} = \ddot{U}_i \cdot f_i + \ddot{U}_a \cdot f_a \quad [\text{mm}] \quad [1.2]$$

$\ddot{U}$  Übermaß Innenring  
 $\ddot{U}_a$  Übermaß Außenring  
 $f$  Reduktionsfaktor Innenring  
 $f_a$  Reduktionsfaktor Außenring

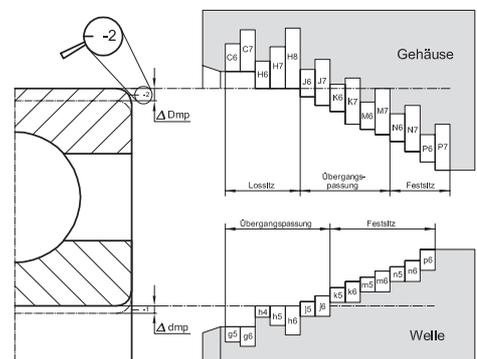
## Richtwerte:

$f_i$	Vollwelle	0,8
$f_a$	Stahl- oder Gussgehäuse	0,7
$f_i$	Hohlwelle	0,6
$f_a$	Leichtmetallgehäuse	0,5

$f_i$  und  $f_a$  sind abhängig von Rauigkeiten und von den Querschnittsverhältnissen der Lagerringe bzw. der Durchmesser-Verhältnisse der Hohlwelle bzw. dünnwandiger Gehäuse. Wegen der begrenzten Wärmeabgabemöglichkeit durch geringere Fläche und häufigeren Überrollens durch Wälzkörper stellt sich während des Betriebes normalerweise ein Temperaturunterschied von Innen- zu Außenring von ca.  $5-10 \text{ }^\circ\text{C}$  ein. Bei Durchführung heißer oder kalter Medien wird der Wert verändert.

$$S_T = \alpha \Delta_T d_m \quad [\text{mm}] \quad [1.3]$$

$\alpha$  Ausdehnungswert bei Wälzlagerstahl  $12 \cdot 10^{-6}/\text{K}$   
 $\Delta_T$  Temperaturdifferenz Innen- zu Außenring  
 $d_m$  mittlerer Lagerdurchmesser



Allgemeine Passungen

40-302

## Toleranzen 40°-Schrägkugellager

	Innenring [mm]	Genauigkeit	Ø 2,5	10	18	30	50	80	120	150	180	250
			bis 10	18	30	50	80	120	150	180	250	315
$\Delta_{dmp}$	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene	PN	-8	-8	-10	-12	-15	-20	-25	-25	-30	-35
		P6	-7	-7	-8	-10	-12	-15	-18	-18	-22	-25
		P5	-5	-5	-6	-8	-9	-10	-13	-13	-15	-18
		P4	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-15
$K_{ia}$	Rundlauf des Innenrings am zusammengebauten Lager	PN	10	10	13	15	20	25	30	30	40	50
		P6	6	7	8	10	10	13	18	18	20	25
		P5	4	4	4	5	5	6	8	8	10	13
		P4	2,5	2,5	3	4	4	5	6	6	8	-
$S_d$	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Bohrung	P5	7	7	8	8	8	9	10	10	11	13
		P4	3	3	4	4	5	5	6	6	7	-
$S_{ia}$	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Innenringes am zusammengebauten Lager	P5	7	7	8	8	8	9	10	10	13	15
		P4	3	3	4	4	5	5	7	7	8	-
$\Delta_{Bs}$	Abweichung einer einzelnen Innenringbreite universell paarbare Lager	PN, P6	-120	-120	-120	-120	-150	-200	-250	-250	-300	350
		P5, P4	-40	-80	-100	-120	-150	-200	-250	-250	-300	350
		PN, P6, P5, P4	-250	-250	-250	-250	-250	-380	-380	-380	-500	-500
$V_{Bs}$	Schwankung der Innenringbreite	P6	15	20	20	20	25	25	30	30	30	35
		P5	5	5	5	5	6	7	8	8	10	13
		P4	2,5	2,5	2,5	3	4	4	5	5	6	-

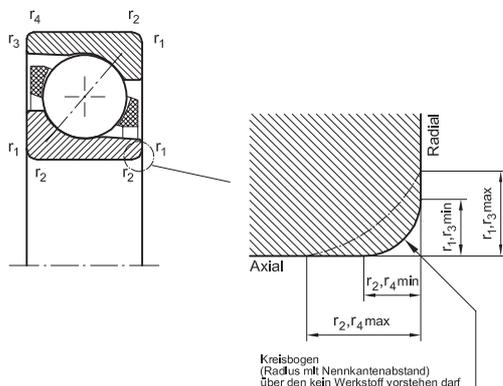
	Außenring [mm]	Genauigkeit	Ø 18	30	50	80	120	150	180	250	315	400	500
			bis 30	50	80	120	150	180	250	315	400	500	630
$\Delta_{dmp}$	max. Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene	PN	-9	-11	-13	-15	-18	-25	-30	-35	-40	-45	-50
		P6	-8	-9	-11	-13	-15	-18	-20	-25	-28	-33	-38
		P5	-6	-7	-9	-10	-11	-13	-15	-18	-20	-23	-28
		P4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-18	-22
$K_{ea}$	Rundlauf des Außenrings am zusammengebauten Lager	PN	15	20	25	35	40	45	50	60	70	80	100
		P6	9	10	13	18	20	23	25	30	35	-	-
		P5	6	7	8	10	11	13	15	18	20	-	-
		P4	4	5	5	6	7	8	10	11	13	-	-
$S_D$	Schwankung der Neigung der Mantellinie, bezogen auf die Bezugsseitenfläche	P5	8	8	8	9	10	10	11	13	13	-	-
		P4	4	4	4	5	5	5	7	8	10	-	-
$S_{ea}$	Planlauf der Stirnseite bezogen auf die Laufbahn des Außenringes am zusammengebauten Lager	P5	8	8	10	11	13	14	15	18	20	-	-
		P4	5	5	5	6	7	8	10	10	13	-	-

Die Breittoleranzen des Außenringes ( $\Delta C_s$ ,  $V_{C_s}$ ) entsprechen denen des Innenringes ( $\Delta B_s$ ,  $V_{B_s}$ ).  
Die Gesamtbreittoleranz eines Lagersatzes ergibt sich aus der Summe der Einzeltoleranzen.

Werte in  $\mu m$

### Toleranzen

Neben der serienmäßigen Normaltoleranz PN stehen die Bau-reihen auch in den höheren Toleranzklassen P6 und P5 zur Verfügung. Lager in P4 können auf Anfrage gefertigt werden. Standardausführungen sind: P6.UA, P5.UA, P5.UL



Nennkanten-abstand $r_{min}, r_{12}, r_{34}$ mm	Lagerbohrung d		Toleranz der Kantenabstände			
	über mm	bis mm	Radial $r_1, r_3$		Axial $r_2, r_4$	
			min mm	max mm	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

Toleranzen der Kantenabstände nach DIN 620, Teil 6

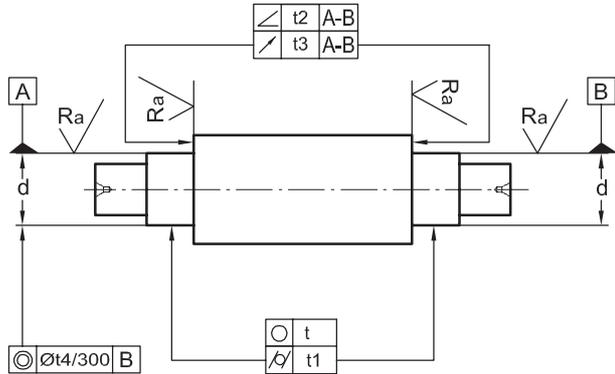
44-304

Tabelle Kantenabstände

40-304

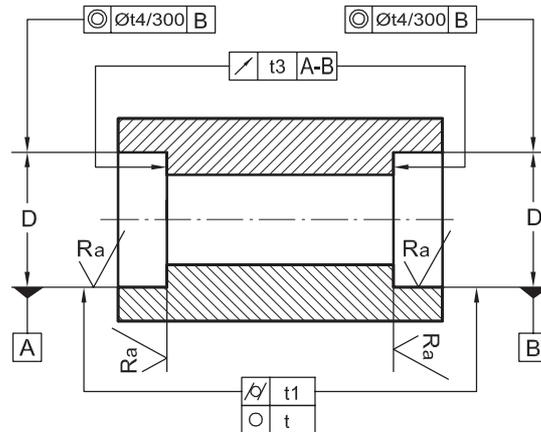
## Toleranzen der Anschlussbauteile für 40° Schrägkugellager

Formgenauigkeit für Wellen



40-305

Formgenauigkeit für Gehäuse



40-307

Eigenschaft	Toleranzsymbol	Toleranzwert	Zulässige Formabweichungen Toleranzreihe/Rauheitsklasse Lager der Toleranzklassen			
			PN	P6	P5	P4
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
Konzentrität	◎	t4	IT6	IT6	IT5	IT4
Rauheit Ra						
d ≤ 80 mm		–	N6	N5	N4	N4
d > 80 mm		–	N7	N6	N5	N5

Formgenauigkeit für Wellen

40-306

Eigenschaft	Toleranzsymbol	Toleranzwert	Zulässige Formabweichungen Toleranzreihe/Rauheitsklasse Lager der Toleranzklassen			
			PN	P6	P5	P4
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
Konzentrität	◎	t4	IT7	IT6	IT5	IT4
Rauheit Ra						
D ≤ 80 mm		–	N6	N6	N5	N5
80 < D ≤ 250		–	N7	N7	N6	N6
D < 250 mm		–	N7	N7	N7	N7

Formgenauigkeit für Gehäuse

40-308

ISO Grundtoleranzen nach DIN 7151									
Durchmesser Nennmaß		Toleranzreihe							
über	bis	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	28
18	30	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21
30	50	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25
50	80	1,2	2	3	5	8	13	19	30
80	120	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35
120	180	2	3,5	5	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

Grundtoleranzen nach DIN 7151

40-309

### Gestaltung der Anschlusssteile

Die Lage- und Formgenauigkeiten der Anschlusssteile sind auf die Anforderungen an die Anwendung und damit die Genauigkeit der Lager abzustimmen. (> Bild 44-305, Bild 44-307)  
Die Wälzlager mit ihren relativ schlanken Ringen passen sich den Formabweichungen von Welle und Gehäuse an.  
Die gewählten Passungen hängen von den Umlaufverhältnissen der betrachteten Lagerringe im Verhältnis zur Lastrichtung ab (> Bild 40-300, 40-301, 40-302, S. 6).

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

Rauhigkeit Ra der axialen Anlagebunde der Spindel, im Gehäuse und von Zwischenringen: N6 = 0,8 µm

Rauheitswerte

40-310

## Lagergestaltung

### Bestimmung der Lagergröße

Nach DIN ISO 281 ergibt sich die nominelle Lebensdauer  $L_{10}$  aus dem Verhältnis der äquivalenten dynamischen Lagerbelastung  $P$  zur dynamischen Tragzahl  $C$ :

( $L_{10}$  bedeutet, dass 90 % der Lager diese Zeit erreichen; 10 % können ausfallen.)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \quad [\text{h}] \quad [2.0]$$

Drehzahl  $n$  [min]

Äquivalente dynamische Lagerbelastung  $P$

Bei Einbau als Einzellager oder Tandemlager gelten:

$$P = F_r \quad \text{wenn } F_a/F_r < 1,14 \quad [2.1]$$

$$P = 0,35 F_r + 0,57 F_a \quad \text{wenn } F_a/F_r > 1,14 \quad [2.2]$$

Dynamische Tragzahl  $C$  von zwei Einzellagern in Tandem-Anordnung beträgt  $C_{\text{Einzellager}} \times 1,62$ .

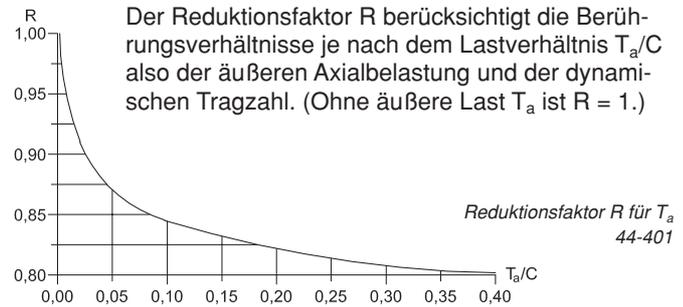
### Ermittlung der Axialkraft bei Einzellagern und Lagern in Tandem-Anordnung

Da die radial anliegenden Kräfte eine axiale Komponente erzeugen, ist bei der bereits erwähnten Lebensdauerberechnung aus Bild 44-400 nach dem Schema die Axiallast zu ermitteln: (Diese Formeln gelten unter der Voraussetzung, dass die Lager im Betriebszustand spielfrei und ohne Vorspannung sind):

Lageranordnung	Lastfall	Axiale Kraft $F_{aA}$	Axiale Kraft $F_{aB}$	
O-Anordnung	Fall A1	$F_{rA} \geq F_{rB}$	$F_{aA} = R \times F_{rA}$	$F_{aB} = F_{aA} + T_a$
		$T_a \geq 0$		
	Fall A2	$F_{rA} < F_{rB}$	$F_{aA} = R \times F_{rA}$	$F_{aB} = F_{aA} + T_a$
		$T_a \geq R \times (F_{rB} - F_{rA})$		
X-Anordnung	Fall A3	$F_{rA} < F_{rB}$	$F_{aA} = F_{aB} - T_a$	$F_{aB} = R \times F_{rB}$
		$T_a < R \times (F_{rB} - F_{rA})$		
	Fall B1	$F_{rA} \leq F_{rB}$	$F_{aA} = F_{aB} + T_a$	$F_{aB} = R \times F_{rB}$
		$T_a \geq 0$		
O-Anordnung	Fall B2	$F_{rA} > F_{rB}$	$F_{aA} = F_{aB} + T_a$	$F_{aB} = R \times F_{rB}$
		$T_a \geq R \times (F_{rA} - F_{rB})$		
	Fall B3	$F_{rA} > F_{rB}$	$F_{aA} = R \times F_{rA}$	$F_{aB} = F_{aA} - T_a$
		$T_a \geq R \times (F_{rA} - F_{rB})$		

Axialkräfte bei zwei Schrägkugellagern und/oder Paaren in X-, O- oder in Tandem-Anordnung

44-400



Bei Lagerpaaren in O- oder X-Anordnung gelten:

$$P = F_r + 0,55 F_a \quad \text{wenn } F_a/F_r < 1,14 \quad [2.3]$$

$$P = 0,57 F_r + 0,93 F_a \quad \text{wenn } F_a/F_r > 1,14 \quad [2.4]$$

( $F_a$  und  $F_r$  wirken auf das Lagerpaar.)

### Erweiterte Lebensdauerberechnung $L_{na}$

In der sogenannten erweiterten Lebensdauerberechnung  $L_{na}$  werden die Sicherheitsbedürfnisse, modifizierten Betriebsbedingungen durch veränderte Werkstoffe und die besonderen Schmierverhältnisse insbesondere dem Grad der Verunreinigung näher berücksichtigt.

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 L_{10} \quad [\text{h}] \quad [2.5]$$

$$\begin{aligned} a_1 & \text{ Erlebenswahrscheinlichkeit} \\ a_2 & \text{ werkstoffbedingter Beiwert } a_2 = a_{2b} \cdot a_{2s} \cdot a_{2w} \\ a_3 & \text{ Betriebsbedingungen} \end{aligned} \quad [2.6]$$

## Erlebenswahrscheinlichkeit $a_1$

Erlebenswahrscheinlichkeit %	$L_{na}$	$a_1$
90	$L_{10a}$	1
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

## Lebensdauerbeiwerte besonderer werkstoffbedingter Lagerausführung $a_2$

Bei der Verwendung hochwertiger Wälzlagerstähle wie 100Cr6 (1.3505) wird der Lebensdauerbeiwert  $a_2$  üblicherweise mit 1 angesetzt.

Oberflächenbeschichtungen, Wärmestabilisierung des Stahles und der Einsatz keramischer Wälzkörper (Silizium-Nitrid) verändern den Beiwert  $a_2$  jedoch.

Die Erweiterung um die Einzelfaktoren  $a_{2b}$ ,  $a_{2s}$  und  $a_{2w}$  ist deshalb zweckmäßig. Siehe [2.6].

$$a_2 = a_{2b} a_{2s} a_{2w} \quad [2.7]$$

## Werkstoffbedingte Beiwerte $a_2$

Ringwerkstoff	$a_{2b}$	Wärmestabilisierung	$a_{2s}$	Wälzkörperwerkstoff	$a_{2w}$
100Cr6	1	150 °C	1	100Cr6	1
unbeschichtet	1	200 °C	0,75	$Si_3N_4$	2
IR ATCoat	1,25	250 °C	0,45	Kugeln	2
AR ATCoat	1,2				
IR + AR ATCoat	1,5				

## Lebensdauerbeiwert $a_3$

Betriebsbedingungen, wie die Angemessenheit der Schmierung bei Betriebsdrehzahl und -temperatur, absolute Sauberkeit an der Schmierstelle oder das Vorhandensein von Fremdkörpern beeinflussen die Lebensdauer.

Der Betriebsfaktor  $a_3$  setzt sich zusammen aus dem Stahltemperaturbeiwert  $a_{3ts}$  (sofern er nicht schon als Wärmestabilisationsfaktor  $a_{2s}$  berücksichtigt wurde, dann  $a_{3ts} = 1$  ebenso bis 150 °C) und dem Faktor  $a_{3vi}$ , welcher die Viskosität bei Betriebstemperatur und Verunreinigung berücksichtigt.

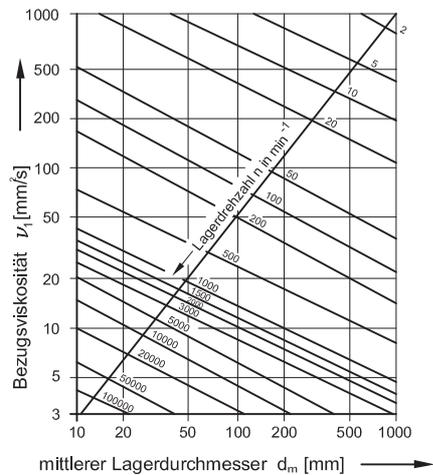
$$a_3 = a_{3ts} \cdot a_{3vi} \quad [2.7]$$

$a_{3ts}$  Stahltemperaturbeiwert (bis 150°C)  
 $a_{3vi}$  Viskositätsbeiwert

Darüber hinaus sollte die Fettlebensdauer mit der später errechneten Lagerlebensdauer  $L_{na}$  verglichen werden.

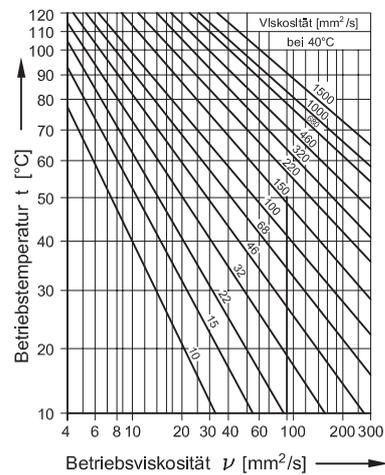
## Bestimmung des Lebensdauerbeiwertes $a_{3vi}$ in dem Bild 40-503 mittels dem Viskositätsverhältnis $\kappa$

Zunächst wird die Bezugsviskosität  $v_1$  in Abhängigkeit der Drehzahl und des mittleren Lagerdurchmessers aus dem Diagramm Bild 40-501 und dann die tatsächliche Viskosität  $v$  bei Betriebstemperatur aus Diagramm Bild 40-502 ermittelt und zueinander ins Verhältnis gesetzt, um den  $\kappa$ -Wert zu erhalten.  $\kappa = v/v_1$ .



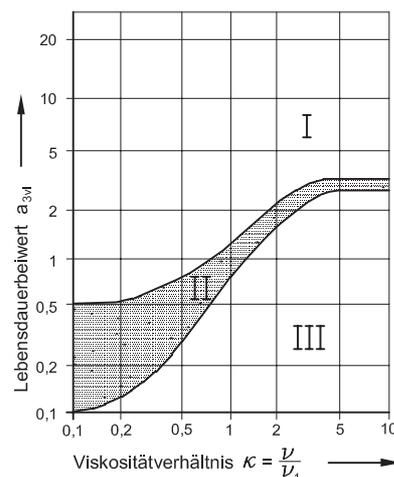
Erforderliche kinematische Viskosität  $v_1$

40-501



Viskosität bei Betriebstemperatur für Mineralöle

40-502



Streubandkurve  $\kappa$

40-503

Bei Schmierstoffen, deren Dichte von  $\varphi_{..} = 0,9 \text{ g/cm}^3$  (Mineralöl) abweicht, muss  $\kappa$  durch Multiplikation mit dem Dichteverhältnis  $\varphi/0,9 \text{ g/cm}^3$  korrigiert werden (betrifft insbesondere Hochtemperaturfette)

Mit dem  $\kappa$ -Wert lässt sich anhand der Streubandkurve in Bild 40-503 der Lebensdauerbeiwert  $a_{3vi}$  ermitteln. Die durchgezogene Kurve gilt für normale Betriebsbedingungen und normale Sauberkeit des Schmierstoffes. Höhere Werte innerhalb des Streubandes können durch geeignete Additive im Bereich  $\kappa < 1$  erzielt werden. Durch besondere Zusätze wie Feststoff-Wirkstoffe, polare Wirkstoffe und Polymer-Wirkstoffe wird der Verschleiß reduziert, der Korrosion entgegengewirkt, Reibung gemindert und die Adhäsion von Schmierstoff in den Schmier-spalten verbessert. Niedrige Belastungen, hohe Sauberkeit und geeignete Additive erlauben insbesondere bei  $\kappa$ -Werten  $> 1$  auch  $a_{3vi}$ -Faktoren im Bereich I.

$a_3$ -Werte  $< 1$  sollten eingesetzt werden, wenn die Viskosität des Schmierstoffes auf Mineralölbasis bei Betriebstemperatur bei Kugellagen  $< 13 \text{ mm}^2/\text{s}$  beträgt und wenn der Drehzahlkennwert  $n d_m < 10\,000 \text{ mm}/\text{min}$  und damit relativ niedrig ist.

### Der Einfluss der Sauberkeit im Schmierspalt auf die Größe des $a_{3vi}$ -Wertes:

Im Verhältnis zur Lagergröße werden Grenzwerte über die maximale Größe der überrollten Partikel mit einer Härte  $> 50 \text{ HRC}$  für Punkt- und Linienberührung festgelegt. Nach ISO 4406 sind Ölrückhalteklassen und nach ISO 4572 entsprechende Filterrückhalteraten definiert (z. B.  $\beta_6 > 75$  besagt, dass von 75 Partikeln  $> 6 \mu\text{m}$  nur ein Partikel den Filter passieren darf). Gestaffelt nach mittleren Lagerdurchmesser  $d_m$  werden für 5 Reinheitsgrade die Ölrückhaltegrade und zugehörige Filterrückhalteraten bestimmt. Zu Bedenken ist hierbei, dass einmal größere Filter als  $\beta_{25} > 75$  wegen der Lebensdauer im allgemeinen nicht verwendet werden sollten. Bei den besonderen Anforderungen an die Laufgenauigkeit von Präzisionsspindeln ist ein  $5 \mu\text{m}$  großes Staubkorn einer Härte  $> 50 \text{ HRC}$  für spezielle Anwendungen schon zuviel. Hier sollte generell mit höchstem Reinheitsgrad gearbeitet werden.

Erreichbare  $a_{3vi}$ -Werte in Bild 40-503:

- $> 1$  optimale Bedingungen: keine Fremdkörper, Fett durch kleinstmögliche Filter (geräuschgeprüfte Fette), höchster Ölrückhaltegrad
- 0,8 hohe Sauberkeit bei Lagern mit Dichtscheibe oder Deckel, mittlere Ölrückhaltegrade
- 0,1–0,5 nicht abgedichtete Lager mit Standardfett, wo Verunreinigungen und Feuchtigkeit eindringen können oder ungefiltertes Öl im Umlauf ist.

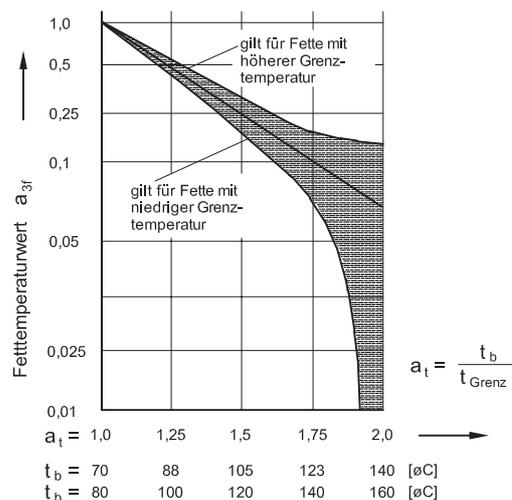
### Fettlebensdauer

Bei hohen Betriebstemperaturen über  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  infolge von Eigen- oder Fremderwärmung bestimmt möglicherweise die Fettlebensdauer die Gesamtlebensdauer der Lagerung. Es gilt separat die Lagerlebensdauer mit der Fettlebensdauer zu vergleichen. Hierzu sollte das Diagramm nach Bild 40-504, das Beispiel nach Bild 40-505 und Diagramm Bild 40-506 beachtet werden.

Die Fettgebrauchsdauer überschlägig nach Diagramm Bild 40-506 ermittelt, nimmt mit dem Fetttemperaturbeiwert  $a_{3f}$  nach Bild 40-504 ab. Weitere Fett-Lebensdauer-Reduktionsfaktoren ergeben sich gegebenenfalls durch die auf Seite 12 in [2.14] aufgeführten Faktoren und weiterhin noch durch eine Luftströmung durchs Lager von 0,1 ... 0,7. Ein Vergleich  $L_{\text{naLager}}$  und  $L_{\text{hFett}}$  lässt eventuell ein Neubefetten nach der Fettlebensdauer als sinnvoll erscheinen.

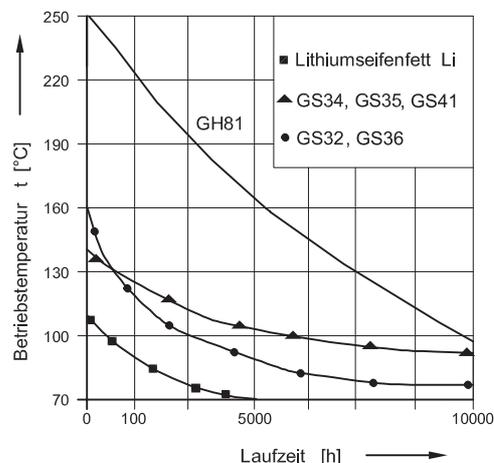
Diese hängt vom Verhältnis  $a_t$  der Fettbetriebstemperatur (Lagertemperatur am Innenring  $t_b$ ) zur Fettgrenztemperatur

$t_{\text{Grenz}}$  ab. Eine Lebensdauerreduzierung des Fettes tritt ab  $t_{\text{Grenz}}$  (meistens ab  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  = z. B. bei Lithiumsseifenfetten auf Mineralölbasis bei synthetischen Produkten ist eine erhebliche Abweichung möglich) ein. (Bei dauerhaftem  $a_t = 2$  ist keine nennenswerte Fettlebensdauer möglich). Bei der Dauerbelastung mit der von Fettherstellern angegebenen kurzfristigen Grenztemperatur ist die Fettlebensdauer äußerst gering.



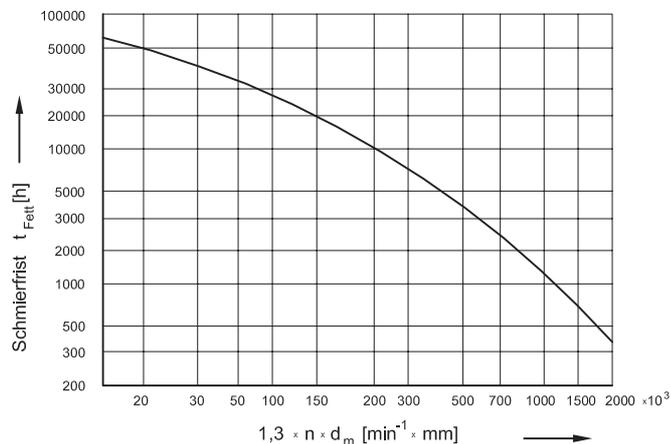
Fettgebrauchsdauer

40-504



Fettlebensdauer bei bestimmten Temperaturen

40-505



Schmierfristen

40-506

## Äquivalente statische Lagerbelastung $P_o$

Für Einzellager und Tandemlager gelten:

$$P_o = 0,5 F_r + 0,26 F_a \quad [2.8]$$

(Bei  $P_o < F_r$ , ist mit  $P_o = F_r$  zu rechnen.)

Bei Lagerpaaren in O- oder X-Anordnung gelten:

$$P_o = F_r + 0,52 F_a \quad [2.9]$$

Statische Tragzahl für zwei zusammengepasste Lager:

$$C_o = 2 C_{o \text{ Einzellager}} \quad [2.10]$$

$$\text{Statische Tragsicherheit: } s_0 = C_o / P_o \quad [2.11]$$

Die Anforderungen richten sich nach der gewünschten Lauf- und dem Grad der Stoßbelastungen. Übliche Werte für  $s_0$ : 0,5 ... 2

## Referenzdrehzahlen $n_r$

Unter den nach ISO 15312 definierten Last- und Schmierbedingungen sind die Referenzdrehzahlen für Öl und Fett gleich, die sich auf eine Beharrungstemperatur von 70 °C beziehen.

Bei konstanter radialer Belastung von 5 % der statischen Tragzahl  $C_o$ , bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C sind hierzu entweder eine Ölbad-schmierung bis zur Mitte des unteren Wälzkörpers mit einem Mineralöl ohne EP-Zusätze, mit einer kinematischen Viskosität von 12 mm<sup>2</sup>/s (ISO VG 32) oder eine Fettschmierung auf Lithiumseifen-Mineralölbasis von 100 bis 200 mm<sup>2</sup>/s (Grundöl ISO VG 150) bei 40 °C, einer Fettfüllmenge von ca. 30 % des freien Raumes zu Grunde gelegt.

Bei Fett kann eine Temperaturbeharrung von 70 °C nach einem Fettverteilungslauf von 20 h erreicht werden. Bei umlaufendem Außenring werden u. U. die Werte reduziert. Die Referenzdrehzahlen sind keine Drehzahlgrenzen. Sie sagen nur aus, dass unter den oben definierten Last- und Schmierbedingungen ein Temperaturniveau von 70 °C für Einzellager erreichbar ist.

Bei paarweiser Anordnung reduziert sich die Drehzahl um 20 % für übliche Lagerluft; bei Vorspannung sind weitere Abschlüsse vorzusehen.

Gegenüber Polyamidkäfig sind die Drehzahlen für Stahl- und Messingkäfig um 6 % zu reduzieren.

Wo keine Referenzdrehzahlen bestimmt werden können, wie bei abgedichteten Lagern, werden die von der schleifenden Dichtung abhängigen Grenzdrehzahlen angegeben.

In Abhängigkeit vom Belastungsverhältnis  $C/P$  haben sich folgende Drehzahlkennwerte als üblich gezeigt:

C/P	Drehzahlkennwert $d_m \times n$ [mm/min]
15	500 000
8	400 000
4	300 000

## Ermittlung der erlaubten Betriebsdrehzahl $n_{zul}$ abhängig von Last und Ölviskosität

Da die Referenzdrehzahl  $n_r$  nur für eine bestimmte prozentuale Belastung bei einer bestimmten Schmierbedingung definiert ist, muss für andere Last- und Schmierbedingungen die

zulässige Betriebsdrehzahl  $n_{zul}$  erst mit diesbezüglichen Beiwerten ermittelt werden.

Im Diagramm nach Bild 44-507 können Richtwerte für den belastungsabhängigen Wert  $f_p$  und den viskositätsabhängigen Faktor  $f_v$  für Ölschmierung abgelesen werden.

$$n_{zul} = f_p f_v n_r \quad [2.12]$$

Bei Fettschmierung werden aus dem Diagramm zwei Werte für  $f_v$  ermittelt und diese zueinander ins Verhältnis gesetzt:

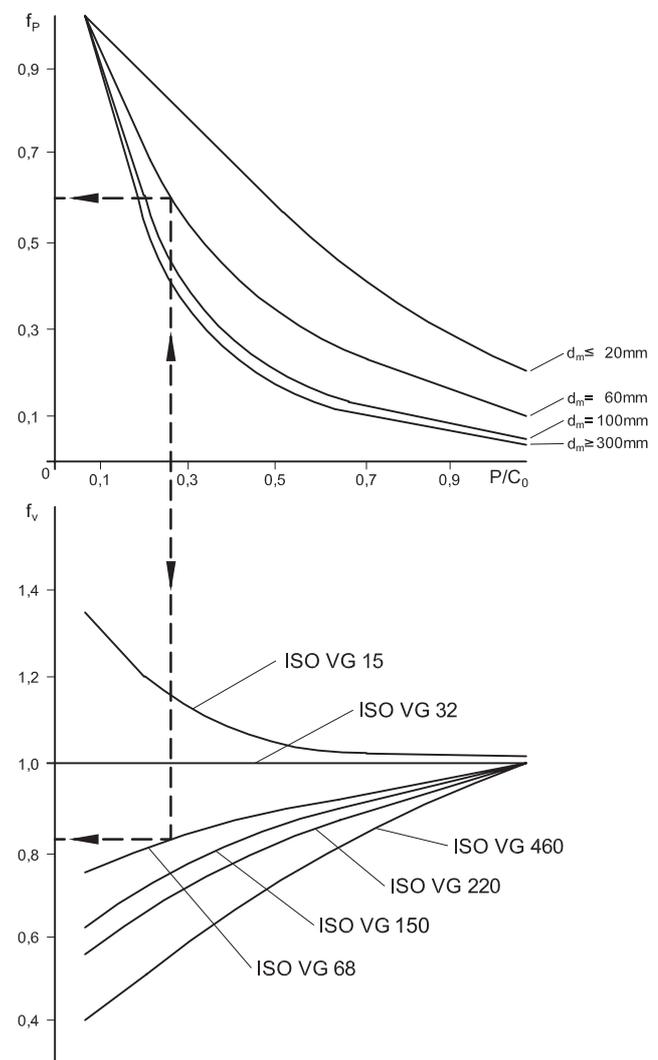
$$n_{zul} = f_p f_v \text{ Grundöl aktuell} / f_v \text{ Grundöl ISO VG 150 } n_r \quad [2.13]$$

Weitere Reduktionsfaktoren: [2.14]

Senkrechte Welle:	0,8
Drehender Außenring:	0,6
Stoßartige Belastungen, starke Vibrationen, Schwingungen:	0,4 ... 0,9

## Drehzahlen höher als Referenzdrehzahlen

Durch wärmeabführende Ölumlaufschmierung, Luft- oder Flüssigkeitskühlung von Innen- und Außenring können auch höhere Drehzahlen erreicht werden.



Korrekturfaktoren für  $f_p$  und  $f_v$

Bild 44-507

## Mindestbelastung

Insbesondere bei schnelllaufenden Lagern ist eine Mindestbelastung vorzusehen, um ein Gleiten der Wälzkörper zu vermeiden. Sollte die Gewichtskraft der zu lagernden Teile nicht ausreichen, können über Federvorspannung entsprechende Kräfte aufgebracht werden.

Bei Einzellagern und Tandemsätzen sollte eine minimale Axialbelastung  $F_{a\min}$  und bei Lagersätzen in O- und X-Anordnung eine minimale Radialbelastung  $F_{r\min}$  aufgebracht werden.

$$F_{a\min} = k_a C_o d_m^2 n^2 10^{-13} \quad [2.14]$$

$$F_{r\min} = k_r (n v) \frac{2}{3} d_m^2 10^{-6} \quad [2.15]$$

$F_{a\min}$	minimale Axialbelastung [N]
$F_{r\min}$	minimale Radialbelastung [N]
$k_a$	Axial-Minimallastfaktor; für 72er Reihe = 1,4; für 73er Reihe = 1,6

$k_r$	Radial-Minimallastfaktor; Für 72er Reihe = 95; für 73er Reihe = 100
$C_o$	statische Tragzahl [N]
$v$	Viskosität des Grundöls bei Betriebstemperatur [mm <sup>2</sup> /s]
$n$	Drehzahl [min <sup>-1</sup> ]
$d_m$	mittlerer Lagerdurchmesser [mm]

Bei hohen Drehzahlen ist bei **federvorgespannten Einzellagern** zu beachten, dass mit der Drehzahl die Zentrifugalkräfte der Kugeln steigen und die Kugeln am Außenring zur Laufbahnmitte und am Innenring an den Führungsbord gedrängt werden.

Um den Druckwinkel von 40° am Innen- und Außenring bei federvorgespannten Einzellagern beizubehalten, ist folgende Mindestfedervorspannung vorzusehen:

$$F_{\text{Feder}} = 25 C_o^2 n_{\text{max}}^2 10^{-15} \text{ [N]} \quad [2.16]$$

## Bezeichnungssystem 40°-Schräggugellager

	70	05	.BE	P	.	P6	.DBA
	72	06	.BE	K	.	P5	.UL
	73	05	.BE	P	.2RSZ	P5	.UO
	72	05	.BE	J	.		UA
	73	07	.BE	M	.	P6	.UA
ACC	73	08	.BE	M	.	P5	.UO .A15.GH62

Werkstoff	
–	Stahlkugel 100 Cr6
CB	Keramikkugel Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
AC	Ringe ATCoat
ACC	Kugeln Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> + ATCoat

Bezeichnung der Lagerreihe	
70	
72	
73	

Bezeichnung der Lagerbohrung			
00	10 mm	02	15 mm
01	12 mm	03	17 mm
Ab Kennzahl 04 x 5 (mm)			

Grundbauform C	
BE	40°-Berührungswinkel verstärkte Innenkonstruktion

Käfig	
P	Fensterkäfig PA 6.6 glasfaserverstärkt
M	Messingmassivkäfig
J	Stahlblechkäfig
K	Fensterkäfig PEEK glasfaserverstärkt

Befettung	
–	korrosionsgeschützt
G...	BearLub Fett ...

Beschichtung	
A11	Innen- u. Außenring beschichtet (IR + AR)
A15	IR + AR beschichtet, Kugeln u. Käfig rostarm
A21	IR beschichtet
A31	AR beschichtet

Axiale Lagerluft/Vorspannung, Universallager	
UA	normale axiale Lagerluft
UB	geringe axiale Lagerluft
UL	leichte Vorspannung
UO	spielfrei
A...-...	axiale Lagerluft mit Ist-Wertbereich Lageranordnung DB, DF, DT

Genauigkeit	
P6	Maß- und Laufgenauigkeit entspr. ISO Klasse 6
P5	Maß- und Laufgenauigkeit entspr. ISO Klasse 5
P4	Maß- und Laufgenauigkeit entspr. ISO Klasse 4

Dichtung	
RSZ	reibungsarm, Dichtscheibe einseitig
ARSZ	einseitig – IR niedriger Bord
BRSZ	einseitig – IR hoher Bord
2RSZ	reibungsarm, Dichtscheibe beidseitig

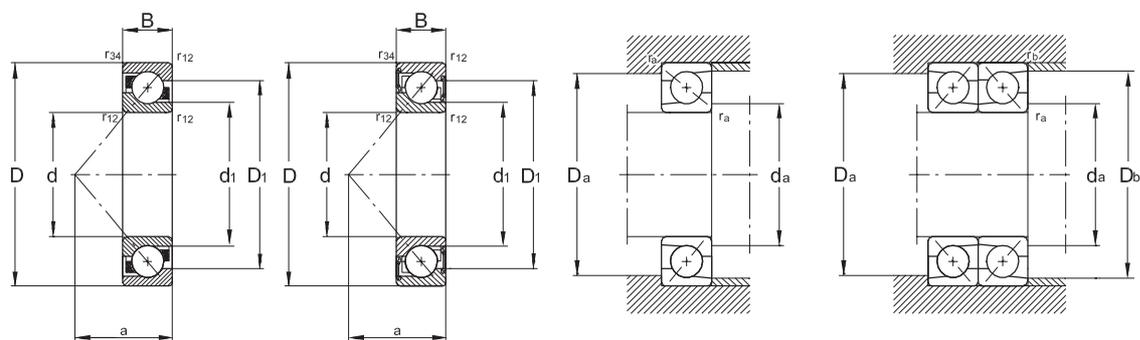
Bezeichnungssystem

44-900



Offene, abgedichtete 40°-Schräggugellager, einzeln u. satzweise

44-106



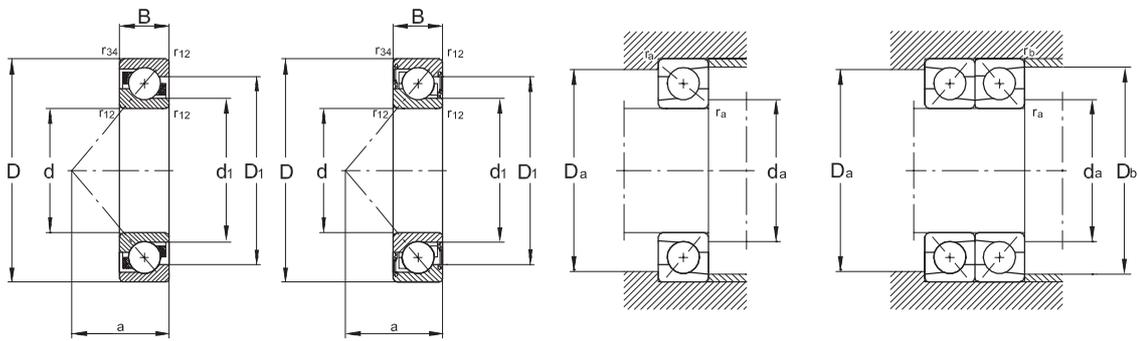
44-001

44-002

44-601

Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelastung	Referenzdrehzahl	Gewicht
d	D	B		dyn. C	stat. C <sub>0</sub>			
mm				N		P <sub>U</sub> (radial) N	n <sub>r</sub> min <sup>-1</sup>	kg
10	30	9	<b>7200.BE</b>	7.700	3.700	140	30.200	0,030
12	32	10	<b>7201.BE</b>	8.300	4.100	160	28.000	0,036
12	37	12	<b>7301.BE</b>	12.900	6.500	210	25.900	0,060
15	35	11	<b>7202.BE</b>	9.600	5.100	205	25.900	0,045
15	42	13	<b>7302.BE</b>	16.600	9.600	280	21.600	0,083
17	40	12	<b>7203.BE</b>	11.800	6.500	250	21.600	0,065
17	47	14	<b>7303.BE</b>	19.000	10.900	360	19.400	0,110
20	47	14	<b>7204.BE</b>	15.700	8.900	360	18.300	0,110
20	52	15	<b>7304.BE</b>	22.200	13.600	430	16.200	0,140
25	47	12	<b>7005.BE</b>	14.800	9.300	385	18.900	0,074
25	52	15	<b>7205.BE</b>	17.400	10.900	430	16.200	0,130
25	62	17	<b>7305.BE</b>	30.900	19.500	660	14.000	0,230
30	55	13	<b>7006.BE</b>	20.600	13.000	520	15.600	0,110
30	62	16	<b>7206.BE</b>	24.200	15.600	660	12.900	0,200
30	72	19	<b>7306.BE</b>	37.700	25.200	900	11.800	0,340
35	62	14	<b>7007.BE</b>	27.100	17.500	700	14.200	0,150
35	72	17	<b>7207.BE</b>	31.900	21.200	880	11.800	0,280
35	80	21	<b>7307.BE</b>	46.000	31.900	1.150	10.800	0,450
40	68	15	<b>7008.BE</b>	32.100	22.000	880	12.400	0,180
40	80	18	<b>7208.BE</b>	37.800	26.600	1.100	10.200	0,370
40	90	23	<b>7308.BE</b>	57.800	40.500	1.350	9.700	0,630
45	75	16	<b>7009.BE</b>	35.700	24.500	980	11.300	0,230
45	85	19	<b>7209.BE</b>	42.000	29.800	1.250	9.700	0,420
45	100	25	<b>7309.BE</b>	69.600	50.400	1.750	8.600	0,850
50	80	16	<b>7010.BE</b>	37.000	27.500	1.100	10.200	0,250
50	90	20	<b>7210.BE</b>	43.500	33.000	1.350	8.600	0,470
50	110	27	<b>7310.BE</b>	81.500	55.500	2.200	7.500	1,100
55	100	21	<b>7211.BE</b>	55.000	41.500	1.650	8.100	0,620
55	120	29	<b>7311.BE</b>	91.000	71.000	2.550	7.000	1,400
60	110	22	<b>7212.BE</b>	66.000	51.000	2.150	7.300	0,800
60	130	31	<b>7312.BE</b>	104.000	82.500	3.200	6.400	1,750

- Lager mit M-Käfig haben bauartbedingt um 5 % geringere Tragzahlen
- statische Tragzahl C<sub>0</sub> von Hybridlagern CB = 0,7 C<sub>0</sub> Stahlkugellager

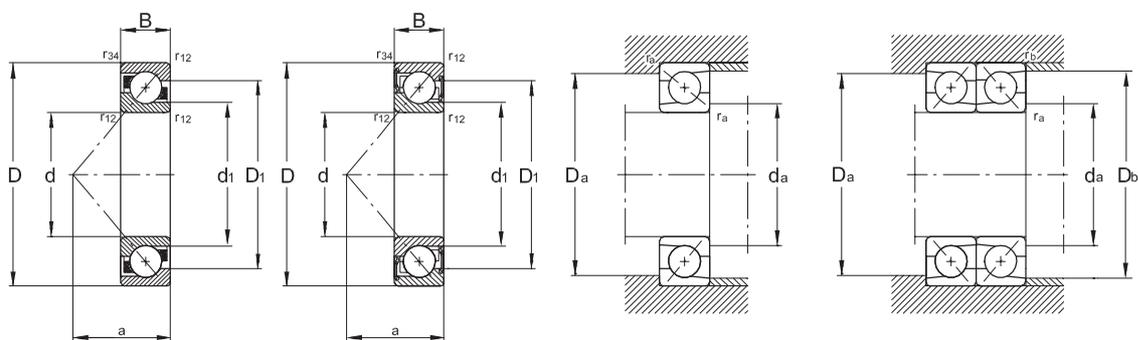


44-001

44-002

44-601

Basis- kurzzeichen	Abmessungen					Anschlussmaße				
	a	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> mm	r <sub>12min</sub>	r <sub>34min</sub>	d <sub>amin</sub>	D <sub>amax</sub>	D <sub>bmax</sub> mm	r <sub>amax</sub>	r <sub>bmax</sub>
7200.BE	13	18,2	23,1	0,6	0,3	15,0	25,0	27,0	0,6	0,3
7201.BE	14	20,2	25,1	0,6	0,3	16,2	27,8	29,0	0,6	0,3
7301.BE	16	21,8	28,3	1,0	0,6	17,6	31,4	32,8	1,0	0,6
7202.BE	16	22,2	28,0	0,6	0,3	19,2	30,0	32,0	0,6	0,3
7302.BE	18	26,0	32,6	1,0	0,6	20,6	36,4	37,8	1,0	0,6
7203.BE	18	25,9	31,9	0,6	0,6	21,2	35,0	35,0	0,6	0,3
7303.BE	20	28,7	36,2	1,0	1,0	22,6	41,4	42,0	1,0	0,6
7204.BE	21	30,7	37,2	1,0	0,6	26,0	41,0	42,4	1,0	0,6
7304.BE	23	32,9	41,0	1,1	1,0	27,0	45,0	47,8	1,0	0,6
7005.BE	21,5	31,4	40,4	0,6	0,3	30,0	42,0	45,0	0,6	0,3
7205.BE	24	35,7	42,2	1,0	0,6	31,0	46,0	48,2	1,0	0,6
7305.BE	27	39,4	48,9	1,1	1,0	32,0	55,0	57,8	1,0	0,6
7006.BE	25	37,2	46,9	0,6	0,3	36,0	49,0	53,0	0,6	0,3
7206.BE	27	42,3	50,8	1,1	0,6	36,0	56,0	57,4	1,0	0,6
7306.BE	31	46,2	57,3	1,1	1,0	37,0	65,0	67,8	1,0	0,6
7007.BE	29	43,4	53,3	0,6	0,3	41,0	56,0	60,0	0,6	0,3
7207.BE	31	49,3	59,0	1,1	0,6	42,0	65,0	67,8	1,0	0,6
7307.BE	35	52,4	64,2	1,5	1,0	44,0	71,0	74,4	1,5	1,0
7008.BE	32	49,2	58,8	0,6	0,3	46,0	62,0	66,0	0,6	0,3
7208.BE	34	55,9	66,3	1,1	0,6	47,0	73,0	75,8	1,0	0,6
7308.BE	39	59,4	72,4	1,5	1,0	49,0	81,0	84,4	1,5	1,0
7009.BE	35	53,2	65,3	0,6	0,3	51,0	69,0	73,0	0,6	0,3
7209.BE	37	60,5	70,9	1,1	0,6	52,0	78,0	80,8	1,0	0,6
7309.BE	43	66,3	80,7	1,5	1,0	54,0	91,0	94,4	1,5	1,0
7010.BE	38	57,6	70,3	1,0	0,6	56,0	74,0	78,0	0,6	0,3
7210.BE	39	65,5	75,9	1,5	1,0	57,0	83,0	85,8	1,0	0,6
7310.BE	47	73,5	89,7	2,0	1,0	60,0	100,0	104,0	1,5	1,0
7211.BE	43	72,4	84,1	1,5	1,0	64,0	91,0	94,0	1,5	1,0
7311.BE	51	80,0	97,6	2,0	1,0	65,0	110,0	114,0	2,0	1,0
7212.BE	47	79,3	92,5	1,5	1,0	69,0	101,0	104,0	1,5	1,0
7312.BE	55	87,0	106,0	2,1	1,1	72,0	118,0	123,0	2,0	1,0



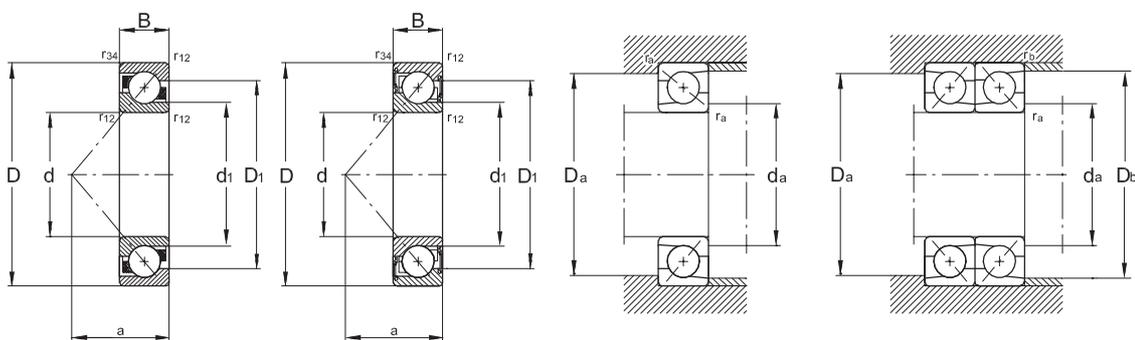
44-001

44-002

44-601

Hauptabmessungen			Basiskurzzeichen	Tragzahlen		Ermüdungs- grenzbelastung	Referenzdrehzahl	Gewicht
d	D	B		dyn.	stat.			
mm	mm	mm	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub> (radial) N	n <sub>r</sub> min <sup>-1</sup>	kg	
65	120	23	<b>7213.BE</b>	74.000	60.500	2.300	6.400	1,000
65	140	33	<b>7313.BE</b>	121.000	89.500	3.650	5.900	2,150
70	125	24	<b>7214.BE</b>	80.000	67.500	2.550	5.900	1,100
70	150	35	<b>7314.BE</b>	133.500	101.000	3.900	5.400	2,650
75	130	25	<b>7215.BE</b>	82.000	72.000	2.650	5.900	1,200
75	160	37	<b>7315.BE</b>	149.000	119.000	4.150	5.400	3,200
80	140	26	<b>7216.BE</b>	92.000	80.000	2.800	5.600	1,400
80	170	39	<b>7316.BE</b>	161.000	131.000	4.500	4.800	3,700
85	150	28	<b>7217.BE</b>	103.500	92.000	3.300	5.100	1,800
85	180	41	<b>7317.BE</b>	172.500	146.000	4.900	4.800	4,300
90	160	30	<b>7218.BE</b>	122.000	107.000	3.700	4.800	2,200
90	190	43	<b>7318.BE</b>	184.000	161.000	5.300	4.300	5,000
95	170	32	<b>7219.BE</b>	133.500	115.000	4.400	4.600	2,600
100	180	34	<b>7220.BE</b>	148.500	131.000	4.400	4.300	3,200
100	215	47	<b>7320.BE</b>	222.000	207.000	7.000	3.700	7,200
105	190	36	<b>7221.BE</b>	164.500	148.000	4.800	4.100	4,200
110	200	38	<b>7222.BE</b>	176.000	164.500	4.900	3.700	4,500
110	240	50	<b>7322.BE</b>	257.500	257.500	7.200	3.400	9,300
120	215	40	<b>7224.BE</b>	191.000	184.000	5.300	3.400	5,300
120	260	55	<b>7324.BE</b>	287.500	299.000	7.700	2.700	12,400
130	230	40	<b>7226.BE</b>	214.000	218.500	6.100	3.200	6,200
130	280	58	<b>7326.BE</b>	316.000	345.000	9.000	2.700	15,200
140	250	42	<b>7228.BE</b>	225.500	244.000	6.500	2.700	8,600
140	300	62	<b>7328.BE</b>	345.000	391.000	10.000	2.400	20,500
150	270	45	<b>7230.BE</b>	257.500	293.000	7.000	2.400	11,000
150	320	65	<b>7330.BE</b>	373.500	448.500	10.500	2.200	25,000
160	290	48	<b>7232.BE</b>	292.000	322.000	8.500	2.300	13,500
170	310	52	<b>7234.BE</b>	334.000	354.000	9.300	2.100	16,000

- Lager mit M-Käfig haben bauartbedingt um 5 % geringere Tragzahlen
- statische Tragzahl C<sub>0</sub> von Hybridlagern CB = 0,7 C<sub>0</sub> Stahlkugellager

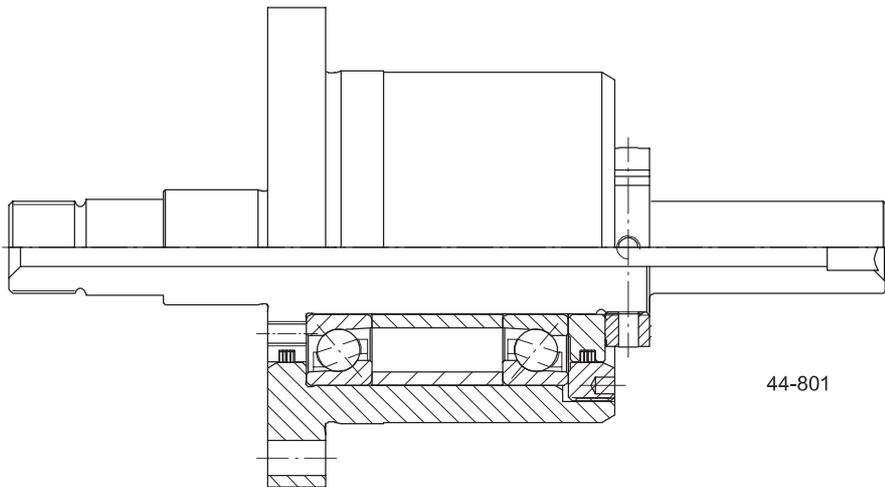


44-001

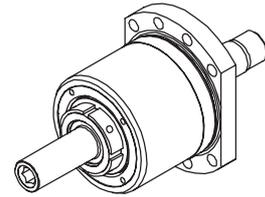
44-002

44-601

Basis- kurzzeichen	Abmessungen					Anschlussmaße				
	a	d <sub>1</sub>	D <sub>1</sub> mm	r <sub>12min</sub>	r <sub>34min</sub>	d <sub>amin</sub>	D <sub>amax</sub>	D <sub>bmax</sub> mm	r <sub>amax</sub>	r <sub>bmax</sub>
7213.BE	50	86,3	101,0	1,5	1,0	74,0	111,0	114,0	1,5	1,0
7313.BE	60	93,8	114,0	2,1	1,1	77,0	128,0	133,0	2,0	1,0
7214.BE	53	91,3	106,0	1,5	1,0	79,0	116,0	119,0	1,5	1,0
7314.BE	64	100,0	123,0	2,1	1,1	82,0	138,0	143,0	2,0	1,0
7215.BE	56	96,5	111,0	1,5	1,0	84,0	121,0	124,0	1,5	1,0
7315.BE	68	108,0	130,0	2,1	1,1	87,0	148,0	153,0	2,0	1,0
7216.BE	59	104,0	118,0	2,0	1,0	91,0	129,0	134,0	2,0	1,0
7316.BE	72	115,0	137,0	2,1	1,1	92,0	158,0	163,0	2,0	1,0
7217.BE	63	110,0	127,0	2,0	1,0	96,0	139,0	144,0	2,0	1,0
7317.BE	76	122,0	145,0	3,0	1,1	99,0	166,0	173,0	2,5	1,0
7218.BE	67	117,0	135,0	2,0	1,0	101,0	149,0	154,0	2,0	1,0
7318.BE	80	129,0	153,0	3,0	1,1	104,0	176,0	183,0	2,5	1,0
7219.BE	72	124,0	143,0	2,1	1,1	107,0	158,0	163,0	2,0	1,0
7220.BE	76	131,0	151,0	2,1	1,1	112,0	168,0	173,0	2,0	1,0
7320.BE	90	145,0	173,0	3,0	1,1	114,0	201,0	208,0	2,5	1,0
7221.BE	80	138,0	159,0	2,1	1,1	117,0	178,0	183,0	2,0	1,0
7222.BE	84	145,0	167,0	2,1	1,1	122,0	188,0	193,0	2,0	1,0
7322.BE	98	161,0	194,0	3,0	1,1	124,0	226,0	233,0	2,5	1,0
7224.BE	90	157,0	179,0	2,1	1,1	132,0	203,0	208,0	2,0	1,0
7324.BE	107	178,0	211,0	3,0	1,1	134,0	246,0	253,0	2,5	1,0
7226.BE	96	169,0	193,0	3,0	1,1	144,0	216,0	222,0	2,5	1,0
7326.BE	115	190,0	228,0	4,0	1,5	147,0	263,0	271,0	3,0	1,5
7228.BE	103	183,0	210,0	3,0	1,1	154,0	236,0	243,0	2,5	1,0
7328.BE	123	203,0	243,0	4,0	1,5	157,0	283,0	291,0	3,0	1,5
7230.BE	111	197,0	226,0	3,0	1,1	164,0	256,0	263,0	2,5	1,0
7330.BE	131	216,0	259,0	4,0	1,5	167,0	303,0	311,0	3,0	1,5
7232.BE	118	211,0	242,0	3,0	1,1	174,0	276,0	283,0	2,5	1,0
7234.BE	126	226,0	260,0	3,0	1,1	185,0	297,0	304,0	2,5	1,0



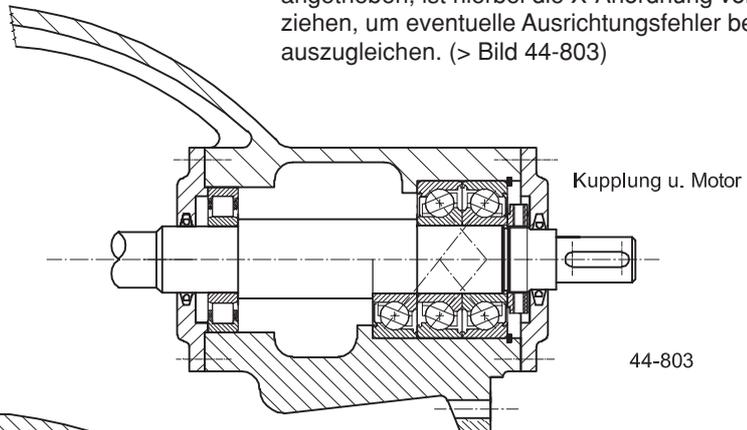
44-801



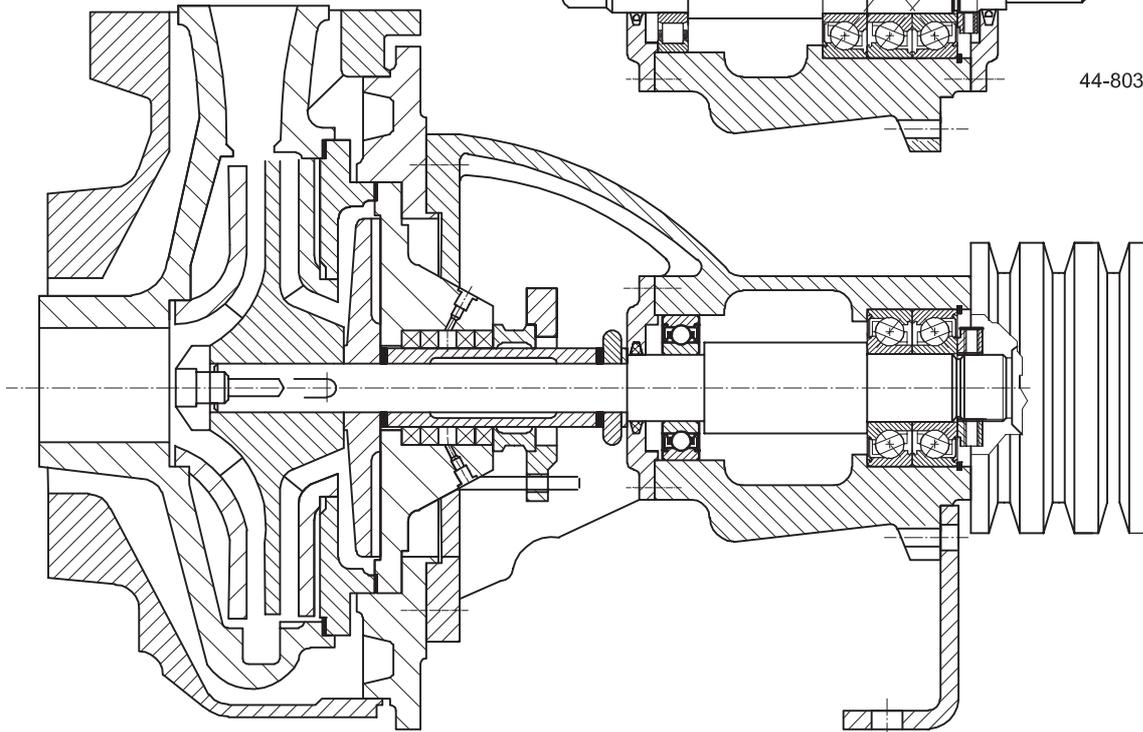
44-801a

1. Bei einer Messerwellenlagerung kommen zwei Lager 7207.BEP.P5.U.L mit gleich langen Distanzringen zum Einsatz. Die definiert eingeschlifene Vorspannung erlaubt einfache Montage ohne weiteres Abstimmen.  
Drehzahl  $7000 \text{ min}^{-1}$  bei Fettschmierung. In diesem Fall wurde die gesamte Baugruppe inklusive Welle und Gehäuse von IBC komplett montiert geliefert. (> Bild 44-801, 44-801a)

3. Wird die Pumpenwelle axial direkt über einen Motor und eine dazwischensitzende Kupplung angetrieben, ist hierbei die X-Anordnung vorzuziehen, um eventuelle Ausrichtungsfehler besser auszugleichen. (> Bild 44-803)



44-803

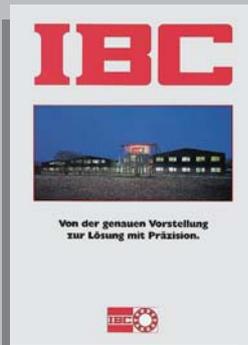


44-802

2. Bei einer riemengetriebenen Pumpenwellenlagerung sind Lager in O-Anordnung eingebaut. Die O-Anordnung unterstützt besser die Momentenbelastung von den Keilriemen.  
(> Bild 44-802)

(Weitere Komponenten wie Spannmuttern und Labyrinthdichtungen siehe Katalog TI 1-5010.2 / D.)

Mehr von IBC ...



Firmen-Profil



Lieferprogramm  
TI-0-000 I / D (Deutsch)  
TI-0-000 I / E (Englisch)



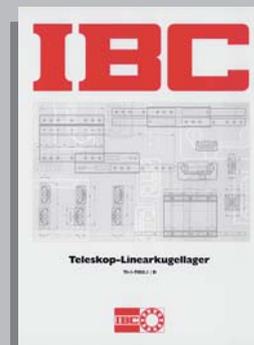
Lieferprogramm  
Preisliste



Wälzlager für  
Kugelgewindetriebe  
TI-1-5010.2 / D



Linearwälzlager  
TI-1-7001.2 / D (Deutsch)



Teleskop-  
Linearwägelager  
TI-1-7005.1 / D



Hochgenauigkeits-  
Wälzlager  
TI-1-5001.1 / D



Hochgenauigkeits-  
Wälzlager  
TI-1-5003.1 / D (Deutsch)  
TI-1-5003.1 / E (Englisch)



Wälzlager mit ATCoat  
Beschichtung  
TI-1-5010.2 / D

# **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



Betrieb und Verwaltung  
Industriegebiet Oberbiel  
D-35606 Solms-Oberbiel

e-mail: [ibc@ibc-waelzlager.com](mailto: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



Betrieb und Verwaltung  
Kapellstrasse 26  
CH-2540 Grenchen

e-mail: [ibc@ibcag.ch](mailto:ibc@ibcag.ch)

<http://www.ibc-waelzlager.com>