

**+** HOCHGENAUIGKEITSLAGER



# Einführung

NSK ist weltweit einer der führenden Hersteller von Wälzlagern. Bekanntlich steht der technische Fortschritt nicht still. Auch Hersteller von Industriegütern müssen eine globale Verantwortung für den Umweltschutz übernehmen. Auch NSK nimmt die Verantwortung für den Umweltschutz sehr wichtig. Mit unseren Produkten lässt sich die Leistung von Werkzeugmaschinen in vielen Bereichen verbessern – ohne die Umwelt zusätzlich zu belasten. Der Einsatz unserer Produkte trägt dazu bei, Energie zu sparen sowie natürlich Ressourcen zu schonen – dank unserer herausragenden Fertigungstechnik.

NSK hat sich unter anderem auf Produkte für den Bereich Werkzeugmaschinen spezialisiert. Unser globales Netzwerk im Bereich Forschung- und Entwicklung ist speziell auf die Kundenwünsche dieses Industriesektors ausgerichtet. Gemeinsam mit unseren Kunden sorgen wir für die optimale Leistungsfähigkeit Ihrer Produkte. Beispielsweise haben sich Hochgenauigkeitslager speziell in den Bereichen der Halbleiterfertigung sowie in Industrierobotern besonders bewährt.

Die sowohl in Europa als auch in Japan gefertigten Hochgenauigkeitslager werden aufgrund ihrer Zuverlässigkeit und Genauigkeit besonders geschätzt und weltweit in den verschiedensten Bereichen eingesetzt.

In diesem Katalog finden Sie Informationen zu Wälzlagerwerkstoffen, den neuesten Forschungsergebnissen, unterschiedlichen Anwendungen, den verschiedenen Bauformen der Hochgenauigkeitslager sowie die jeweils optimalen Einsatzbedingungen.

## Kap.1 NSK Hochgenauigkeitslager

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Globale Kundenbetreuung        | S6  |
| Forschung und Entwicklung      | S8  |
| Qualität und Fertigung bei NSK | S10 |

## Kap.2 Eigenschaften von Hochgenauigkeitslagern

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| Mehr Lebensdauer durch innovative Stähle       | S14 |
| Wälzkörper aus Keramik                         | S16 |
| Käfige                                         | S18 |
| Lager-Komponenten                              | S20 |
| Hochgenauigkeitslager – unser Produktsortiment | S22 |
| Leistungsmerkmale der verschiedenen Lagertypen | S24 |

## Kap.3 Die Auswahl des richtigen Lagers ist entscheidend

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Lagerauswahl                                               | S36 |
| Anwendungsbeispiele typischer Hochgeschwindigkeitsspindeln | S38 |
| Weitere Anwendungsbeispiele                                | S40 |
| Eigenschaften von Schrägkugellagern                        | S42 |
| Eigenschaften von Zylinderrollenlagern                     | S44 |

## Kap.4 Lagertypen

### 1. Schrägkugellager

|                                                    |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen) | S48-60 |
| Eigenschaften                                      |        |
| Bezeichnungssystem                                 |        |
| Lagertabellen                                      |        |
| Miniaturbaureihen                                  |        |
| Reihe 79                                           |        |
| Reihe 70                                           |        |
| Reihe 72                                           |        |

### Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

|                                                 |
|-------------------------------------------------|
| S62-79                                          |
| Eigenschaften                                   |
| Bezeichnungssystem                              |
| Lagertabellen                                   |
| Reihe BNR19, BER19                              |
| Reihe BNR10, BER10                              |
| Reihe BNR19XE/10XE, BER19XE/10XE (Spinshot™ II) |
| Reihe BNR29, BER29 (breite Baureihe)            |
| Reihe BNR20, BER20 (breite Baureihe)            |

### Schrägkugellager höchster Genauigkeit (Baureihen BGR)

|                    |
|--------------------|
| S80-84             |
| Eigenschaften      |
| Bezeichnungssystem |
| Lagertabellen      |
| Reihe BGR19        |
| Reihe BGR10        |
| Reihe BGR02        |

### 2. Zylinderrollenlager

|                                                                              |        |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Zylinderrollenlager                                                          | S88-97 |
| Eigenschaften                                                                |        |
| Bezeichnungssystem                                                           |        |
| Lagertabellen                                                                |        |
| Zweireihige Zylinderrollenlager (Lager mit hoher Steifigkeit)                |        |
| Reihe 30                                                                     |        |
| Reihe 39                                                                     |        |
| Reihe 49                                                                     |        |
| Einreihige Zylinderrollenlager (Standardreihe)                               |        |
| Reihe 10                                                                     |        |
| Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)         |        |
| Reihe 10                                                                     |        |
| Zweireihige Zylinderrollenlager (geringe Wärmezeugung)                       |        |
| Reihe 30                                                                     |        |
| Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (geringe Wärmezeugung) |        |
| Reihe 10                                                                     |        |

### 3. Axial-Schrägkugellager

|                                                            |          |
|------------------------------------------------------------|----------|
| Axial-Schrägkugellager                                     | S100-105 |
| Eigenschaften                                              |          |
| Bezeichnungssystem                                         |          |
| Lagertabellen                                              |          |
| Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager                |          |
| Reihe BAR10                                                |          |
| Reihe BTR10                                                |          |
| Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (ROBUST-Reihen) |          |
| Reihe TAC29D                                               |          |
| Reihe TAC20D                                               |          |

### 4. Lager für Kugelgewindetriebe

|                                               |          |
|-----------------------------------------------|----------|
| Axial-Schrägkugellager für Kugelgewindetriebe | S108-113 |
| Eigenschaften                                 |          |
| Bezeichnungssystem                            |          |
| Lagertabellen                                 |          |
| Werkzeugmaschinen                             |          |
| Reihe TAC B                                   |          |
| Elektrisch angetriebene Spritzgussmaschinen   |          |
| Reihen TAC 02 und 03                          |          |
| Lagereinheiten für Kugelgewindetriebe         | S114-115 |
| Eigenschaften                                 |          |
| Bezeichnungssystem                            |          |
| Tabellenübersicht für Lagereinheiten          |          |

## Kap.5 Technische Informationen

|                                                                      |          |
|----------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>5. Hochgenauigkeits-Rillenkugellager</b>                          | S118-120 |
| Eigenschaften                                                        |          |
| Bezeichnungssystem                                                   |          |
| Lagertabellen                                                        |          |
| Reihen 60, 62 und 63 (Polyamid-Käfige T1X und TYA)                   |          |
| Reihen 60 und 62 (Hartgewebe-Käfige)                                 |          |
| <b>6. Zubehör</b>                                                    |          |
| <b>Messgeräte und Lehren</b>                                         | S124-127 |
| Maßringe GR                                                          |          |
| Eigenschaften                                                        |          |
| Bezeichnungssystem                                                   |          |
| Kegellehringe GTR                                                    |          |
| Eigenschaften                                                        |          |
| Bezeichnungssystem                                                   |          |
| Hüllkreismessgeräte GN                                               |          |
| Eigenschaften                                                        |          |
| Bezeichnungssystem                                                   |          |
| <b>Bearing Monitor NB-4</b>                                          | S128     |
| <b>Induktives Anwärmgerät</b>                                        | S129     |
| <b>Fett-Nachschmiersystem</b>                                        | S130-131 |
| <b>Öl-Luft-Schmiersystem</b>                                         | S132-133 |
| <b>Abgedichtete Präzisionszwischenringe</b>                          | S134-135 |
| <b>1. Lebensdauer</b>                                                | S138-145 |
| · Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt und nominelle Tragzahl         |          |
| · Neue Lebensdauertheorie                                            |          |
| <b>2. Statische Tragzahl und statisch äquivalente Lagerbelastung</b> | S146-147 |
| <b>3. Lagersätze von Schrägkugellagern</b>                           | S148-151 |
| · Eigenschaften                                                      |          |
| · Universalausführung                                                |          |
| <b>4. Vorspannung und Steifigkeit</b>                                | S152-169 |
| · Arten von Vorspannung und Steifigkeit                              |          |
| · Tabellen: Vorspannung und Steifigkeit                              |          |
| <b>5. Drehzahlgrenze</b>                                             | S170-171 |
| <b>6. Schmierung</b>                                                 | S172-175 |
| <b>7. Toleranzen</b>                                                 | S176-183 |
| · Radiallager                                                        |          |
| · Kegelige Bohrung                                                   |          |
| · Axial-Schrägkugellager                                             |          |
| <b>8. Ausführung von Welle und Gehäuse</b>                           | S184-188 |
| · Wellen- und Gehäusepassung                                         |          |
| · Bearbeitungstoleranzen von Welle und Gehäuse                       |          |
| · Anschlussmaße                                                      |          |
| · Kantenabstände und -radien                                         |          |
| <b>9. Zwischenringe</b>                                              | S189-193 |
| · Abmessungen der Zwischenringe                                      |          |
| · Position der Schmierdüse                                           |          |

## Kap.6 Handhabung von Lagern

|                                                      |          |
|------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Lagermontage</b>                               | S196-209 |
| 1. Reinigung der Lager und der Anschlussteile        |          |
| 2. Überprüfung der Maßgenauigkeit der Anschlussteile |          |
| 3. Lagermontage                                      |          |
| 4. Kontrolle nach der Montage                        |          |
| <b>2. Inspektion im Betrieb</b>                      | S210-211 |
| <b>3. Einlaufvorgang</b>                             | S212-213 |

## Kap.7 Diagnose von Lagerausfällen

|                                                              |          |
|--------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Lagerausfälle und Abhilfemaßnahmen</b>                 | S216-219 |
| <b>2. Untersuchung mittels Geräusch- und Frequenzanalyse</b> | S220-225 |

## Kap.8 Anhang

|                                                                        |          |
|------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Toleranzen für die Wellendurchmesser</b>                            | S228-229 |
| <b>Toleranzen für die Gehäusebohrung</b>                               | S230-231 |
| <b>ISO-Toleranzreihen</b>                                              | S232-233 |
| <b>Umwertungstabelle für Härtewerte</b>                                | S234     |
| <b>Physikalische und mechanische Eigenschaften der Lagerwerkstoffe</b> | S235-236 |
| <b>Kundenlastenheft</b>                                                | S237     |
| <b>Vergleichstabelle</b>                                               | S238     |
| <b>Messen der Lagerluft-Vorspannung bei Lagersätzen</b>                | S239     |



# HOCHGENAUIG



# KEITSLAGER

## Kapitel 1

### Inhalt

#### Kap.1 NSK Hochgenauigkeitslager

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Globale Kundenbetreuung        | 6  |
| Forschung und Entwicklung      | 8  |
| Qualität und Fertigung bei NSK | 10 |



# Globale Kundenbetreuung

## Weltweit einheitliche Kundenbetreuung

Als internationaler Konzern sind bei NSK alle Vertriebsgesellschaften, Vertriebszentren, Fertigungswerke und Forschungs- und Entwicklungszentren miteinander verknüpft, so dass die neuesten Informationen jedem Standort schnell zugänglich sind. Nur durch den unmittelbaren Zugriff auf relevante Daten erreichen und halten wir unser hohes Qualitätsniveau.

Die internationale NSK Organisation nimmt natürlich nicht nur Aufträge der Kunden an und sorgt für den Versand der bestellten Produkte, sondern unterstützt die Kunden auch in wälzlagertechnischen Fragen.

Auch bei schwierigen oder komplexen Sachverhalten hat NSK die richtige technische Lösung parat.



### NSK weltweit – herausragende Produkte und ausgezeichnete Kundenbetreuung.

Die Verknüpfung der großen Märkte in Europa, Asien, Japan und Amerika ist für ein weltweit operierendes Unternehmen wie NSK wichtig. Mithilfe unseres hochmodernen Kommunikationssystems können wir in Echtzeit Informationen zu Veränderungen und Trends auf den Märkten weitergeben. Schnell stellen wir uns auf die veränderten Anforderungen der Kunden ein und können so jeweils das optimale Qualitätsprodukt liefern. Als internationale Unternehmensgruppe überschreiten wir Grenzen und überwinden Beschränkungen, um unsere Kunden auf der ganzen Welt optimal zu bedienen.

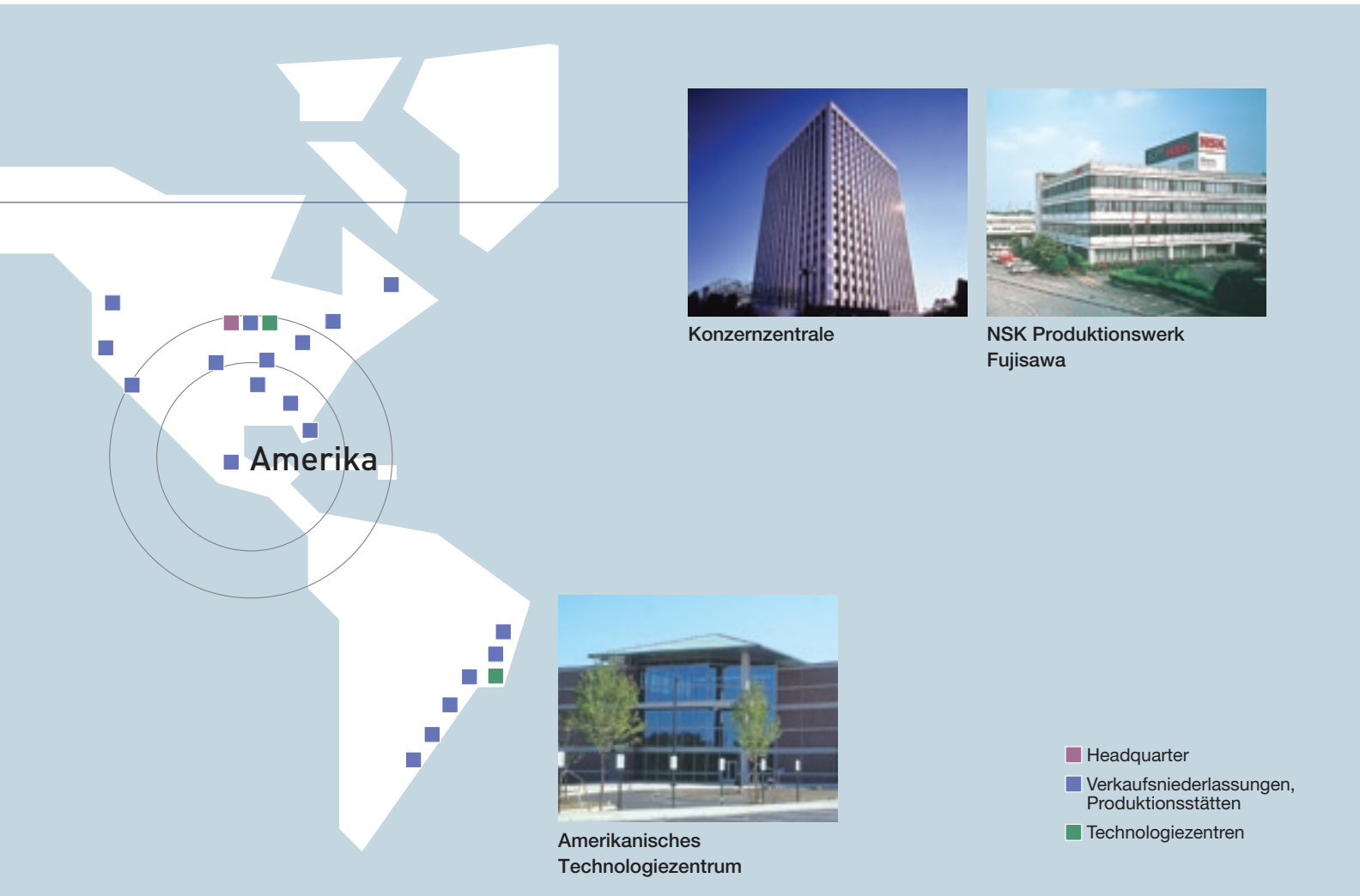


Direkte Kommunikation mit unseren Kunden

### Technische Unterstützung

Die Forschungs- und Entwicklungszentren beschränken sich aber nicht nur auf die Grundlagenforschung, sondern betreuen die Kunden in ihrer Region in technischen Belangen. So können Sie die Leistungsfähigkeit unserer Produkte in ihrer Praxis optimal ausschöpfen.





### Maßgeschneiderte Produkte für spezielle Anwendungen

Jedes Forschungs- und Entwicklungszentrum bestimmt in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden die genauen Anforderungen an die Lagerung. So finden Sie in unserem Sortiment die richtigen Produkte mit maximaler Leistungsfähigkeit zu einem günstigen Preis. Auf Wunsch fertigen wir auch maßgeschneiderte Produkte für Ihre speziellen Anforderungen.

### Service und technische Betreuung nahe beim Kunden

NSK erhält Aufträge von Kunden auf der ganzen Welt und liefert Bestellungen weltweit aus. Die NSK Vertragshändler haben alle Produkte für die wichtigen Märkte und Standorte auf Lager, so dass die Kunden umgehend beliefert werden können. NSK bietet den Kunden weltweit auch technische Unterstützung bei der Auswahl des besten Lagers für die jeweilige Anwendung, beantwortet Fragen und hilft bei kundenspezifischen Produktlösungen im Wälzlagerbereich.



<http://www.nskeurope.com>



# Forschung und Entwicklung

## NSK's Schlüsseltechnologien

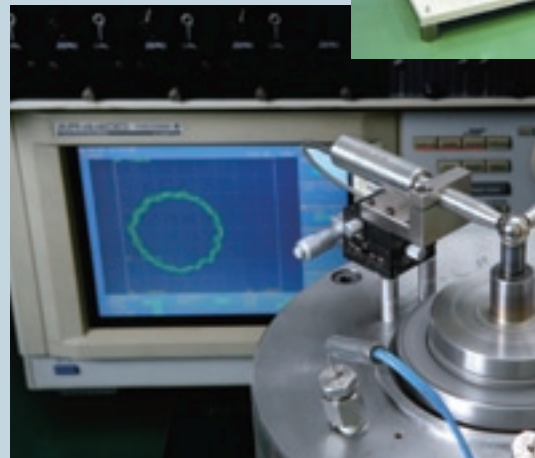
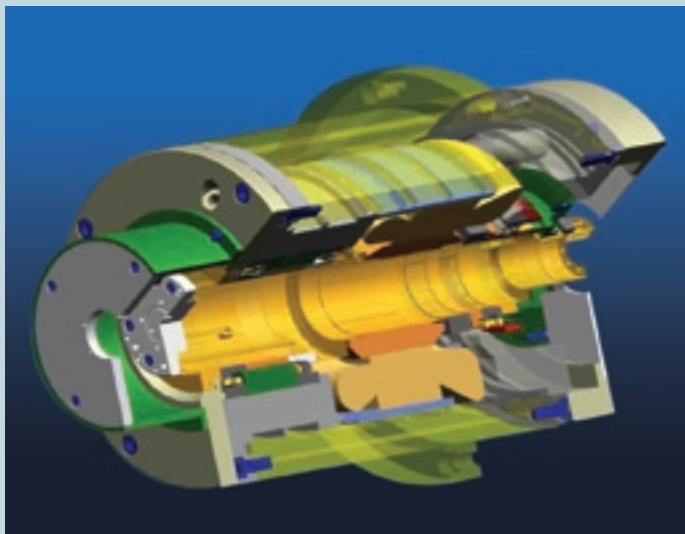
Im Mittelpunkt der Forschung steht die Tribologie, die Wissenschaft von Reibung und Verschleiß.

Weniger Reibung und Verschleiß bedeuten generell Energieeinsparungen, schonender Umgang mit Ressourcen, weniger Maschinenausfälle und zuverlässiger Betrieb.

Die Entwicklung neuer Produkte wird bei NSK von vier Schlüsseltechnologien getragen, die alle in engem Zusammenhang mit der Tribologie stehen.

### Modellbildung und Simulation

NSK hat die eigene Software BRAIN (bearing analysis in NSK) entwickelt, die eine realitätsnahe Simulation aller Bewegungsabläufe in Wälzlagern unter Berücksichtigung der Reibung mit allen tribologischen Aspekten erlaubt. Durch die Kombination dieser Simulationstechnologie mit FEM (Finite-Elemente-Methode) wird dann hochentwickeltes CAE (Computer-Aided Engineering) realisiert.



### Versuch und Prüfung

NSK hat eine hoch entwickelte Prüftechnik in allen Anwendungsbereichen etabliert. Hierzu gehört beispielsweise Unwuchtmessung im Nanobereich mit hochpräzisen Messeinrichtungen. Unsere Prüftechnik ist ein entscheidender Schlüssel dafür, dass unsere Produkte die ständig wachsenden Marktanforderungen nicht nur erfüllen, sondern definieren können.

## Tribologie und Schmiertechnik

Durch zielstrebige und unermüdliche Forschung im Bereich Tribologie ist NSK in der Lage, Wälzlager zu produzieren, die ihren globalen Beitrag zur Erhaltung der Umwelt leisten, indem sie die Betriebssicherheit von Maschinen und Anlagen erhöhen, Produktionskosten minimieren und Ressourcen schonen.



## Werkstoffe und Verarbeitung

Intensive Forschung und Entwicklung an neuen verbesserten Werkstoffen hat noch leistungsfähigere Produkte ermöglicht. Produktkomponenten, die mit diesen NSK-eigenen Werkstoffen gefertigt werden, bieten mehr Standzeit in extremen Umgebungen oder ermöglichen einen völlig wartungsfreien Einsatz.

# Qualität und Fertigung bei NSK

## Weltweit höchste Qualitätsansprüche

NSK Hochgenauigkeitslager bieten allerhöchste Präzision, die durch unsere Fertigungskompetenz auf modernsten Fertigungsanlagen, mit erfahrenem Personal sowie strengsten Qualitätsrichtlinien für jeden Produktionsschritt in jedem NSK-Werk erzielt wird.

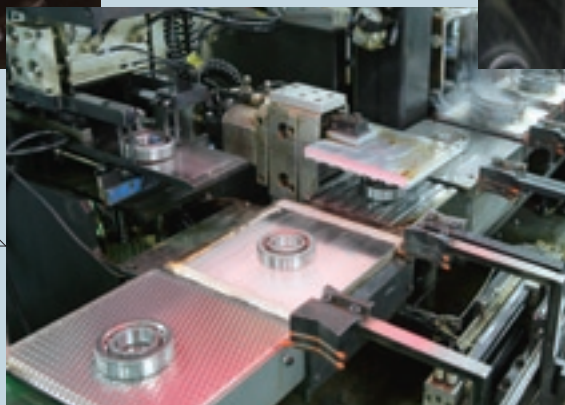
NSK hat für Hochgenauigkeitslager globale Produktionsstätten in Japan und England und kann dadurch schnell auf die Kundenanforderungen reagieren.



1 Wärmebehandlung



4 Montage



5 Prüfung Fertigteile

### Fertigungstechnik für hochgenaue Produkte

Unsere Hochgenauigkeitslager sind für ihre außerordentliche Präzision bekannt. Diesen guten Ruf möchten wir natürlich nicht verlieren. Deshalb werden alle Lager auf ihre Genauigkeit im Mikrometerbereich überprüft.



### Fertigung für die ganze Welt in England und Japan

NSK Hochgenauigkeitslager werden in England und Japan gefertigt. Erfahrung und Fachwissen dieser beiden Werke und ihre geographische Lage auf beiden Seiten der Welt ermöglichen es uns, auf alle Kundenwünsche einzugehen.



NSK Produktionswerk Newark



NSK Produktionswerk Fujisawa

## 2 Schleifen



## 3 Teileprüfung



## 6 Verpackung



### Das Symbol

Die „goldene Verpackung“ von NSK steht für allerhöchstes Qualitätsniveau.



### Umfassende Qualitätskontrolle und umweltgerechtes Verhalten

NSK ist nach ISO 9001 zertifiziert und für jedes einzelne Herstellwerk gelten dieselben strengen Standards in der Qualitätskontrolle. Fester Bestandteil des Fertigungsprozesses sind häufige Qualitätsprüfungen, die sicherstellen, dass alle unsere Produkte einem gleichbleibend hohen Qualitätsniveau entsprechen. Weiterhin wurde NSK auch nach der Umweltnorm ISO 14001 zertifiziert. Unsere Kunden können sicher sein, dass wir uns in allen Werken umweltbewusstem Handeln verpflichtet sehen.



ISO 9001 Zertifikat



ISO 14001 Zertifikat



# Höchstleistung für eine neue Generation

NSK gibt sich mit dem Erreichten nicht zufrieden, sondern sucht immer neue Wege.

In der Qualität unserer Produkte lassen wir uns nicht auf Kompromisse ein, sondern entwickeln neue Techniken für neue Systemlösungen. Dank modernster Werkstoffe und Berechnungsverfahren entwerfen und fertigen wir herausragende und extrem leistungsfähige Hochgenauigkeitslager.

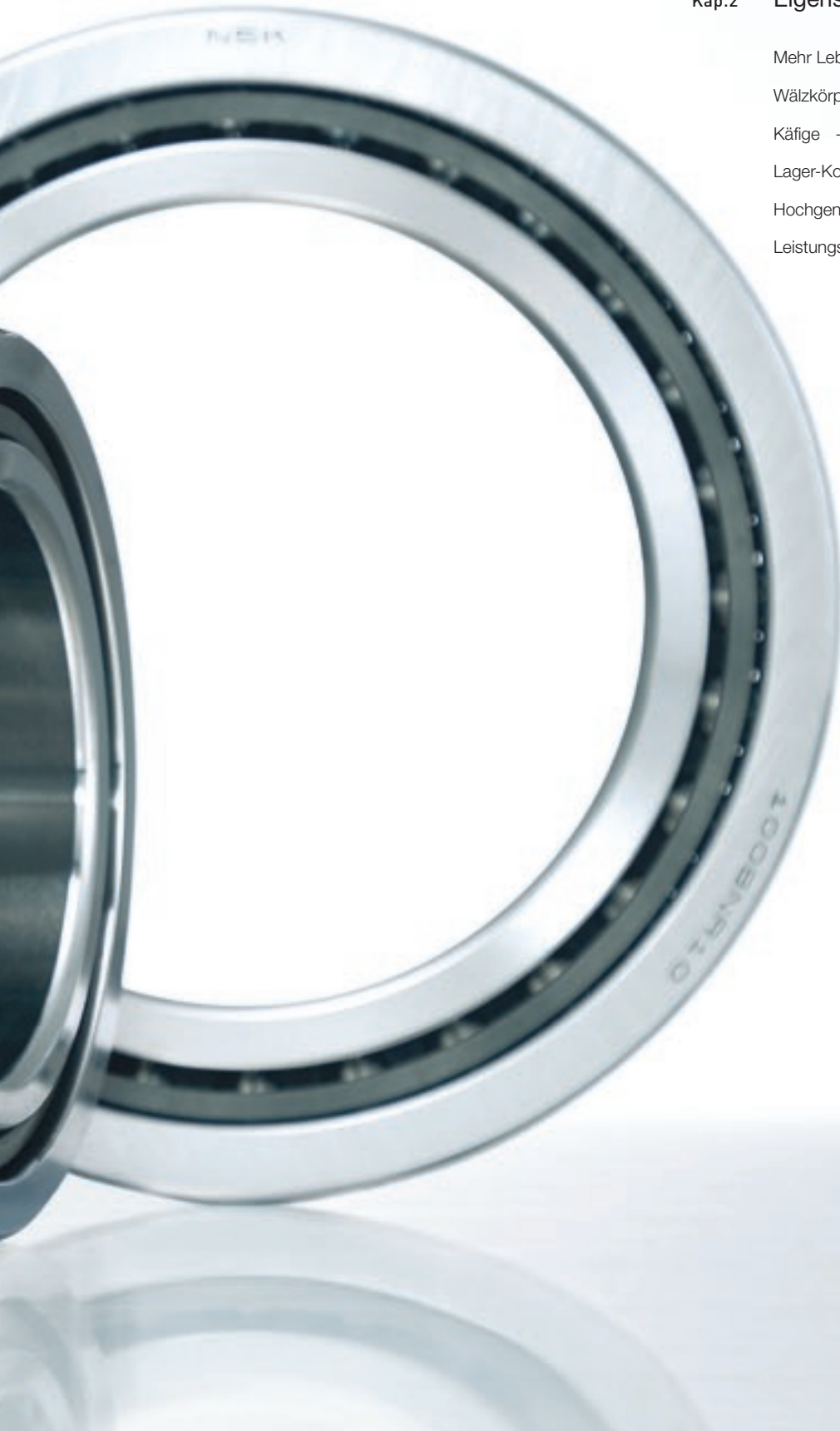
NSK ist stets bestrebt, die Qualität und Leistungsfähigkeit zu bieten, die man von einem Lager der nächsten Generation erwartet.



## Inhalt

### Kap.2 Eigenschaften von Hochgenauigkeitslagern

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Mehr Lebensdauer durch innovative Stähle       | 14 |
| Wälzkörper aus Keramik                         | 16 |
| Käfige                                         | 18 |
| Lager-Komponenten                              | 20 |
| Hochgenauigkeitslager – unser Produktsortiment | 22 |
| Leistungsmerkmale der verschiedenen Lagertypen | 24 |



# Mehr Lebensdauer durch innovative Stähle

## Drei verschiedene Stahlwerkstoffe für lange Lebensdauer und bestes Betriebsverhalten von NSK-Hochgenauigkeitslagern

NSK hat bahnbrechende Nachweis- und Bewertungsmethoden für Einschlüsse in Stahl und daraus resultierende Stahlerzeugungsverfahren etabliert. Dadurch konnten Stähle für Wälzlager mit langer Lebensdauer, hoher Drehzahl und Last entwickelt werden. Drei Stahlwerkstoffe, SHX-Stahl für Anwendungen mit extremer Drehzahl, EP-Stahl für zuverlässigen Betrieb bei hohen Lasten und Z-Stahl für verlängerte Lebensdauer im Normalbetrieb, werden für NSK-Hochgenauigkeitslager verwendet.

### EP-Stahl für zuverlässigen Betrieb unter hohen Lasten

#### EP Stahl

Besonders lange Lebensdauer für zuverlässigen Betrieb. 3-fach längere Ermüdungslebensdauer als herkömmlicher vakuumtgesteuerter Stahl

### Z-Stahl als Standard-Werkstoff für Hochgenauigkeitslager

#### Z Stahl

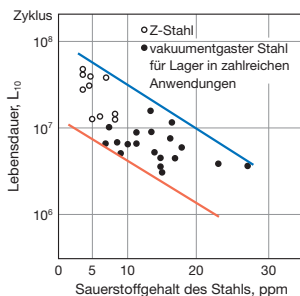
Standard-Werkstoff für lange Lebensdauer. 1,8-fach längere Ermüdungslebensdauer als herkömmlicher vakuumtgesteuerter Stahl

Die Erfahrung zeigt, dass die Ermüdungslebensdauer von legiertem Kohlenstoff-Chrom- Wälzlagerstahl (SAE52100, SUJ2, 100Cr6) im Wesentlichen vom Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen abhängt. Dauertests haben gezeigt, dass sich insbesondere oxidische (nichtmetallische) Einschlüsse negativ auf die Ermüdungslebensdauer auswirken. In der Zusammenarbeit zwischen NSK und einem Stahlhersteller wurde die Herstellung des Wälzlagerstahls optimiert. Stahl eines höheren Reinheitsgrads hat weniger oxidische Einschlüsse und erreicht damit eine längere Ermüdungslebensdauer – Eigenschaften, wie sie im Z- und EP-Stahl vorliegen.

#### Die Eigenschaften von Z-Stahl

Z-Stahl weist deutlich weniger nichtmetallische Einschlüsse, Oxide und sonstige Einschlüsse wie Titan oder Schwefel auf. Im Vergleich zu Lagern aus herkömmlichem vakuumtgesteuertem Stahl erreichen Lager aus diesem Werkstoff eine bis zu 1,8-mal so lange Gebrauchsdauer.

#### Sauerstoffgehalt von Stahl und Ermüdungslebensdauer



#### Lager aus Z-Stahl



NSK verwendet Z-Stahl als Standardwerkstoff

Die Entwicklung von Nachweis- und Bewertungsmethoden für oxidische, nichtmetallische Einschlüsse und daraus resultierende Stahlerzeugungsverfahren ermöglichten die Erzeugung von EP-Stahl, der einen Durchbruch hinsichtlich der Steigerung der Ausfallsicherheit darstellt.

#### Die Eigenschaften von EP-Stahl

Lager aus EP-Stahl zeichnen sich durch große Zuverlässigkeit aus, weil aufgrund neuer Prüfverfahren und eines erheblich verringerten Gehalts an Einschlüssen nur geringe Schwankungen der Lebensdauer auftreten.

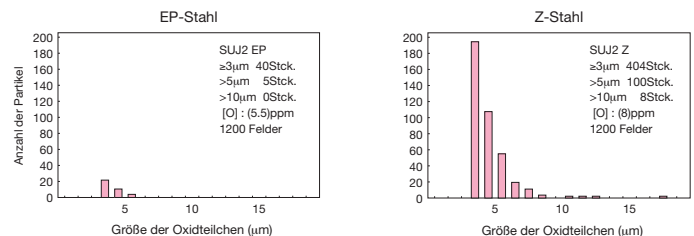
#### Neues Prüfverfahren

Die neue ISD<sup>2</sup>-Methode von NSK hilft, die oxidischen, nichtmetallischen Einschlüsse im Stahl besser zu beurteilen. Dies geschieht mit einem Bildanalyseverfahren, kombiniert mit verbesserter Stahlherstellung.

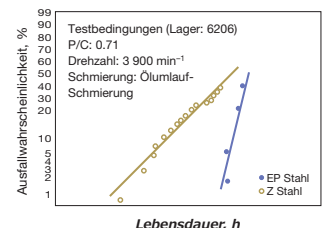
#### Verbesserte Stahlherstellung

Eine neue Technik in der Stahlherstellung bringt wesentlich reineren Stahl mit einem geringeren Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen hervor, als es beim Z-Stahl der Fall ist. EP-Stahl weist außerdem eine geringere Anzahl großer Partikel auf als im Vakuumlichtbogenofen umerschmolzener Stahl (VAR) oder auf herkömmliche Weise gefrischter Z-Stahl.

#### Vergleich der Reinheit von Stahl mit Bildanalyse



#### Ermüdungslebensdauer Test auf Pittingbildung ausgehend unter der Oberfläche



#### Lager aus EP-Stahl



Axiallager für Kugelgewindetriebe

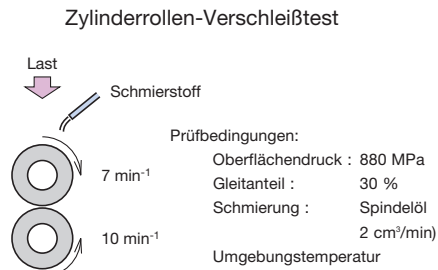
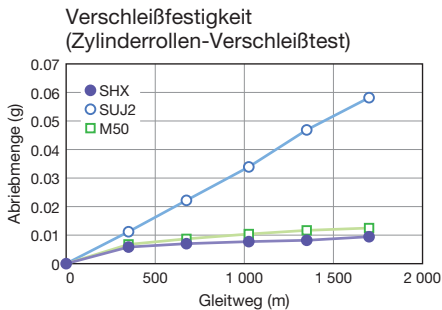
## SHX-Stahl für Anwendungen mit extremen Drehzahlen

### SHX Stahl

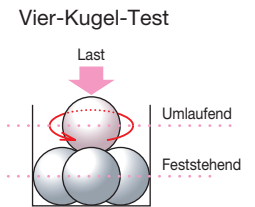
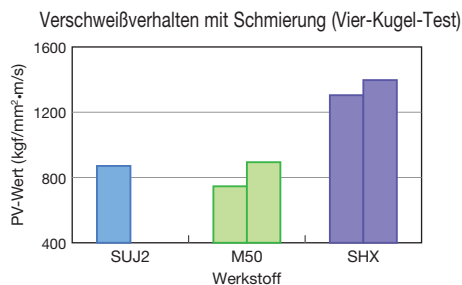
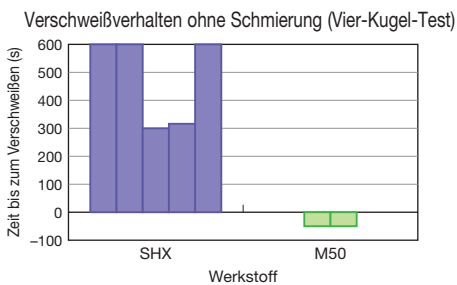
Wärmebeständiger Sonderstahl für längere Lebensdauer von Lagern bei höchsten Drehzahlen.  
4-fache Ermüdungslebensdauer als herkömmlicher Wälzlagerstahl bei 20% mehr Drehzahl

#### Die Eigenschaften von SHX-Stahl

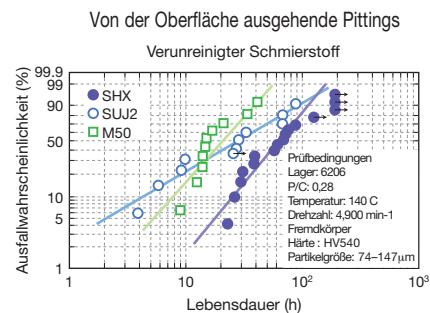
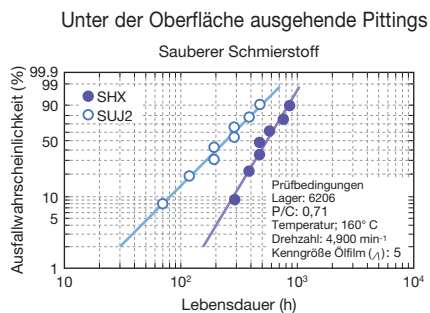
SHX-Stahl ist durch das spezielle Wärmebehandlungsverfahren von NSK besonders wärmebeständig. In dieser Eigenschaft unterscheidet er sich kaum vom Stahl M50, aus dem die Lager für Strahltriebwerke hergestellt werden, wo Temperaturen von bis zu 300 °C auftreten. Diese Wärmebeständigkeit sowie die geringere Reibung und die höhere zulässige Flächenpressung machen den SHX-Stahl zum optimalen Werkstoff für Werkzeugmaschinenlager für höchste Drehzahlen. Patent Nr. 2961768JP



#### Beständigkeit gegen Blockieren



#### Ermüdungslebensdauer



#### Lager aus SHX-Stahl



Schräggugellager für höchste Drehzahlen  
ROBUST-Reihe, für Werkzeugmaschinen-Spindeln

Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen  
ROBUST-Reihe, Bauform RX, RHX



# Wälzkörper aus Keramik

Herausragende Leistungsmerkmale wie Wärmebeständigkeit, längere Lebensdauer, geringes Gewicht, geringe Wärmedehnung und fehlende elektrische Leitfähigkeit zeichnen Lager mit Keramikugeln aus. Als Lager einer neuen Generation sind sie für unterschiedlichste Anwendungen die beste Wahl. NSK verwendet den keramischen Werkstoff Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) für die Wälzkörper in Hybridlagern. Sie haben sich in Anwendungen mit höchsten Drehzahlen und äußerst hoher Genauigkeit bewährt, in den Anwendungen, in denen Lager mit Stahlkugeln an ihre Grenzen stoßen.



## Hohe Drehzahlen und geringe Wärmezeugung

### • Geringes Gewicht

Keramik hat 40 % der Dichte von Stahl und daher entstehen bei Wälzkörpern aus Keramik auch geringere Zentrifugalkräfte, was eine längere Lagerlebensdauer möglich macht.

### • Geringe Maßänderung durch Temperatureinfluss

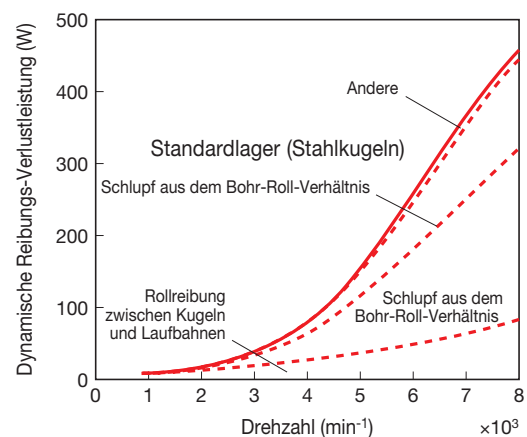
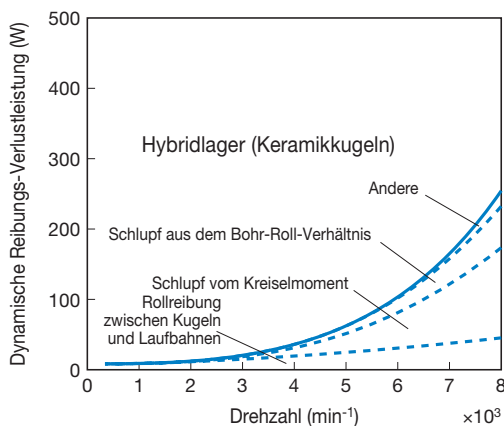
Keramik hat einen geringen Wärmedehnungskoeffizienten. Selbst bei hohen Betriebstemperaturen, die bei hohen Drehzahlen auftreten, dehnen sich die Wälzkörper weniger aus. Eine Erhöhung der Vorspannung und die daraus resultierende erneute Temperaturerhöhung werden vermindert.

### • Geringe Reibung

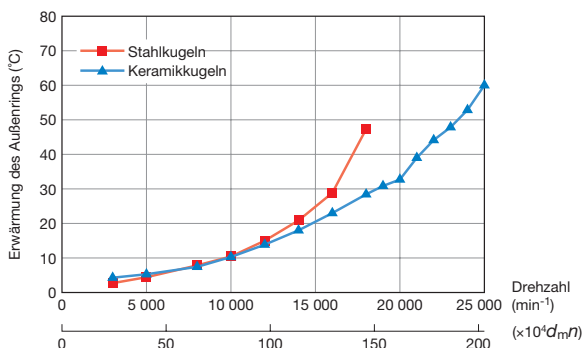
Die geringere Reibung der Wälzkörper im Betrieb bedeutet geringere Wärmeentwicklung.

→ Geringere  
Wärmeerzeugung  
ermöglicht extreme  
Drehzahlen

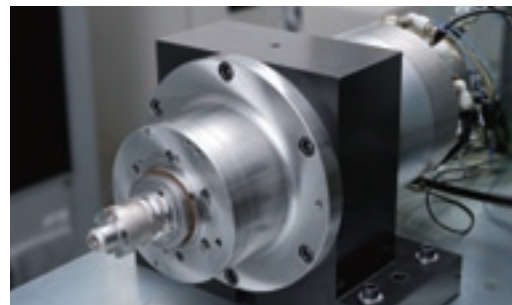
Rechnerisches Ergebnis der Erwärmung



Erwärmung des Außenrings bei hohen Drehzahlen

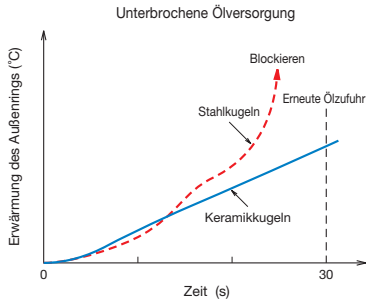


NSK Spindel erzielt ein  $n \times d_m$  von 4 Millionen mit Keramikugeln



## Geringe Blockierneigung

Bei Keramikugeln ist die Gefahr des Blockierens geringer als bei Stahlkugeln.



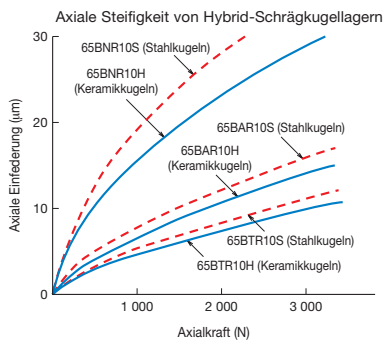
Zerspanung mit einer NSK-Spindel die mit Keramikugeln ausgerüstet ist



Fräser: Ø16  
Werkstoff: A5052  
Drehzahl: 20 000 min<sup>-1</sup>  
2 500 cm<sup>3</sup>/min

## Hohe Steifigkeit

Der Elastizitätsmodul von keramischen Kugeln ist um ca. 50% höher als der von Stahl. Sie sind daher ideal für Lager in Werkzeugmaschinen spindeln geeignet, bei denen eine hohe Steifigkeit gefordert ist.



Zerspanung mit NSK-Spindel die mit Keramikugeln ausgerüstet ist



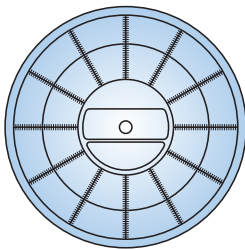
Stirnfräser: Ø80  
Werkstoff: S50C  
Drehzahl: 1 200 min<sup>-1</sup>  
504 cm<sup>3</sup>/min

## Hohe Genauigkeit

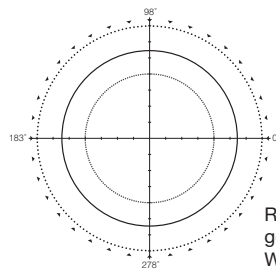
Die Erfahrung von NSK bei der Fertigung von Wälzkörpern in Verbindung mit einem optimierten Sinterprozess und verbesserten Werkstoffen ergeben Kugeln und Rollen mit

größerer Genauigkeit.

Lager mit diesen hochgenauen Keramikwälzkörpern sind für hochgenaue Maschinen wie geschaffen.



Kugeldurchmesser:  
9/32"  $\triangleq$  7,144 mm  
Vergrößerung: 50.000-fach



Rundheit eines  
geschliffenen  
Werkstückes  
0,14 µm  
Auflösung: 1 µm/Einheit



Rundheits-  
messgerät mit  
hoher  
Vergrößerung  
(200 000-fach)



Schrägkugellager mit  
Keramikugeln



Rollenlager mit Keramikrollen

## Kunststoffkäfige für hohe Drehzahlen

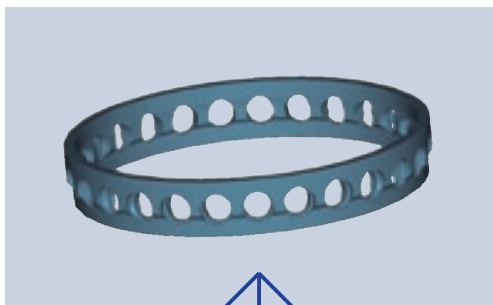
Kunststoffe werden wegen ihres geringen Gewichts (nur 1/6 der Dichte von Messing), der guten Formbarkeit und hohen Korrosionsbeständigkeit häufig für Wälzlagerkäfige eingesetzt. Kunststoffe lassen sich in der Zusammensetzung so verändern, dass gezielt geringere Reibung und Wärmeentwicklung und dadurch eine bessere Drehzahleignung erzielt wird. Spezielle verschleißarme Kunststoffe bewirken eine längere Fettgedächtsdauer. Kunststoffkäfige sind daher besonders für Lager in Werkzeugmaschinen spindeln eine gute Wahl.

## Schräglugellager

### Kugelgeführter Polyamidkäfig (TYN)

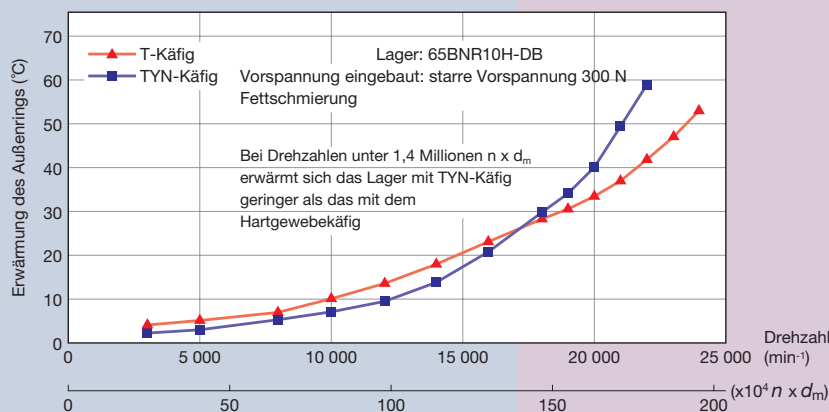
Geräuscharm

- Dieser Käfigtyp zeichnet sich durch geringere Reibung und Laufgeräusche aus.
- Der Käfig ist besonders für Fettschmierung geeignet. Der freie Raum im Lagerinneren ist größer als bei einem außenringgeführten Käfig, so dass mehr Schmierfett Platz findet.
- Bei Fettschmierung braucht das Lager mit Polyamidkäfig keine so lange Einlaufzeit wie mit einem Hartgewebekäfig.



Schräglugellager für höchste Drehzahlen, ROBUST-Reihe

Leistungsfähigkeit des Käfigs



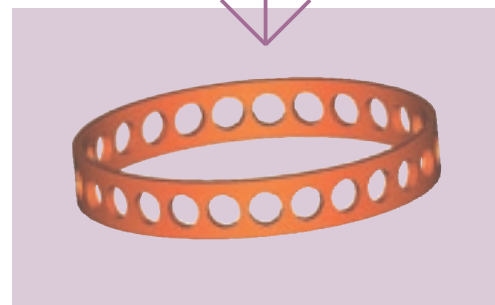
### Außenringgeführter Hartgewebekäfig (T, TR)

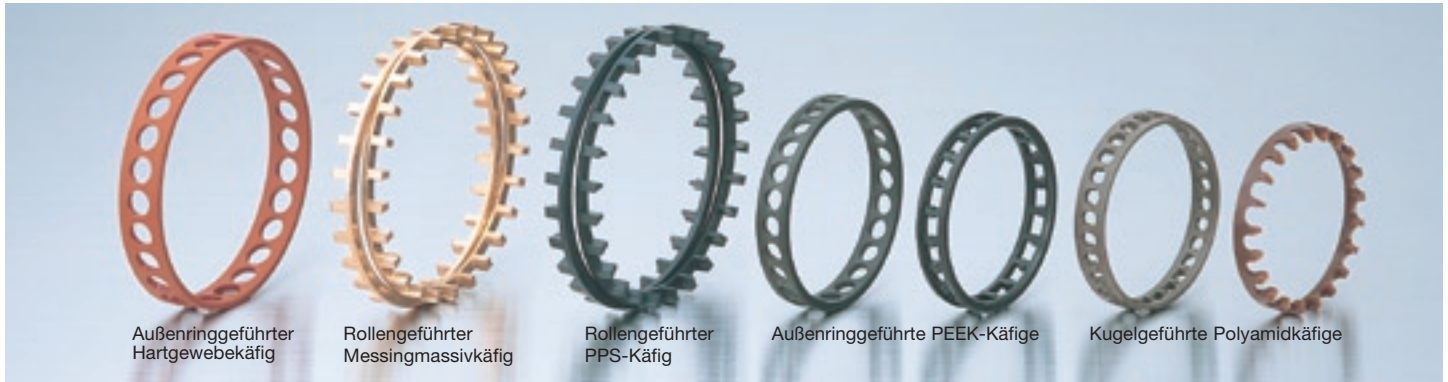
Höchste Drehzahl

Bei extrem hohen Drehzahlen hat der außenringgeführte Käfig ein stabileres Laufverhalten als der Polyamidkäfig.



Standard-Schräglugellager, STANDARD-Reihe  
Schräglugellager für höchste Drehzahlen, ROBUST-Reihe



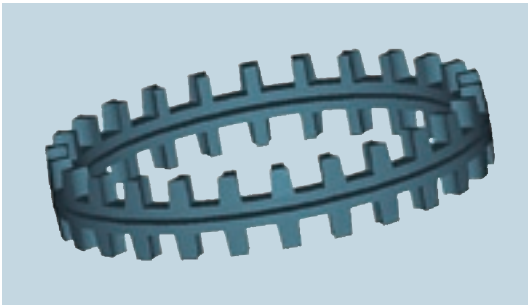


## Käfig bei 2-reihigen Zylinderrollenlagern

### Rollengeführter PPS-Käfig (Polyphenylensulfid) mit hoher Steifigkeit (TB)

Hohe Steifigkeit

- Beständig gegen die meisten sauren, basischen und organischen Lösungen
- Größere Festigkeit, Zähigkeit und Ermüdungsfestigkeit als herkömmliche Polyamid-Käfigwerkstoffe
- Temperaturbeständig bis 220 °C



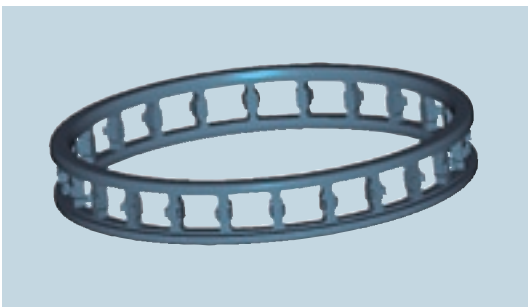
Zweireihiges Zylinderrollenlager  
Lagerbauform mit hoher Steifigkeit

## Käfig bei einreihigen Zylinderrollenlagern

### Außenringgeführter PEEK-Käfig (Polyetheretherketon) temperaturbeständig (TP)

Höchste Drehzahl

- Maßstabil, nur geringe Verformung bei hohen Drehzahlen
- Temperaturbeständig bis 240 °C
- Außerordentlich verschleißfest, für Öl-Minimalschmierung geeignet
- Große Festigkeit, Zähigkeit, Verschleiß- und Ermüdungsfestigkeit



Einreihiges Zylinderrollenlager für  
höchste Drehzahlen, Robust-Reihe

### Rollengeführter Messingmassivkäfig (MB, MR)

Normale Anwendung

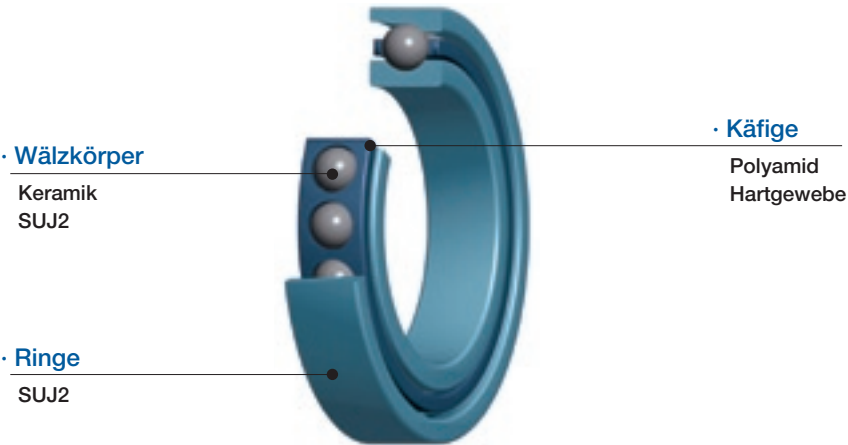
- Dieser Käfig weist hohe Temperaturbeständigkeit, Festigkeit und Steifigkeit auf.



# Lager-Komponenten

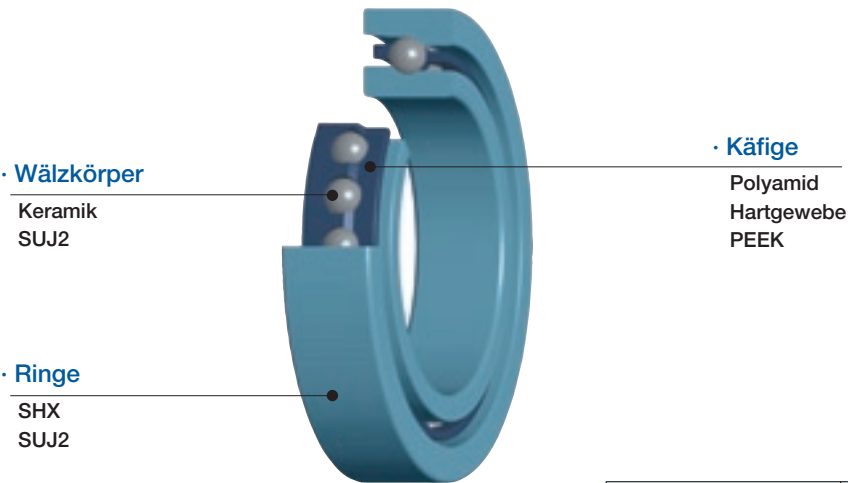
## Hochgenauigkeitslager mit optimierten Innenkonstruktionen

### Schräggugellager (Standard Reihen)



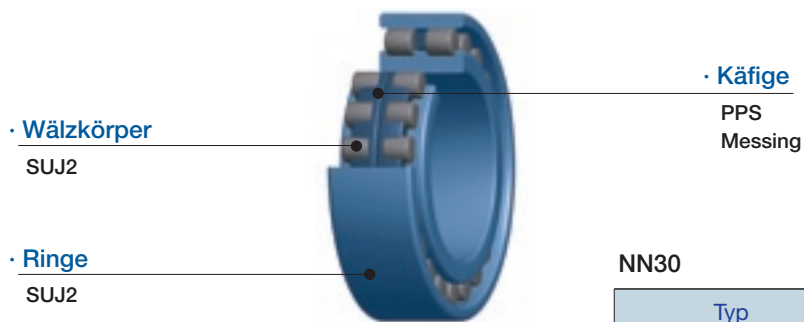
| Typ           | Ringe | Wälzkörper | Käfige                               |
|---------------|-------|------------|--------------------------------------|
| Stahlkugeln   | SUJ2  | SUJ2       | Polyamid 46 (TYN)<br>Hartgewebe (TR) |
| Keramikkugeln | SUJ2  | Keramik    |                                      |

### Schräggugellager (ROBUST Reihen)



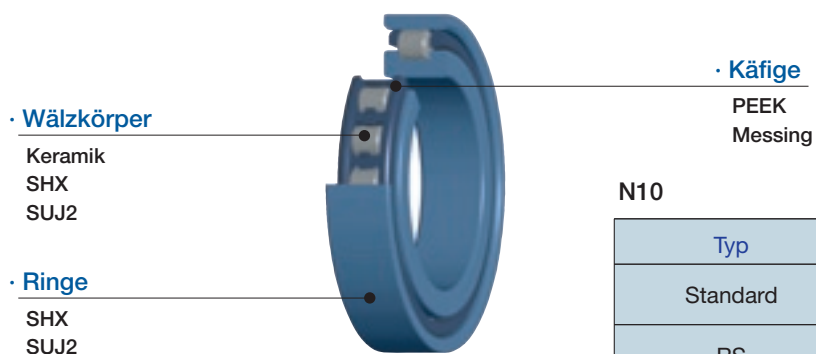
| Typ | Ringe | Wälzkörper | Käfige                                            |
|-----|-------|------------|---------------------------------------------------|
| S   | SUJ2  | SUJ2       | Polyamid 46 (TYN)<br>Hartgewebe (T)<br>PEEK (T42) |
| H   | SUJ2  | Keramik    |                                                   |
| X   | SHX   | Keramik    |                                                   |

## Zylinderrollenlager



NN30

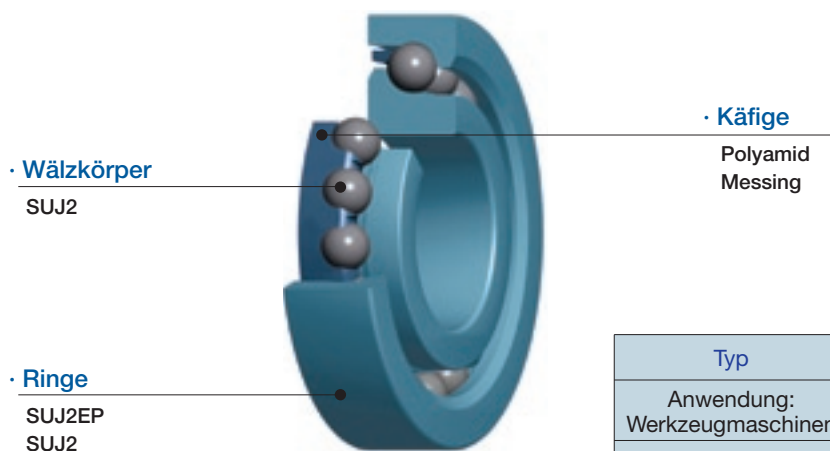
| Typ      | Ringe | Wälzkörper | Käfige                    |
|----------|-------|------------|---------------------------|
| Standard | SUJ2  | SUJ2       | PPS (TB)/<br>Messing (MB) |



N10

| Typ      | Ringe | Wälzkörper | Käfige       |
|----------|-------|------------|--------------|
| Standard | SUJ2  | SUJ2       | Messing (MR) |
| RS       | SUJ2  | SUJ2       | PEEK (TP)    |
| RX       | SHX   | SHX        |              |
| RXH      | SHX   | Keramik    |              |

## Axial-Schräggugellager für Kugelgewindetriebe



| Typ                              | Ringe  | Wälzkörper | Käfige                  |
|----------------------------------|--------|------------|-------------------------|
| Anwendung:<br>Werkzeugmaschinen  | SUJ2EP | SUJ2       | Polyamid 66             |
| Anwendung:<br>Spritzgußmaschinen | SUJ2   | SUJ2       | Polyamid 46/<br>Messing |

# Hochgenauigkeitslager – unser Produktsortiment

NSK fertigt Hochgenauigkeitslager in verschiedenen Bauformen, z. B. die Hochleistungslager der ROBUST-Reihe, die Sonderlager für besondere, kundenspezifische Anwendungen und die Lager der Standardreihe.



## Hochgenauigkeits-Schräglager

Standard Reihen

### Standard Reihen

NSK Hochgenauigkeitslager nach ISO-Norm für universelle Anwendungen.

- Reihen 70xx, 72xx, 79xx
- Drei Druckwinkel: 15° (C), 25° (A5), 30° (A)
- Zwei Kugelwerkstoffe: Stahl (ohne Kennzeichnung), Keramik (SN24)
- Zwei Käfigausführungen: Hartgewebe (TR) oder Polyamid (TYN) für unterschiedliche Anforderungen



## Schräglager für höchste Drehzahlen

ROBUST Reihen

### ROBUST Reihen (BNR, BER)

Hochleistungslager – entwickelt für eine geringe Erwärmung bei hohen Drehzahlen. Für Präzisionsbearbeitung und höchste Drehzahlen ausgelegt.

- Zwei Druckwinkel: 18° (BNR), 25° (BER)
- Zwei Kugelwerkstoffe: Stahl (Bauform S), Keramik (Bauform H und X)
- Zwei Käfigausführungen: Hartgewebe (TR) oder Polyamid (TYN) für unterschiedliche Anforderungen
- Die ROBUST-Reihen sind auch für Anwendungen mit höchsten Drehzahlen (über 3 Millionen  $n \times d_m$ ) geeignet.



## Abdichtung bei Schräglagern als Option

Option

### Option

Werkseitig fettbefüllt und abgedichtet für einfache Handhabung und problemlosen Einbau. Für Lageraustausch an Werkzeugmaschinenspindeln.

- Hochgenauigkeits-Schräglager der Standardreihen
- Schräglager für hohe Drehzahlen, ROBUST-Reihen
- Bohrungsdurchmesser 30 bis 100 mm; ISO-Reihe 10 und 19 (70xx und 79xx)



## Axial-Schräglager für hohe Drehzahlen

ROBUST Reihen

### ROBUST Reihen (BAR, BTR)

Axiallager mit hoher Steifigkeit für Drehmaschinen.

- Zwei Druckwinkel: 30° (BAR), 40° (BTR)
- Zwei Kugelwerkstoffe: Stahl (Bauform S), Keramik (Bauform H)



## Schräglager höchster Genauigkeit

ROBUST Reihen

### ROBUST Reihen (BGR)

Hochleistungslager speziell für Innenschleifmaschinen oder schnelllaufende Motoren mit Federvorspannung.

- Bohrungsdurchmesser von 6 bis 25 mm, Druckwinkel 15°
- Zwei Kugelwerkstoffe: Stahl (Bauform S), Keramik (Bauform H und X)
- Selbsthaltendes Lager
- Universalausführung (DU und SU)

Die ROBUST-Reihen sind die Hochleistungslager von NSK.



### Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen

ROBUST Reihen

Standard Reihen

Hochleistungs-Zylinderrollenlager für Anwendungen mit höchsten Drehzahlen, z.B. für Spindeln in Bearbeitungszentren.

- Zwei Käfigwerkstoffe: Messing (MR)<sup>(1)</sup> und PEEK-Kunststoff (TP)
  - Drei Werkstoffe für Wälzkörper: Wälzlagerstahl, SHX-Stahl, Keramik
  - Lager der ROBUST-Reihe RXH für höchste Drehzahlen, sind für Drehzahlen bis 2,2 Millionen  $n \times d_m$  geeignet
- <sup>(1)</sup> Standardreihe mit Käfig MR



### Zweireihige Zylinderrollenlager

Standard Reihen

#### Lager mit hoher Steifigkeit

Für hohe Steifigkeit bei hohen Drehzahlen ausgelegt, z.B. für Drehmaschinen-spindeln.

- Zwei Käfigwerkstoffe: Messing (MB), PPS-Kunststoff (TB)
- Standardspezifikation E44: Nachschmiernut und -bohrungen im Außenring



### Axial-Schräglager zur Lagerung von Kugelgewindetrieben

Sonderreihen

#### Für Werkzeugmaschinen

Axiallager hoher Steifigkeit zur Lagerung von Kugelgewindetrieben in Werkzeugmaschinen.

- Druckwinkel: 60°
- Universal paarbar zur Erzielung der erforderlichen Steifigkeit oder Lebensdauer
- Auch befettet erhältlich
- Auch mit berührenden, staubdichten Dichtscheiben und befüllt mit einem wasserfesten Fett lieferbar



### Axial-Schräglager zur Lagerung von Kugelgewindetrieben

Sonderreihen

#### Für Spritzgussmaschinen

Die Lager mit hoher Tragfähigkeit erreichen eine fünfmal so lange Lebensdauer wie Lager derselben Größe zur Lagerung von Kugelgewindetrieben in Werkzeugmaschinen.

- Nicht teilbare Lagerausführung, dadurch einfachere Handhabung als Kegelrollenlager oder Axial-Pendelrollenlager
- Optimale Konstruktion sorgt für geringeres Reibmoment
- Universal paarbar zur Erzielung der erforderlichen Steifigkeit oder Lebensdauer



### Genauigkeits-Rillenkugellager

Sonderreihen

Für schnellaufende Motoren und allgemein hohe Drehzahlen.

- Drei Käfigausführungen: kugelgeführter Polyamidkäfig (Ausführung T1X und TYA), innenringgeführter Hartgewebekäfig (T) für unterschiedliche Anforderungen
- Geräuscharmer und vibrationsarmer Lauf



Für hohe Drehzahlen bei gleichzeitig geringer Eigenerwärmung – ROBUST-Lager

## Leistungsmerkmale

- 1 Geringe Eigenerwärmung
- 2 Geringe Blockierneigung
- 3 Unempfindlich bei Temperaturänderungen – Robust
- 4 Stabiles Laufverhalten bei hohen Drehzahlen

Hohe Leistungsfähigkeit

### Spinshot™ II Bauform XE

Hochleistungslager mit großer Verschleißfestigkeit für höchste Drehzahlen, besonders geräuscharm durch spezielle Luft-Öl-Schmierung

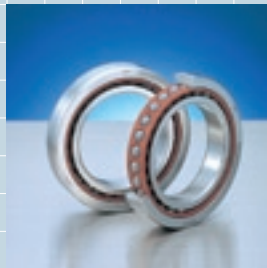
- Werkstoff der Lagerringe: wärmebeständiger SHX-Stahl
- Wälzkörper aus Keramik
- Käfigauswahl nach der erforderlichen Drehzahl  
Außenringgeführter Hartgewebekäfig: bis zu 2,5 Mio n x d<sub>m</sub>  
Außenringgeführter PEEK-Käfig: über 2,5 Mio n x d<sub>m</sub>



### ROBUST-Reihe Bauform X

Hochleistungslager mit hoher Verschleißfestigkeit und Sicherheit gegen Heilaufschäden bei hohen Drehzahlen

- Werkstoff der Lagerringe: wärmebeständiger SHX-Stahl
- Wälzkörper aus Keramik
- Außenringgeführter Hartgewebekäfig



### RROBUST-Reihe Bauform H

Hochleistungslager mit geringer Erwärmung bei hohen Drehzahlen

- Werkstoff der Lagerringe: Wälzlagerstahl
- Wälzkörper aus Keramik
- Käfigauswahl nach der erforderlichen Drehzahl
- Rollengeführter Polyamidkäfig: bis zu 1,4 Mio n x d<sub>m</sub>
- Außenringgeführter Hartgewebekäfig: bis zu 2,5 Mio n x d<sub>m</sub>



### ROBUST-Reihe Bauform S

Kostengünstige Ausführung durch Stahlkugeln

- Werkstoff der Lagerringe: Wälzlagerstahl
- Wälzkörper aus Wälzlagerstahl
- Kugelgeführter Polyamidkäfig (Standard)
- Wahlweise außenringgeführter Hartgewebekäfig



Hohe  
Drehzahlen

## Eigenschaften der XE-Lager

### Hohe Drehzahleignung (mit starrer Vorspannung)

Bei starrer Vorspannung Drehzahlen bis 2,5 Mio  $n \times d_m$  mit Kühlung  
(max. 2,7 Mio  $n \times d_m$  ohne Kühlung)

### Geräuscharmer Lauf

Um 3 bis 5 dB leiser als herkömmliche Öl-Luft-Schmiersysteme

### Einbaulage

Stabiler Lauf in vertikaler oder horizontaler Einbaulage

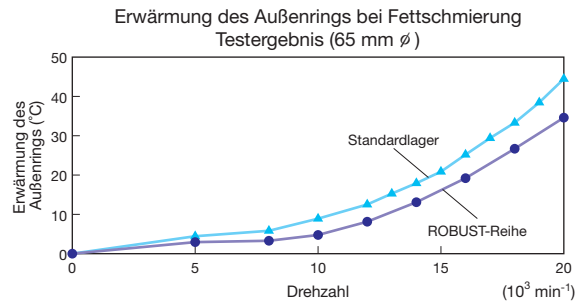
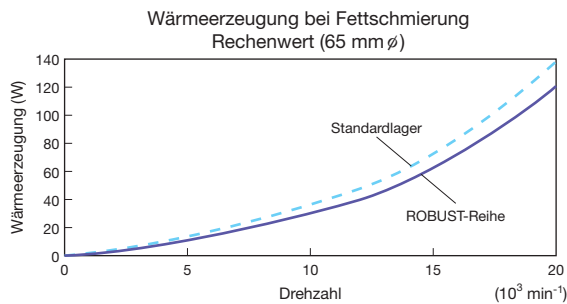
### Geringer Luftverbrauch

Der Luftverbrauch kann um 1/3 gegenüber der herkömmlichen Öl-Luft-Schmierung reduziert werden.

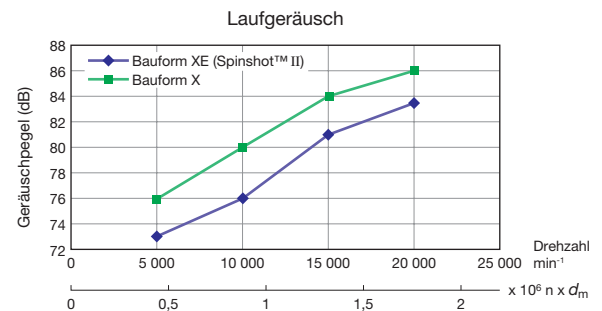
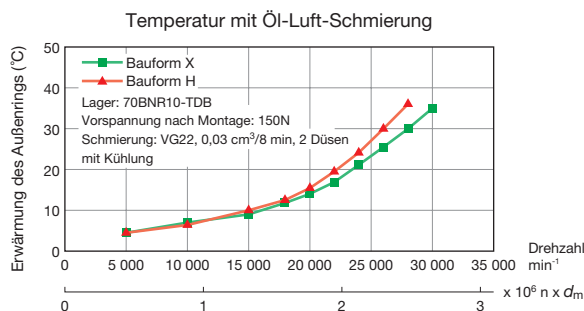
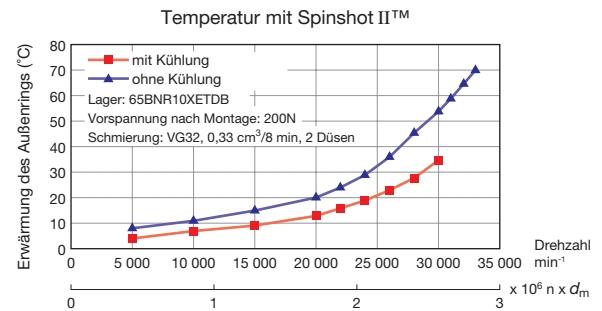
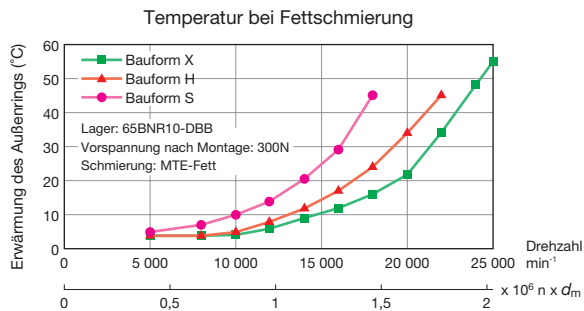


## Theoretische Untersuchungsergebnisse

Dank einer hoch entwickelten Berechnungssoftware, die Gleitungen der Kugeln im Lager simuliert und die Erwärmung berechnet, wurde eine optimierte Konstruktion ermöglicht. ROBUST-Lager erwärmen sich weniger stark als herkömmliche Lager und laufen daher auch bei höheren Drehzahlen stabiler.



## Testergebnisse



Entwickelt für hohe Drehzahlen und hohe Steifigkeiten

## Leistungsmerkmale

- 1 Geringe Eigenerwärmung
- 2 Geringere Blockierneigung
- 3 Stabiles Laufverhalten bei höchsten Drehzahlen

Hohe Leistungsfähigkeit



**Standardreihe**  
**Einreihiges Zylinderrollenlager**  
Standardlager mit Messingkäfig

- Werkstoff der Lagerringe: Wälzlagerstahl
- Rollengeführter Messingkäfig



**Lager mit hoher Steifigkeit**  
**Zweireihiges Zylinderrollenlager**

Hochleistungslager mit neuartigem Kunststoffkäfig

- Werkstoff der Lagerringe: Wälzlagerstahl
- Rollengeführter PPS-Käfig oder rollengeführter Messingkäfig, je nach Anforderungen der Anwendung



**ROBUST-Reihe Bauform RS**  
**Einreihiges Zylinderrollenlager für hohe Drehzahlen**

Kostengünstige Ausführung für hohe Drehzahlen

- Werkstoff der Lagerringe: Wälzlagerstahl
- Wälzkörper aus Stahl
- Außenringgeführter PEEK-Käfig



**ROBUST-Reihe Bauform RXH**  
**Einreihiges Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen**

Hochleistungslager mit hoher Verschleißfestigkeit und Sicherheit gegen Heißlaufschäden bei höchsten Drehzahlen

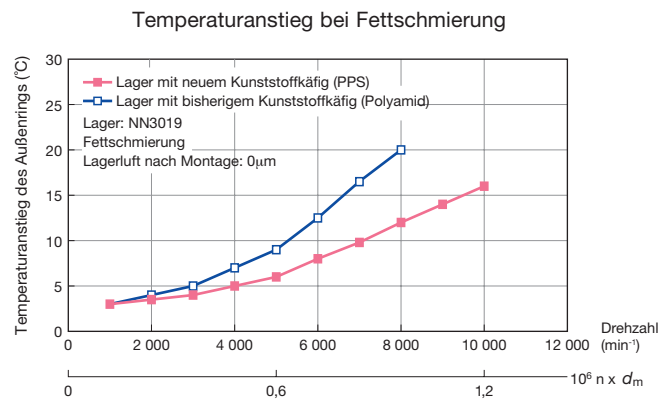
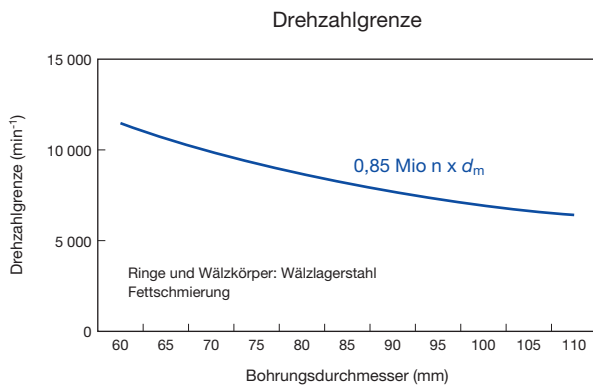
- Werkstoff der Lagerringe: wärmebeständiger SHX-Stahl
- Wälzkörper aus Keramik
- Außenringgeführter PEEK-Käfig

Hohe  
Drehzahlen

## Eigenschaften der zweireihigen Zylinderrollenlager mit hoher Steifigkeit

### · Längere Lagerlebensdauer

Der PPS-Käfig hat eine sehr große Festigkeit und ist außerordentlich wärmebeständig. Im Gegensatz zum Messingkäfig werden verschleißfördernde Abriebpartikel vermieden. Dadurch wird die Fettgebrauchsdauer erheblich verlängert.



## Eigenschaften der einreihigen Zylinderrollenlager der ROBUST-Reihe für höchste Drehzahlen

### · Geringe Eigenerwärmung

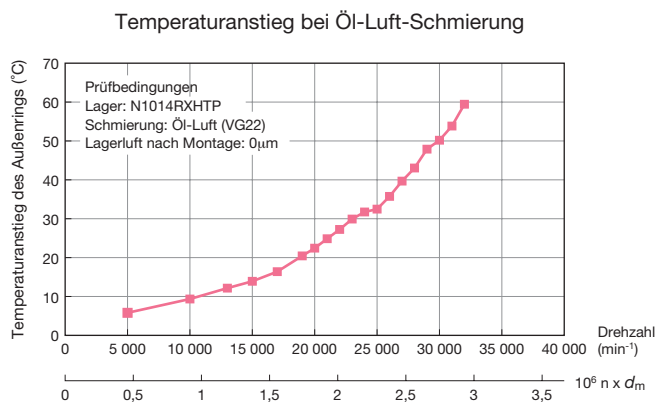
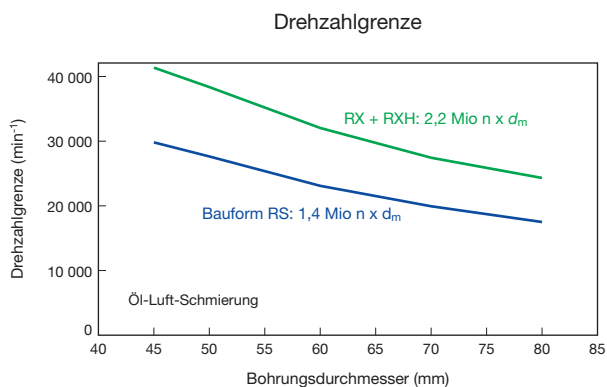
Innenkonstruktion und neuer Käfigwerkstoff bewirken eine geringe Eigenerwärmung.

### · Geringe Blockierneigung

Baureihen RX und RXH verwenden SHX-Stahl und weisen daher eine geringere Blockierneigung auf.

### · Hohe Drehzahlleistung

Bei Lagern der Bauformen RS, RX und RXH besteht der Käfig aus wärmebeständigem PEEK-Werkstoff, der für höchste Drehzahlen geeignet ist (über  $2,0 \text{ Mio } n \times d_m$ ).





Hochleistungslager mit hervorragender Drehzahleignung und großer Steifigkeit – die ROBUST-Reihen

## Leistungsmerkmale

- 1 Gute Drehzahleignung
- 2 Geringe Eigenerwärmung
- 3 Hohe Genauigkeit



**Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager  
Reihe BAR10**

Druckwinkel 30°, Eignung für höhere Drehzahlen. Austauschbar mit Lagern der Reihen BTR und TAC



**Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager  
Reihe BTR10**

Druckwinkel 40°, hohe axiale Steifigkeit, geringe Eigenerwärmung. Austauschbar mit Lagern der Reihe TAC



**Zweireihige Axial-Schräggugellager  
TAC-Reihe**

Druckwinkel 60°, sehr große axiale Steifigkeit

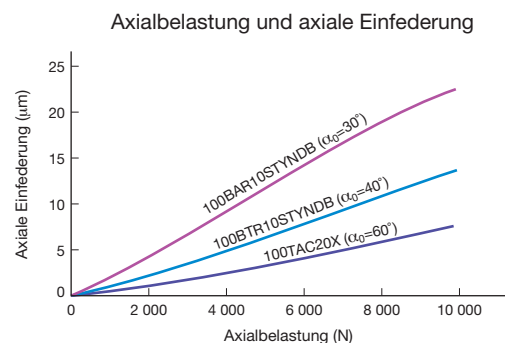
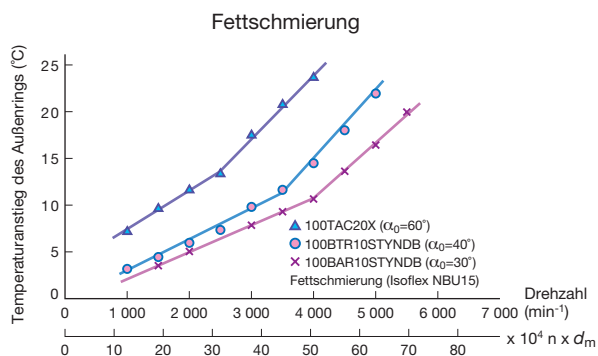
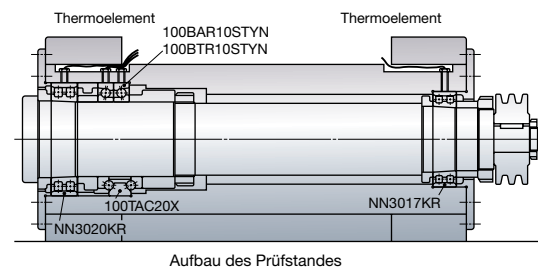
## Eigenschaften der Axial-Schräggugellager

### · Hohe Genauigkeit

Wegen der großen Genauigkeit besonders für Drehmaschinen-spindeln geeignet

### · Austauschbarkeit

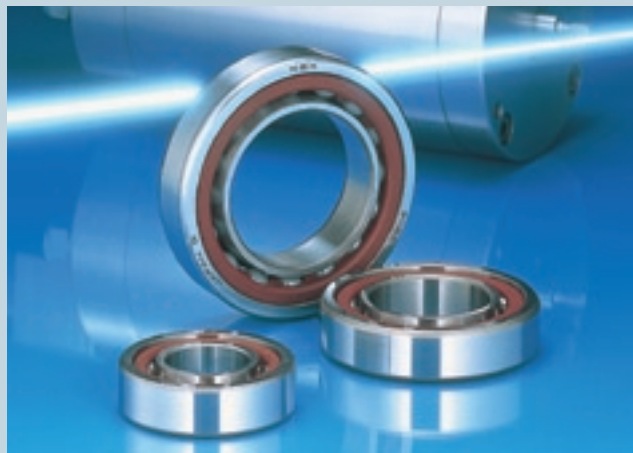
Je nach Anforderungen an Spindelsteifigkeit und Drehzahl können TAC-Lager fast ohne Veränderungen an der Spindel durch BTR- und BAR-Lager ersetzt werden. Siehe Abbildung rechts.



Lager für Innenrundschleifmaschinen bei höchsten Drehzahlen, höchster Genauigkeit und langer Lebensdauer – BGR-Reihen

## Leistungsmerkmale

- 1 Optimierte Innenkonstruktion
- 2 Nicht teilbar, dadurch einfache Handhabung
- 3 Beliebige Lagersätze durch Universalausführung möglich



### Eigenschaften der BGR-Reihen

#### · Optimierte Konstruktion

Der optimierte außenringgeführte Käfig bewirkt eine bessere Schmierstoffversorgung. Durch den zurückgesetzten Bord am Innenring wird der Schmierstoff besser durch das Lager geführt.

#### · Lange Lebensdauer

Der wärmebeständige SHX-Stahl bringt eine längere Lebensdauer (4-mal so lang).

#### · Einfache Handhabung

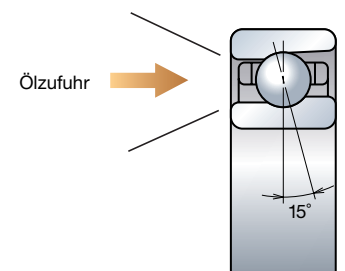
Nicht teilbar, dadurch einfacher Ein- und Ausbau

#### · Höchste Lagergenauigkeit

Standardmäßig ISO-Klasse 2 (ABMA ABEC9).

#### · Universalausführung

Es sind alle üblichen Lageranordnungen DB, DF oder DT, aber auch mehrreihige Kombinationen möglich.



## Hochleistungslager mit hoher Steifigkeit – Reihen TAC B

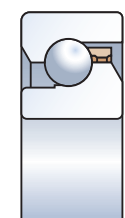
### Leistungsmerkmale

- 1 Längere Lebensdauer
- 2 Geringeres Anlaufreibmoment
- 3 Einfache Handhabung
- 4 Hohe Genauigkeit

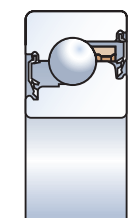


### Eigenschaften

- **Längere Lebensdauer**  
Längere Lebensdauer (3-mal so lang) durch hochreinen EP-Stahl
- **Hohe Steifigkeit**  
Besonders hohe axiale Steifigkeit durch spezielle Innenkonstruktion (Druckwinkel 60°, größere Anzahl Kugeln)
- **Geringeres Anlaufreibmoment**  
Geringeres Anlaufreibmoment als bei Kegelrollen- oder Zylinderrollenlager, dadurch ist eine große Positioniergenauigkeit auch mit kleinen Antriebsleistungen möglich.
- **Universalausführung**  
Es sind alle üblichen Lageranordnungen DB, DF oder DT, aber auch mehrreihige Kombinationen möglich. Die Universalausführung ist standard bei dieser Baureihe. Die Lager sind auch befettet erhältlich.
- **Hohe Laufgenauigkeit**  
Durch den neuen, steiferen Polyamidkäfig wird auch eine höhere Laufgenauigkeit erzielt.
- **Einfache Handhabung**  
Abgedichtete Lager mit einer besonders staubdichten Dichtungsausführung und mit einem wasserfesten Fett befüllt ermöglichen eine einfache Lagerhandhabung.



TAC B

TAC B  
gedichtet

Diese Hochleistungs-Sonderlager vereinfachen die Maschinenkonstruktion und senken die Kosten – Reihe TAC 02, 03

### Leistungsmerkmale

- 1 Geringer Platzbedarf, hohe Tragzahl
- 2 Große Zuverlässigkeit
- 3 Einfache Handhabung
- 4 Verringeres Reibmoment durch optimierte Konstruktion



### Eigenschaften der Axiallager für Kugelgewindetriebe in Spritzgussmaschinen

#### · Große Zuverlässigkeit

Dank der hohen Tragfähigkeit erreichen die Lager die fünffache Lebensdauer als TAC B-Lager derselben Größe.

#### · Einfache Handhabung

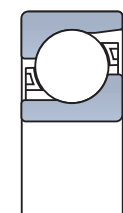
Nicht teilbare Lagerausführung, daher einfacher zu handhaben als Kegelrollenlager oder Axialpendelrollenlager

#### · Vereinfachte Konstruktion senkt Kosten

Die Vorspannung ist durch die Lagerkonstruktion gegeben, dadurch ist eine schnelle Montage möglich. Es sind auch keine weiteren Werkzeuge notwendig, somit können Kosten gespart werden.

#### · Geringeres Anlaufreibmoment

Die optimierte Innenkonstruktion bewirkt eine Verringerung des Reibmoments. In Anwendungen, in denen heute wegen der großen Belastungen Rollenlager eingesetzt werden, kann mit diesen Lagern das Lagerreibmoment verringert werden.



TAC03AT85



Auch für Lageraustausch an vorhandenen Spindeln geeignet – ROBUST-Reihen und Standardreihen

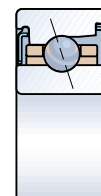
## Leistungsmerkmale

- **Einfache Handhabung**

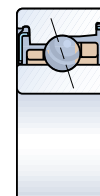
Die Lager müssen beim Zusammenbau der Spindel nicht befettet werden.

- **Umweltfreundlich**

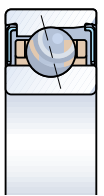
Abgedichtete Ausführung verhindert Fettaustritt.



ROBUST-Reihe  
mit T-Käfig



ROBUST-Reihe  
mit TYN-Käfig



Standard-Reihe  
mit TR-Käfig

## Weitere Produkte

# Abgedichtete Präzisions-Zwischenringe

Die Abdichtung verhindert Verunreinigungen.

Die Präzisions-Zwischenringe sind für Werkzeugmaschinenspindeln erhältlich.

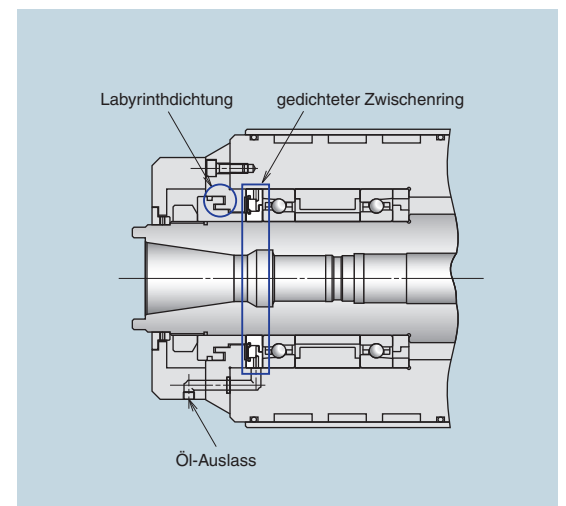
## Leistungsmerkmale

- **Umweltfreundlich**

Abgedichtete Ausführung verhindert Fettaustritt.

- **Äußerst zuverlässig**

Verringert in fettgeschmierten Spindeln die Verunreinigungen durch Staub oder Kühlschmierstoff



## MTS, MTE, ENS

## Leistungsmerkmale

- MTS** Enthält einen Polyharnstoff-Verdicker dadurch weiter Temperatureinsatzbereich.  
Empfehlung für Werkzeugmaschinenspindeln mit höchsten Drehzahlen
- MTE** Auslegung für höhere Belastungen  
Empfehlung für schnellaufende Werkzeugmaschinenspindeln
- ENS** Biologisch abbaubar, umweltfreundlich



MTE und MTS sind in 100 g-Tuben und 1 kg-Dosen, ENS in 2,5 kg-Dosen erhältlich.

## Die Eigenschaften der Fette

| Eigenschaft                                               | Prüfbedingungen | MTS                       | MTE           | ENS           | Prüfverfahren     |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|---------------|---------------|-------------------|
| Verdicker                                                 | —               | Polyharnstoff             | Bariumkomplex | Polyharnstoff | —                 |
| Grundöl                                                   | —               | Gemisch aus Synthetikölen | Esteröl       | Esteröl       | —                 |
| kinematische Viskosität des Grundöls (mm <sup>2</sup> /s) | 40°C            | 22                        | 20            | 32            | JIS K2220<br>5.19 |
| Walkpenetration NLGI                                      | 25°C, 60 W      | 2–3                       | 2             | 2             | JIS K2220<br>5.3  |
| Tropfpunkt (°C)                                           | —               | > 220                     | > 220         | > 260         | JIS K2220<br>5.4  |
| Verdampfungsverlust (Massenanteil %)                      | 99°C × 22 H     | 0,3                       | 0,4           | 0,4           | JIS K2220<br>5.6B |
| Ölabscheidung (Massenanteil %)                            | 100°C × 24 H    | 0,4                       | 1,0           | 1,1           | JIS K2220<br>5.7  |

# Die Auswahl des richtigen Lagers ist entscheidend.

Hochgenauigkeitslager sind für hohe Drehzahlen, Steifigkeiten und Genauigkeiten ausgelegt, die anspruchsvolle Werkzeugmaschinenanwendungen erfordern. So wie jede Anwendung eigene Anforderungen stellt, hat auch jede Lagerbauart ihre speziellen Eigenschaften.

Daher ist es entscheidend, das passende Lager für die jeweilige Anwendung auszuwählen.

## **Nutzen Sie bei der Lagerauswahl die technische Unterstützung von NSK.**

NSK unterstützt Konstrukteure und Anwender bei der Auswahl des geeigneten Lagers, das in der jeweiligen Anwendung die optimale Leistung bringt.

Bei der Konstruktion einer neuen Spindel sowohl für höchste Drehzahlen als auch bei speziellen kundenspezifischen Anwendungen sowie bei der Lagerauswahl helfen wir Ihnen gerne. Wir verfügen über die Erfahrung und die Kompetenz auf dem neuesten Stand der Technik von Hochgeschwindigkeits-Hauptspindeln, die Ihnen helfen, die besten Lager für Ihre Anwendung zu finden. Wenn Sie weitere Informationen zur neuesten NSK Technologie wünschen, besuchen Sie uns im Internet oder rufen Sie einfach an.

NSK im Internet

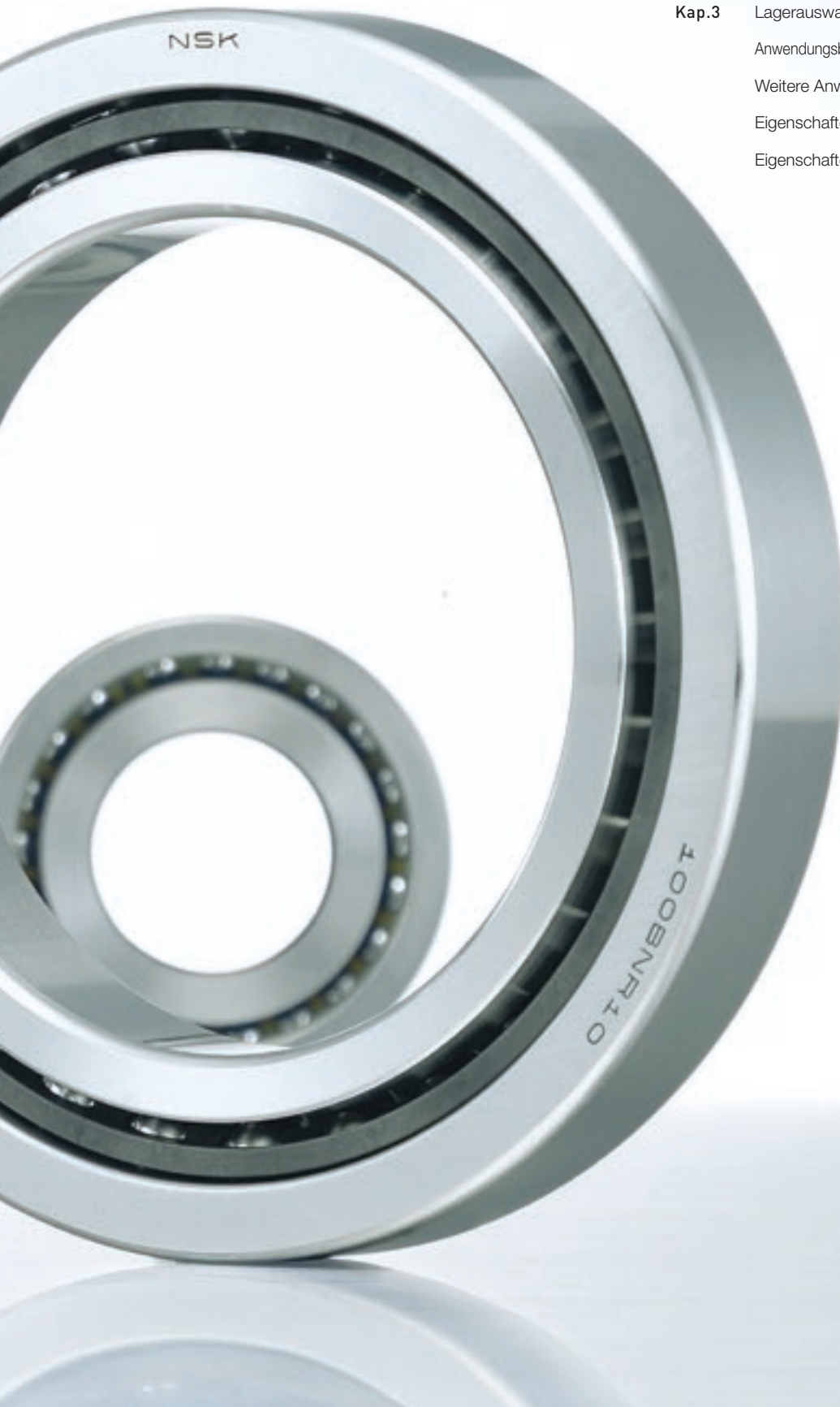
<http://www.nskeurope.com>



# Kapitel 3

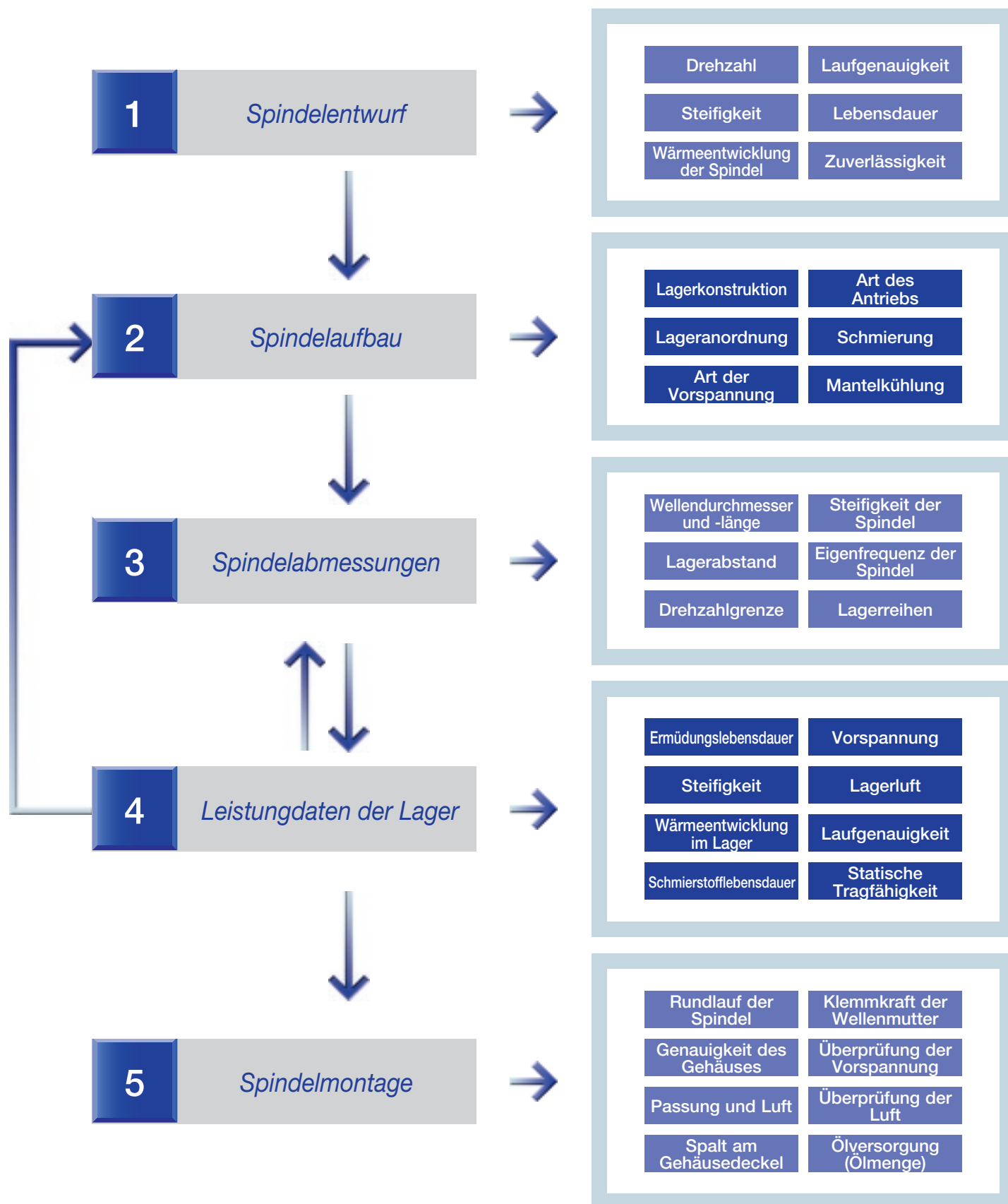
## Inhalt

|       |                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------|----|
| Kap.3 | Lagerauswahl                                               | 36 |
|       | Anwendungsbeispiele typischer Hochgeschwindigkeitsspindeln | 38 |
|       | Weitere Anwendungsbeispiele                                | 40 |
|       | Eigenschaften von Schrägkugellagern                        | 42 |
|       | Eigenschaften von Zylinderrollenlagern                     | 44 |



# LAGERAUSWAHL

Das unten stehende Diagramm zeigt die fünf Schritte bei der Auswahl eines Lagers für eine Hochgeschwindigkeitsspindel und erläutert, welche Faktoren jeweils zu berücksichtigen sind.





NSK hilft Ihnen gerne. Ob Sie eine vollkommen neue Spindel, eine Spindel für höchste Drehzahlen oder eine Spindel für eine spezielle Anwendung konstruieren. Unsere Erfahrung und unser technisches Fachwissen stehen unseren Kunden zur Verfügung.



Für die Auslegung einer Hauptspindel sollte als Erstes das Anforderungsprofil festgelegt werden, welches die Spindel erfüllen muss. Viele Eigenschaften verhalten sich konträr zueinander, deshalb muss entschieden werden, welche Anforderungen am wichtigsten sind. Eine Spindel für höchste Drehzahlen kann zum Beispiel nur verwirklicht werden, wenn Abstriche bezüglich der Steifigkeit akzeptiert werden.



Im nächsten Schritt ist der beste Aufbau der Spindel zu finden. Dies erfordert die Betrachtung jedes einzelnen Bauteils der Spindel d.h.: Lagerbauform (Schräggugellager oder Rollenlager), Lageranordnung (Anzahl der Lagerreihen), Art des Antriebs (Riementrieb, Direktantrieb oder Motorspindel) und Art der Schmierung (Fettschmierung, Öl-Luft-Schmierung oder Öleinspritzschmierung). Bei allen Festlegungen muss sichergestellt werden, dass die Anforderungen, die in Schritt 1 festgelegt wurden, von der Spindel erfüllt werden. Nehmen Sie bitte das Diagramm auf den Seiten 38/39 zu Hilfe. Es zeigt Ihnen den Zusammenhang zwischen Spindelaufbau, Drehzahleignung und Steifigkeit.



**Kap. 3**



Als Nächstes werden die geometrischen Abmessungen wie Spindeldurchmesser, -länge und Lagerabstand festgelegt. Die Größe der Spindel bestimmt somit die maximale Drehzahl der Lager, die Steifigkeit und die Eigenfrequenz der Spindel. Da ausgewählte Lagerbauform, Lagerreihe und Lageranordnung in Verbindung mit der vorgesehenen Art der Schmierung die maximale Drehzahl der Spindel festlegen, nehmen Sie bitte Kapitel 4 und 5 zu Hilfe, bevor Sie eine endgültige Auswahl treffen.



**Kap. 4**

**Kap. 5**



Nach der Festlegung der Lagerbauform und Größe erfolgt die Festlegung der vollständigen Lagerspezifikation. Für die Auswahl der Lagerluft oder Vorspannung ist es notwendig, die Größen wie Ermüdungslebensdauer, axiale und radiale Steifigkeiten sowie die Erwärmung der Lager zu bestimmen. Die Luft oder die Vorspannung der Lager muss besonders sorgfältig festgelegt werden, da sie den größten Einfluss – besonders bei hohen Drehzahlen – auf das Laufverhalten der Spindel hat. Wird die Vorspannung falsch festgelegt, sind vorzeitige Ausfälle oder ein Blockieren der Lager zu erwarten. Manchmal ist es notwendig, Schritt 3 oder sogar ab Schritt 2 zu wiederholen, bis eine fehlerfreie Spindelkonstruktion erreicht wird.



**Kap. 5**



Im letzten Schritt wird die Montage der Spindel festgelegt. Das Einhalten der erforderlichen Genauigkeiten für die Lagersitzstellen ist unbedingt notwendig. Die Passungen für die Lagersitze sind sorgfältig auszuwählen, die richtige Klemmkraft für die Lagermontage ist zu verwenden. Es muß überprüft werden, ob die Erhöhung der Vorspannung nach dem Lagereinbau zulässig ist.

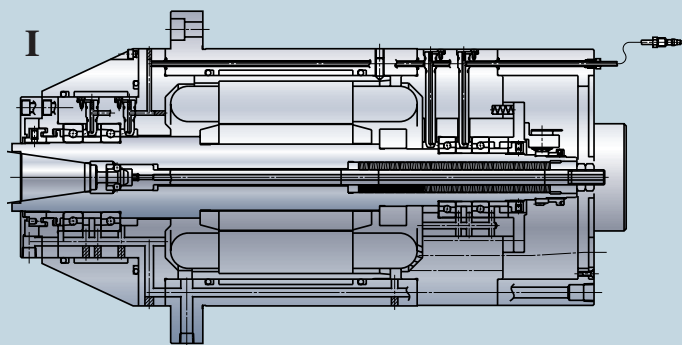


**Kap. 6**

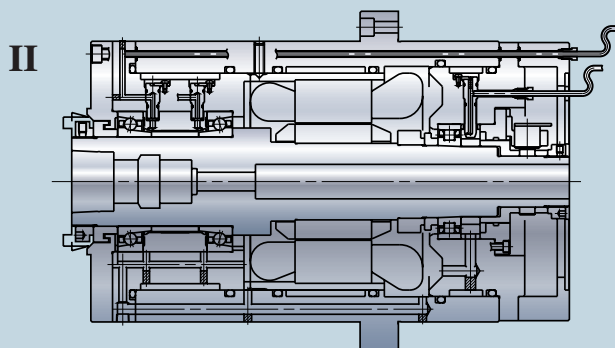
# ANWENDUNGSBEISPIELE ÜBLICHER HOCHGESCHWINDIGKEITSSPINDELN

(Drehzahlkennwert über  $n \times d_m$  700.000)

Drehzahlkennwert ( $n \times d_m$ )



| Öl-Luft-Schmierung    | Fettschmierung        |
|-----------------------|-----------------------|
| $nxd_m \nearrow 3,5M$ | $nxd_m \nearrow 2,0M$ |



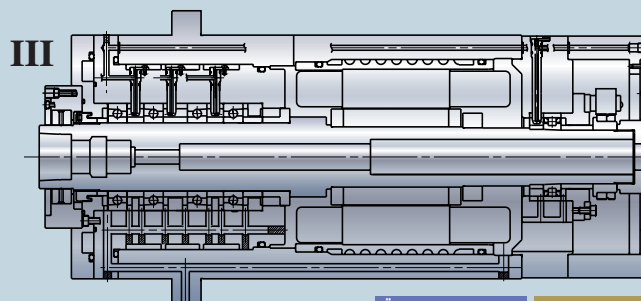
| Öl-Luft-Schmierung    | Fettschmierung        |
|-----------------------|-----------------------|
| $nxd_m \nearrow 2,5M$ | $nxd_m \nearrow 1,5M$ |

## Lageranordnung III

- Vordere Lagerstelle: Schrägkugellager für höchste Drehzahlen im Viersatz (DBB)
- Hintere Lagerstelle: Einreihiges Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (bei Verwendung von Schrägkugellagern ist eine starre Vorspannung oder eine Federvorspannung möglich)

Spindeln mit dieser Lagerung erreichen niedrigere Drehzahlen, dafür aber höhere radiale und axiale Steifigkeiten als Lageranordnung 2.

Anwendungen: NC-Drehmaschinen, NC-Fräsmaschinen, Bearbeitungszentren usw.



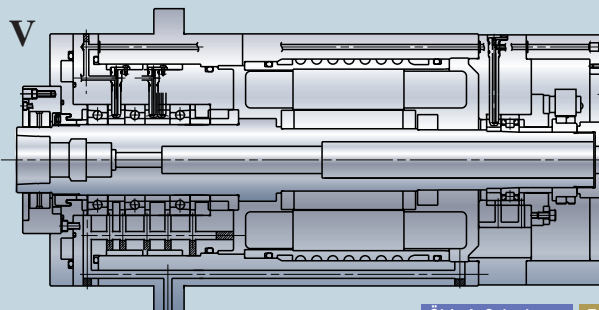
| Öl-Luft-Schmierung    | Fettschmierung        |
|-----------------------|-----------------------|
| $nxd_m \nearrow 2,2M$ | $nxd_m \nearrow 1,3M$ |

## Lageranordnung V

- Vordere Lagerstelle: Schrägkugellager für höchste Drehzahlen im Dreiersatz (DBD)
- Hintere Lagerstelle: Einreihiges Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (bei Verwendung von Schrägkugellagern ist eine starre Vorspannung oder eine Federvorspannung möglich)

Spindeln mit dieser Lagerung erreichen niedrigere Drehzahlen, dafür aber höhere radiale und axiale Steifigkeiten als Lageranordnung II, sowie niedrigere Drehzahlen und Steifigkeiten als Spindeln mit Lageranordnung III und IV.

Anwendungen: NC-Drehmaschinen, NC-Fräsmaschinen, Bearbeitungszentren usw.



| Öl-Luft-Schmierung    | Fettschmierung        |
|-----------------------|-----------------------|
| $nxd_m \nearrow 1,8M$ | $nxd_m \nearrow 1,2M$ |

Steifigkeit der Hauptspindel

## Lageranordnung I

Vordere Lagerstelle: Schrägkugellager für höchste Drehzahlen im Zweiersatz (DT)

Hintere Lagerstelle: Schrägkugellager für höchste Drehzahlen im Zweiersatz (DT)

Spindeln mit dieser Lagerung sind für den Betrieb bei höchsten Drehzahlen ausgelegt. Es wird Federvorspannung verwendet. Diese Spindel hat zwar eine geringere Steifigkeit als eine Spindel mit starrer Vorspannung, kann aber bei geringerer Erwärmung mit höheren Drehzahlen laufen.

Anwendungen: Bearbeitungszentren, Schleifmaschinen, Hochfrequenzspindeln usw.

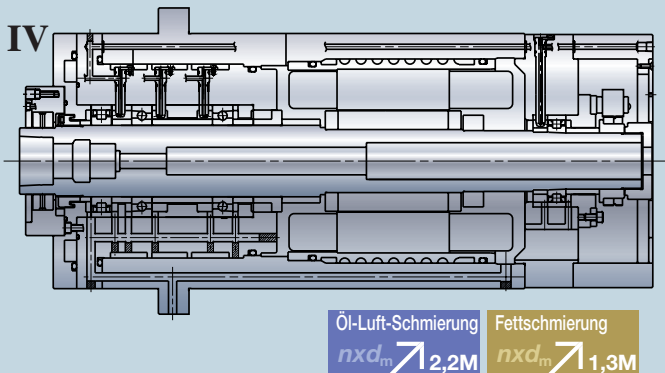
## Lageranordnung II

Vordere Lagerstelle: Schrägkugellager für höchste Drehzahlen im Zweiersatz (DB)

Hintere Lagerstelle: Einreihiges Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (bei Verwendung von Schrägkugellagern ist eine starre Vorspannung oder eine Federvorspannung möglich)

Spindeln mit dieser Lagerung sind für den Betrieb bei höchsten Drehzahlen ausgelegt. Es wird eine feste Vorspannung verwendet. Solche Spindeln weisen eine größere radiale und axiale Steifigkeit als Spindeln der Lageranordnung I auf. Ein besserer Ausgleich von Wärmedehnungen wird durch die Verwendung von Zylinderrollenlagern in der hinteren Lagerposition erreicht.

Anwendungen: Bearbeitungszentren, Schleifmaschinen, Hochfrequenzspindeln usw.



## Lageranordnung IV

Vordere Lagerstelle: Einreihiges Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen und Schrägkugellager im Zweiersatz (DB)

Hintere Lagerstelle: Einreihiges Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (bei Verwendung von Schrägkugellagern ist eine starre Vorspannung oder eine Federvorspannung möglich)

Spindeln mit dieser Lagerung sind, wie auch Spindeln mit Lageranordnung III, für hohe Drehzahlen geeignet. Durch das Zylinderrollenlager in der vorderen Lagerposition ist die radiale Steifigkeit hoch, so dass eine solche Spindel sowohl für hohe Drehzahlen als auch für hohe Belastungen geeignet ist.

Anwendungen: NC-Drehmaschinen, NC-Fräsmaschinen, Bearbeitungszentren usw.

## Lageranordnung VI

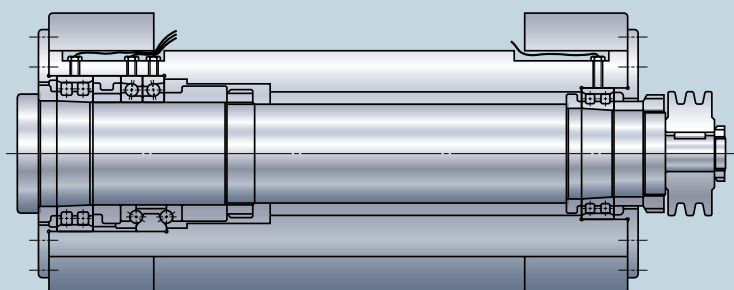
Vordere Lagerstelle: Zweireihiges Zylinderrollenlager und ein Schrägkugellager-Zweiersatz (DB)

Hintere Lagerstelle: Zweireihiges Zylinderrollenlager

Spindeln mit dieser Lagerung weisen von allen Anwendungsbeispielen die kleinste Drehzahleignung auf, haben aber dafür die höchste radiale und axiale Steifigkeit.

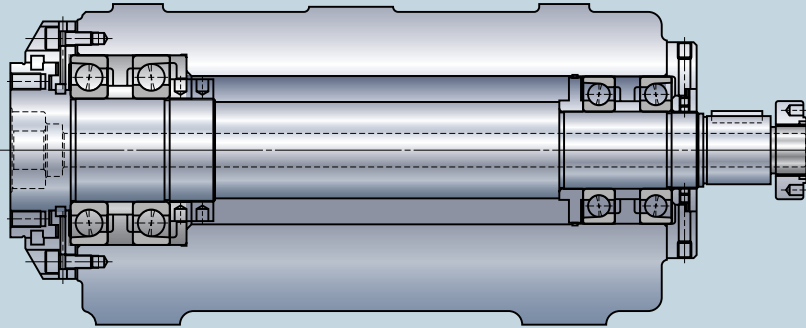
Anwendungen: NC-Drehmaschinen, NC-Fräsmaschinen, Bearbeitungszentren usw.

VI

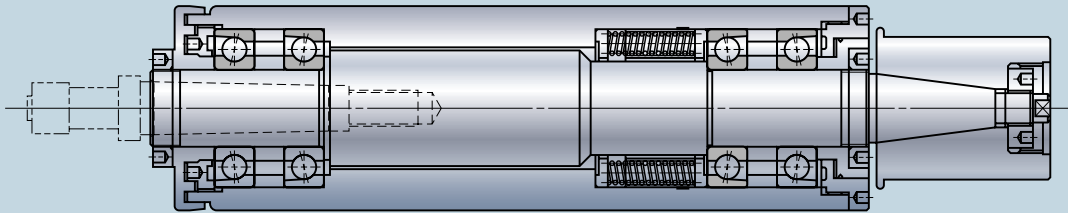


# WEITERE ANWENDUNGSBEISPIELE

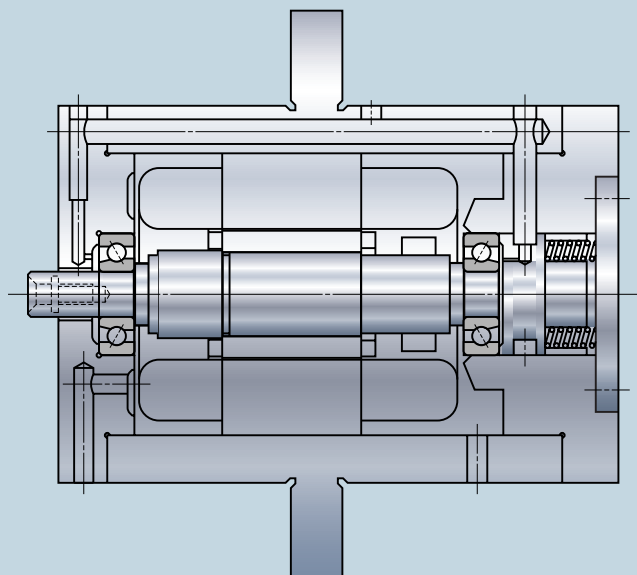
Bohreinheit



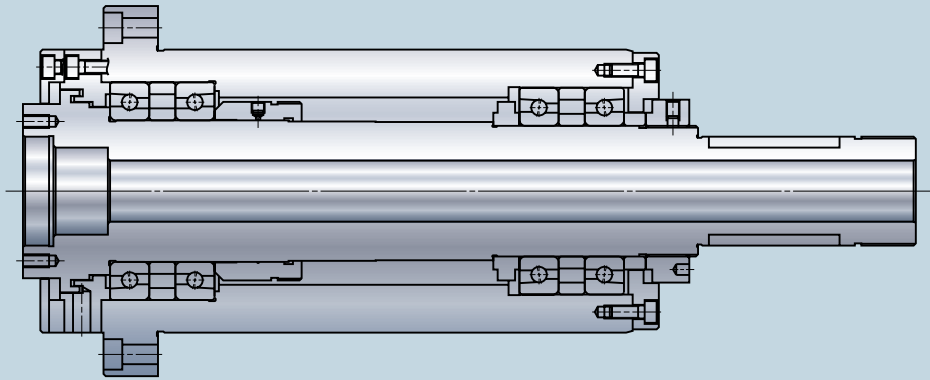
Schleifspindel



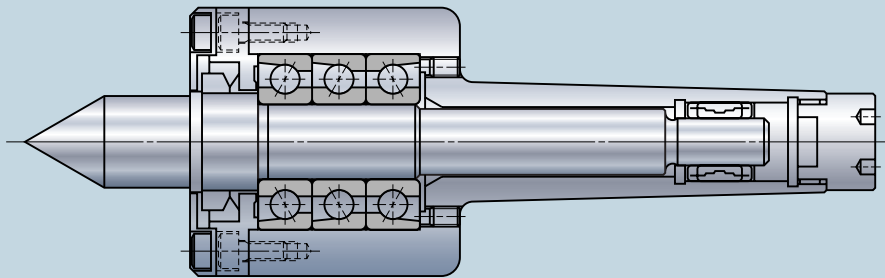
Hochfrequenzspindel



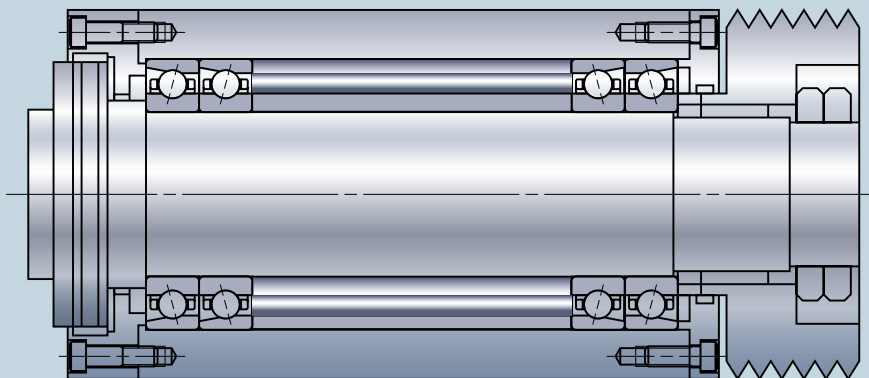
### Spindeleinheit einer Präzisionsdrehmaschine



### Mitlaufende Körnerspitze



### Spindeleinheit





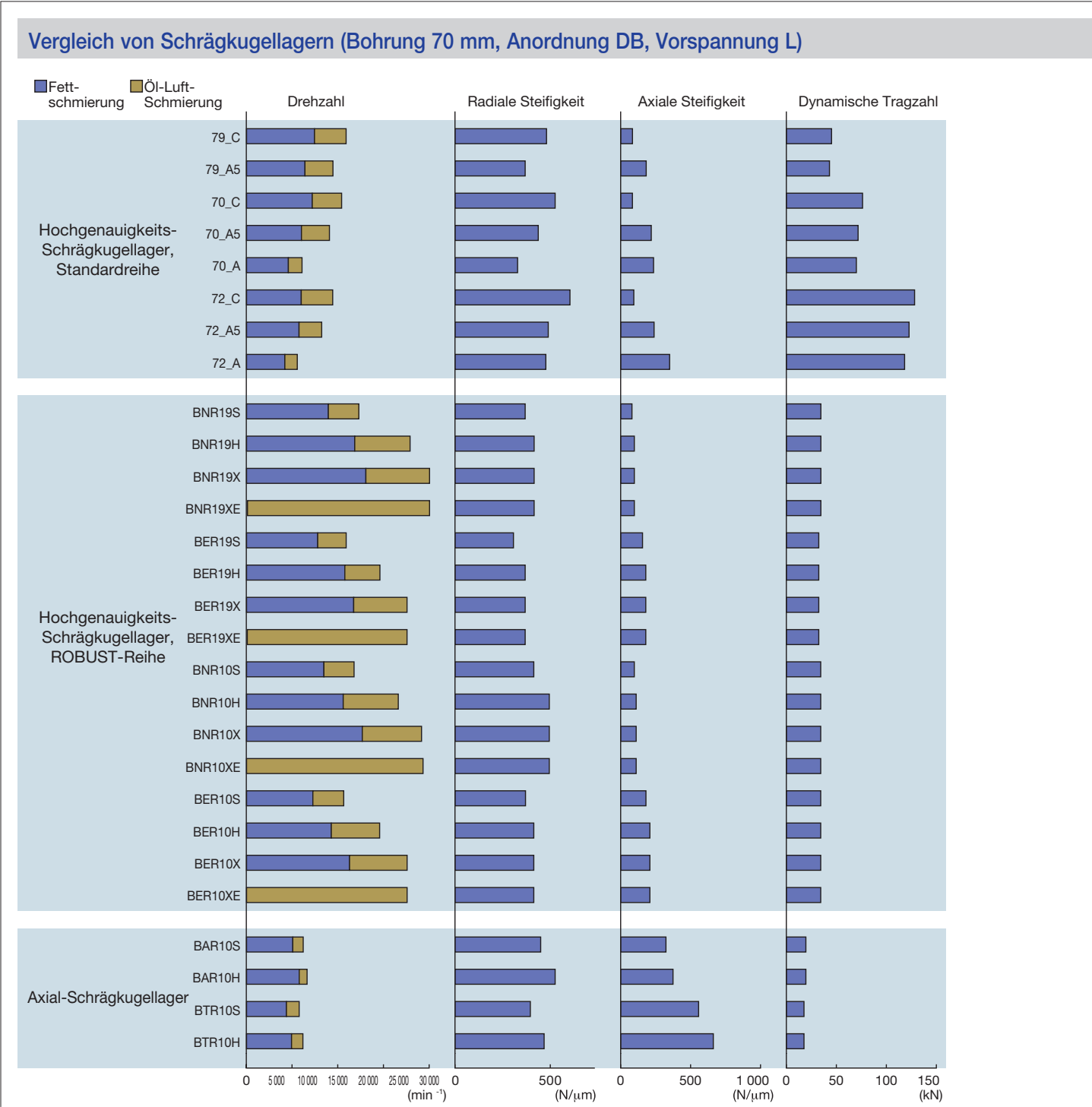
# EIGENSCHAFTEN VON SCHRÄGKUGELLAGERN

## Die wichtigsten Eigenschaften von Schrägkugellagern

■ Definierter Druckwinkel

Verwendung in zusammen-  
gesetzten Sätzen mit  
definierter Vorspannung

Die wichtigsten Merkmale von Schrägkugellagern sind zum einen der definierbare Druckwinkel und zum anderen die Eignung für einen Betrieb unter Vorspannung. Diese beiden Punkte sind bei der Auswahl eines Schrägkugellagers unbedingt zu berücksichtigen, weil dadurch die Lagereigenschaften entscheidend beeinflusst werden. Nur wenn die Auswirkungen einer Änderung von Druckwinkel und/oder Vorspannung bekannt sind, kann man das optimale Lager für die jeweilige Anwendung bestimmen. Die unten stehende Tabelle vergleicht die Eigenschaften verschiedener Schrägkugellager-Baureihen in Abhängigkeit von dem Druckwinkel bei gleicher Lagerbohrung, Vorspannung und Lagerpaarung.

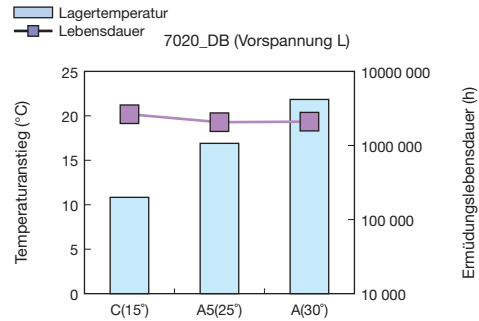
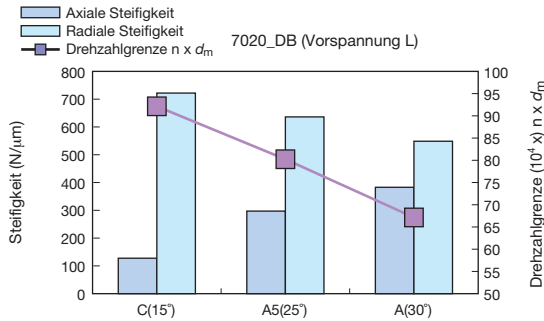


## Der Einfluss des Druckwinkels

Mit zunehmendem Druckwinkel weisen Schrägkugellager eine größere axiale Tragfähigkeit auf, jedoch auf Kosten der Drehzahleignung. Ein Schrägkugellager mit kleinerem Druckwinkel ist daher für hohe Drehzahlen und große Radiallasten besser geeignet.

Die unten stehende Darstellung vergleicht die Steifigkeit, die Drehzahlgrenze und die Erwärmung in einem Schrägkugellager 7020 mit jeweils unterschiedlichem Druckwinkel: C – 15°, A5 – 25° und A – 30°.

Bei gleicher Vorspannungsklasse L weist das Lager mit Druckwinkel C bei geringerem Temperaturanstieg eine größere radiale Steifigkeit auf als das Lager mit Winkel A. Das Lager mit Winkel A hat dafür die höchste axiale Steifigkeit – dreimal so groß wie mit Winkel C –, aber die Drehzahlgrenze liegt niedriger als bei den anderen Ausführungen.

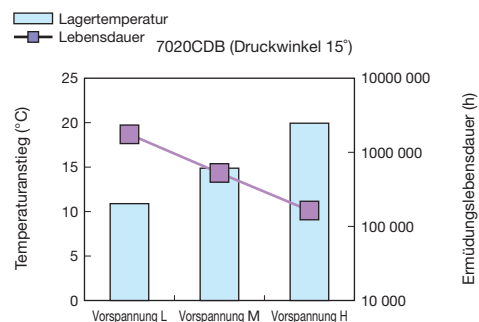
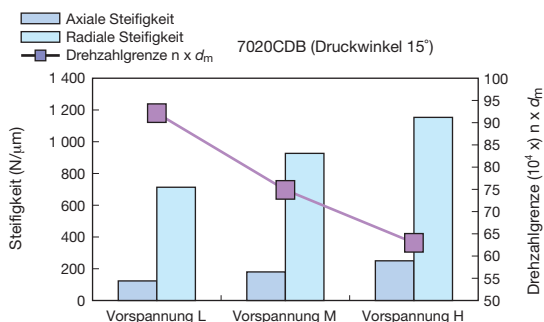


## Der Einfluss der Vorspannung

Die Vorspannung hat ähnlichen Einfluss auf die Eigenschaften eines Schrägkugellagers wie der Druckwinkel. Mit steigender Vorspannung wird die Lagerung steifer, aber bei verminderter Drehzahleignung. Die Standard-Vorspannungsklassen von NSK sind EL – extra leicht, L – leicht, M – mittel und H – hoch.

In der unten stehenden Abbildung sind die Eigenschaften eines Lagers 7020CDB mit drei dieser Vorspannungsklassen dargestellt. Bei gleichem Berührungswinkel nehmen die axiale und radiale Steifigkeit mit steigender Vorspannung zu. Es steigt jedoch auch die Lagertemperatur an, so dass Drehzahlgrenze und rechnerische Lebensdauer reduziert werden.

Hohe Steifigkeit lässt sich nur auf Kosten der Drehzahl erreichen. Und umgekehrt: Höhere Drehzahlen bedeuten stets Abstriche bei der Steifigkeit. Bei gleichzeitig zu hoher Vorspannung und hohen Drehzahlen besteht immer die Gefahr, dass die Lager blockieren.

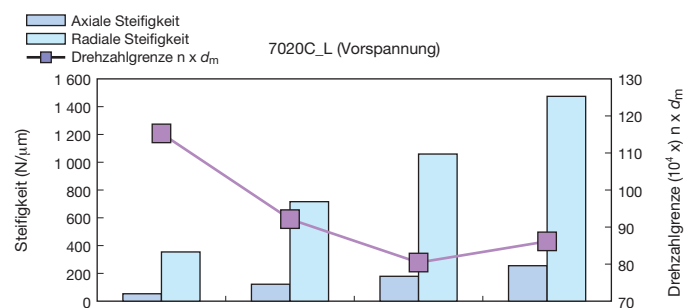


## Der Einfluss der Lageranordnung

Schrägkugellager werden normalerweise in Sätzen aus mehreren Lagern verbaut.

Grundsätzlich gibt es drei Möglichkeiten der Anordnung: O-Anordnung, X-Anordnung und Tandem-Anordnung.

Lagersätze aus mehreren Lagern werden meist zwei-, drei- oder vierreihig ausgeführt. Wenn eine Lagerung bei gleichbleibender Lageranordnung mit mehreren Lagerreihen ausgeführt wird, bedeutet dies größere Steifigkeit und höhere Tragfähigkeit, aber dafür niedrigere Drehzahlgrenzen.



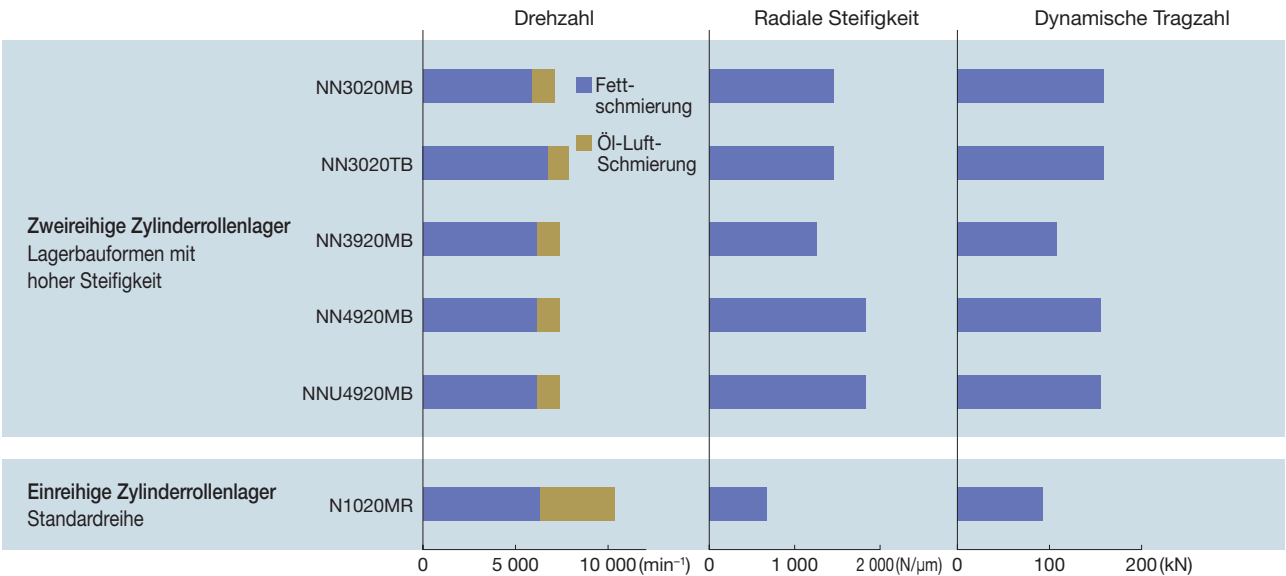
# EIGENSCHAFTEN VON ZYLINDERROLLENLAGERN

## Zylinderrollenlager

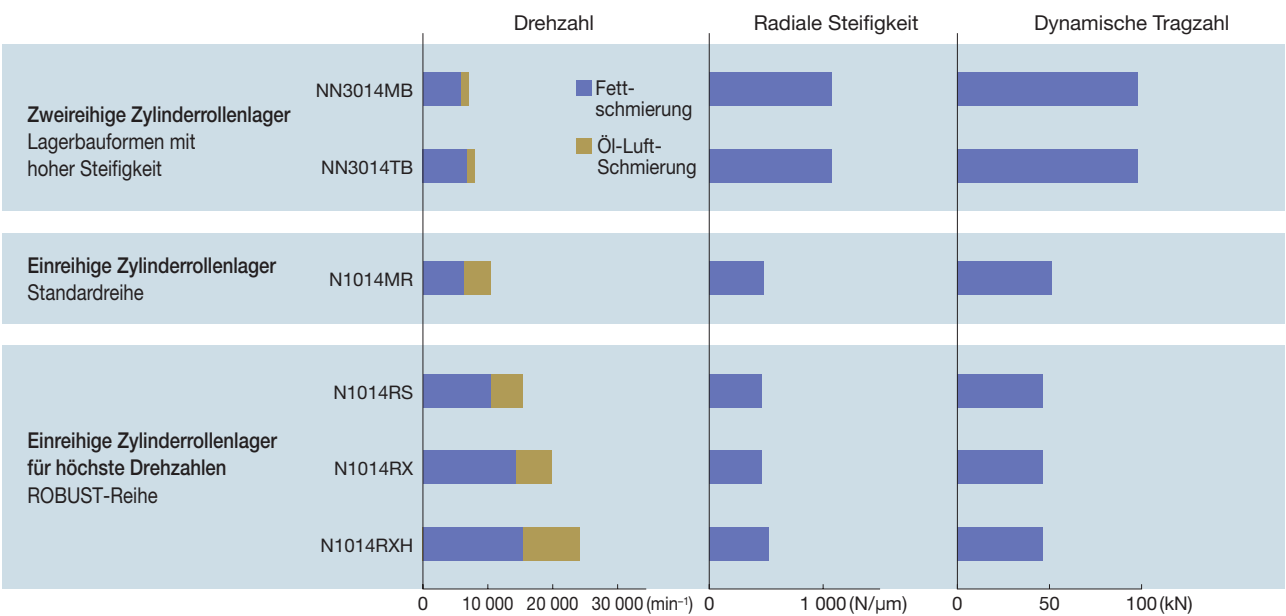
Im Gegensatz zu Schrägkugellagern, die Axial- und Radialbelastungen gleichermaßen aufnehmen, können Zylinderrollenlager nur radial belastet werden. Dafür haben sie eine höhere radiale Tragfähigkeit als Schrägkugellager. Je nach Anwendung kommen zweireihige (Bauformen NN und NNU) oder einreihige Lager (Bauform N) zum Einsatz.

Im Allgemeinen werden zweireihige Zylinderrollenlager dort eingesetzt, wo eine große Steifigkeit gefordert ist, z.B. in Drehmaschinen. Einreihige Zylinderrollenlager hingegen sind für hohe Drehzahlen wie z.B. in Bearbeitungszentren geeignet. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Eigenschaften von Zylinderrollenlagern in Abhängigkeit von der Anzahl der Rollenreihen und der Radialluft.

Vergleich nach Zylinderrollenlager-Bauform (Bohrungsdurchmesser 100 mm)

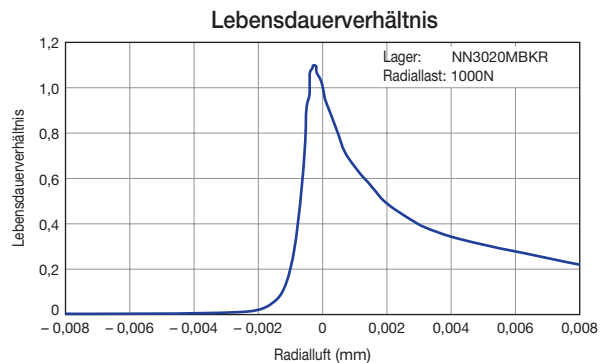
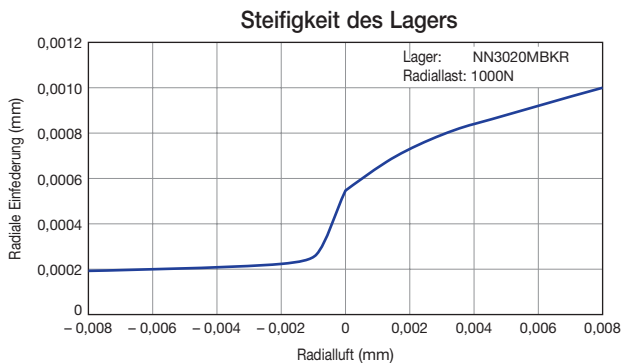


Vergleich nach Zylinderrollenlager-Bauform (Bohrungsdurchmesser 70 mm)



## Der Einfluss der Radialluft

Bei Zylinderrollenlagern muss die Radialluft genau eingestellt werden, weil sie entscheidenden Einfluss auf das Laufverhalten hat. Mit größer werdender Radialluft nehmen sowohl die Steifigkeit als auch die rechnerische Ermüdungslebensdauer und die Verlustleistung ab. Wie aus den unten stehenden Abbildungen zu ersehen ist, steigt die Steifigkeit des Lagers nur wenig an, wenn die Radialluft weniger als  $-0,003$  mm beträgt, die rechnerische Ermüdungslebensdauer geht aber gegen Null. Um eine große Steifigkeit und eine lange Lebensdauer zu erreichen, sollten die Lager spielfrei oder mit einer leichten Vorspannung eingestellt werden. Bei Anwendungen mit hohen Drehzahlen muss die zulässige Lagerluft im Betrieb eingehalten werden. Die Änderung der Radialluft – beeinflusst durch hohe Drehzahlen – muss durch entsprechende Einstellung der Radialluft beim Einbau des Lagers ausgeglichen werden.



## Der Zusammenhang zwischen Radialluft und Lagertemperatur

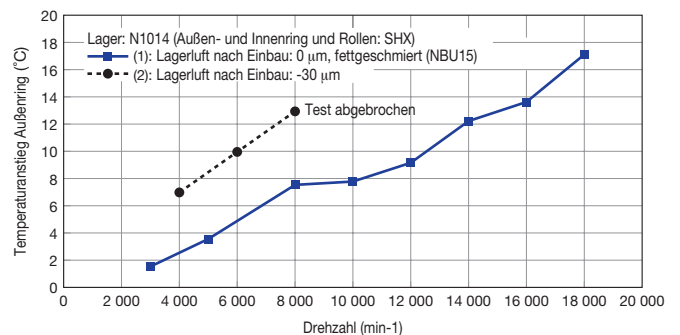
Die Abbildung rechts zeigt die Ergebnisse eines Versuchs zum Temperaturverhalten in einem Zylinderrollenlager.

Radialluft nach dem Einbau

Lager 1:  $0 \mu\text{m}$

Lager 2:  $-30 \mu\text{m}$

In Lager 2) steigt die Temperatur schneller an und die Drehzahlgrenze ist niedriger als in Lager 1). Dies zeigt deutlich, wie wichtig die richtige Einstellung der Lagerluft ist.



Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden verwendet, weil sich hier beim Einbau die Radialluft auf jeden gewünschten Wert einstellen lässt. Übliche Lagerluftklassen für Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung sind CC9, CC0 und CC1 (im nicht eingebauten Zustand, nicht austauschbare Ringe), wie sie nachfolgend beschrieben sind.

### Lagerluft CC0 (NSK Empfehlung)

Lagerluftbereich kleiner CC1. Der Lagerluftbereich überschneidet sich mit den Werten des oberen Toleranzbereichs von CC9 und denen des unteren Toleranzbereichs von CC1. Da bei diesem Lagerluftbereich für die Anwender die richtige Einstellung der Lagerluft einfach ist, werden Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung bevorzugt mit Lagerluft CC0 gefertigt.

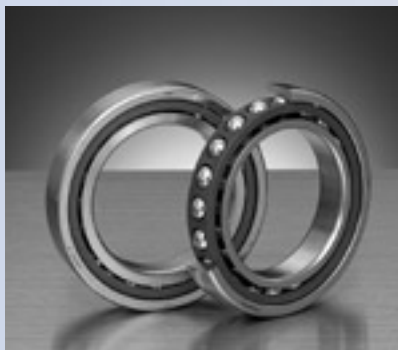
#### · Lagerluft CC1

Lagerluftbereich größer CC0. Dieser Luftbereich wird in der Praxis am meisten verwendet. Liegen die Ist-Lagerluftwerte jedoch an der oberen Toleranzgrenze, kann eine starke Aufweitung des Innenrings zu einer Verformung des Lagers oder der Welle (besonders bei Spindeln mit kleiner Wandstärke) führen.

#### · Lagerluft CC9

Lagerluftbereich kleiner CC0. Diese Lagerluft verhindert eine mögliche Verformung von Innenring oder Welle, da nur eine geringe Aufweitung des Innenrings notwendig ist. Durch die Reduzierung der Radialluft auf ein Minimum ergeben sich auch nur noch geringe Überdeckungen an Innenring und Spindel. Liegen die Ist-Lagerluftwerte jedoch an der unteren Toleranzgrenze, kann der geringe Festsitz des Innenrings bei Anwendungen mit hohen Drehzahlen zu einem Mitdrehen des Innenrings auf der Spindel führen.

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER



Hochgenauigkeits-Schräggkugellager

Standardreihen



Schräggkugellager für höchste Drehzahlen ROBUST-Reihe

ROBUST-Reihen



Schräggkugellager für höchste Drehzahlen

Spinshot™-II-Reihen



Schräggkugellager höchster Genauigkeit

BGR-Reihen



## Schräggugellager

### Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen) ... 48-60

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Lagertabellen

Miniaturlbaureihen

Reihe 79

Reihe 70

Reihe 72

### Schräggugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen).... 62-79

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Lagertabellen

Reihe BNR19, BER19

Reihe BNR10, BER10

Reihe BNR19XE/10XE, BER19XE/10XE (Spinshot™ II)

Reihe BNR29, BER29 (breite Baureihe)

Reihe BNR20, BER20 (breite Baureihe)

### Schräggugellager höchster Genauigkeit (Baureihen BGR)... 80-84

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Lagertabellen

Reihe BGR19

Reihe BGR10

Reihe BGR02

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen)

### Eigenschaften

Bei einem Schräggugellager wird die Gerade zwischen den Kontaktstellen der Kugel an Innen- und Außenring bezogen auf die Lagerachse als Druckwinkel bezeichnet.

Durch diesen Druckwinkel kann das Lager Radial- und Axialkräfte aus einer Richtung sowie kombinierte Kräfte aufnehmen.

Da jede Radialkraft eine Axialkomponente erzeugt, muss diese Lagerbauform im Satz bestehend aus zwei, drei, vier oder mehreren Lagern eingesetzt werden.

### Druckwinkel

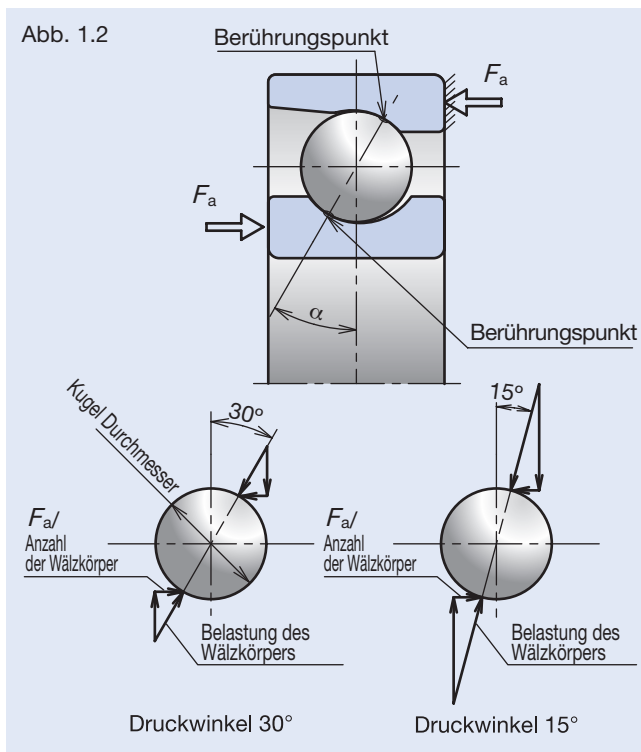
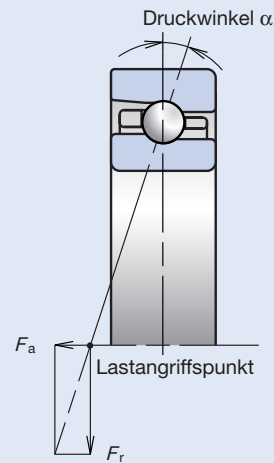


Abb. 1.1



Abhängig vom Druckwinkel ergeben sich in einem Schräggugellager bei gleicher äußerer Belastung unterschiedliche elastische Verformungen und Spannungen in den Kontaktstellen an Innen- und Außenring.

Abb. 1.2 zeigt die Belastung der Wälzkörper in einem Schräggugellager mit einem Druckwinkel von 30° bzw. 15°. Der Zusammenhang zwischen einer auf das Lager einwirkenden Axiallast und der resultierenden Belastung der Wälzkörper berechnet sich folgendermaßen:

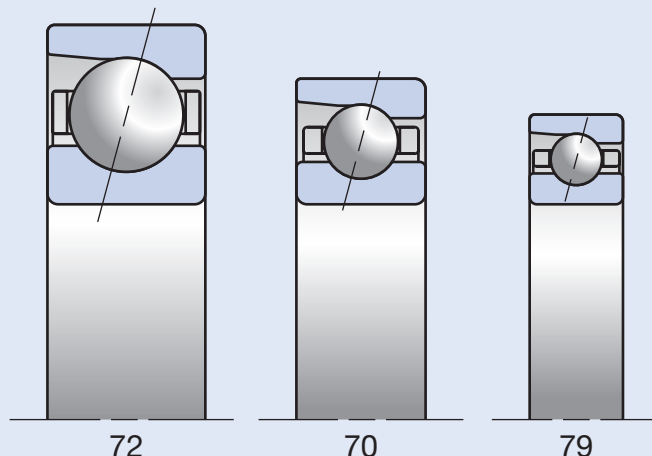
$$\text{Belastung des Wälzkörpers} = F_a / (\text{Anzahl der Wälzkörper} \times \sin \alpha).$$

Bei Axiallast werden die Wälzkörper umso weniger belastet, je größer der Druckwinkel ist. Die Belastung im Berührungspunkt und damit auch die Verformung nimmt ab, somit steigt die Lebensdauer des Lagers. Bei radialer Belastung dagegen sinkt die Belastung der Wälzkörper und damit auch die Belastung am Berührungspunkt mit abnehmendem Druckwinkel.

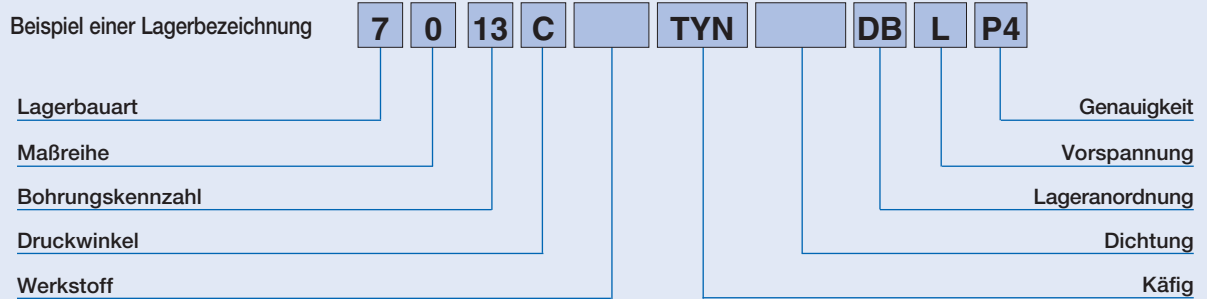
(Genauere Erläuterungen zum Einfluss des Druckwinkels auf die Lagerleistung finden Sie auf den Seiten 42 und 43.)

### Maßreihen

Abb. 1.3



## Bezeichnungssystem für Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen)



|            |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                   | Seite             |
|------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>7</b>   | <b>Lagerbauart</b>       | 7: einreihiges Schräggugellager                                                                                                                                                                                                                                   | 42–43, 48         |
| <b>0</b>   | <b>Maßreihe</b>          | 9: ISO-Reihe 19, 0: ISO-Reihe 10, 2: ISO-Reihe 02                                                                                                                                                                                                                 | 42–43, 48         |
| <b>13</b>  | <b>Bohrungs-kennzahl</b> | 00 = 10 mm<br>01 = 12 mm<br>02 = 15 mm<br>03 = 17 mm<br>ab 04: Bohrungskennzahl x 5 = Bohrungsdurchmesser in mm                                                                                                                                                   | 50–60             |
| <b>C</b>   | <b>Druckwinkel</b>       | C = 15°; A5 = 25°; A = 30°                                                                                                                                                                                                                                        | 42–43, 48         |
|            | <b>Werkstoff</b>         | ohne Kennzeichnung: Wälzlagerstahl; SN24: Kugeln aus Keramik (Si-N) <sup>(1)</sup>                                                                                                                                                                                | 14–17             |
| <b>TYN</b> | <b>Käfig</b>             | TYN: kugelgeführter Polyamidkäfig, Drehzahlgrenze $n \times d_m = 1.400.000$ , Betriebstemperatur max. 120 °C<br>TR: außenringgeführter Hartgewebekäfig, Betriebstemperatur max. 120 °C                                                                           | 18–19             |
|            | <b>Dichtung</b>          | ohne Kennzeichnung: nicht abgedichtet V1V: nichtschleifende Elastomerdichtung <sup>(2)</sup>                                                                                                                                                                      | 32                |
| <b>DB</b>  | <b>Anordnung</b>         | SU: Universalausführung (einreihig) DU: Universalausführung (zweireihig)<br>DB: O-Anordnung DF: X-Anordnung DT: Tandemanordnung<br>DBD, DFD, DTD, DUD: Dreiersätze DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: Vierersätze                                                       | 42–43,<br>148–151 |
| <b>L</b>   | <b>Vorspannung</b>       | EL: extraleichte Vorspannung, L: leichte Vorspannung, M: mittlere Vorspannung, H: hohe Vorspannung<br>CP: Sondervorspannung, CA: Sonderlagerluft                                                                                                                  | 42–43,<br>152–160 |
| <b>P4</b>  | <b>Genauigkeit</b>       | P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4; P5: ISO-Klasse 5<br>P3: NSK Standard (Maßgenauigkeit nach ISO-Klasse 4, Laufgenauigkeit nach ISO-Klasse 2)<br>P4Y: NSK Standard (Bohrungs- und Außendurchmesser nach NSK Spezifikation. Alle anderen Maße nach ISO-Klasse 4.) | 151,<br>176–179   |

<sup>(1)</sup> Hybrid-Schräggugellager (Keramikugeln) werden in den Reihen 79, 70 von Bohrungsdurchmesser 10 bis 100 mm gefertigt.

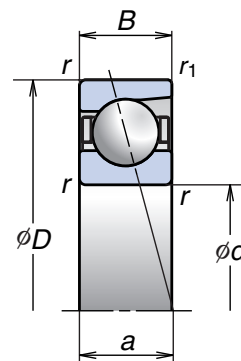
<sup>(2)</sup> Abgedichtete Schräggugellager werden in Universalausführung, P3 und den Reihen 79, 70 von Bohrungsdurchmesser 30 bis 100 mm gefertigt.

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Miniaturlagerreihen)

### Reihe 70 Reihe 72

Bohrungsdurchmesser 5 – 8 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |         |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|---------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |                            |                    | Fett                                               | Öl      |
| <b>725C</b> | 5                     | 16  | 5   | 0,3       | 0,15        | 1,700         | 0,660            | 0,545                                   | 3,91                       | 4,5                | 110 000                                            | 167 000 |
| <b>725A</b> | 5                     | 16  | 5   | 0,3       | 0,15        | 1,610         | 0,620            | 0,665                                   | 5,53                       | 4,5                | 72 000                                             | 96 000  |
| <b>706C</b> | 6                     | 17  | 6   | 0,3       | 0,15        | 2,150         | 0,845            | 0,765                                   | 4,54                       | 5,5                | 100 000                                            | 153 000 |
| <b>706A</b> | 6                     | 17  | 6   | 0,3       | 0,15        | 2,030         | 0,795            | 0,725                                   | 6,32                       | 5,5                | 66 000                                             | 87 000  |
| <b>726C</b> | 6                     | 19  | 6   | 0,3       | 0,15        | 2,390         | 1,000            | 0,835                                   | 4,67                       | 7,8                | 92 000                                             | 140 000 |
| <b>726A</b> | 6                     | 19  | 6   | 0,3       | 0,15        | 2,240         | 0,940            | 0,395                                   | 6,61                       | 7,8                | 60 000                                             | 80 000  |
| <b>707C</b> | 7                     | 19  | 6   | 0,3       | 0,15        | 2,390         | 1,000            | 0,835                                   | 4,67                       | 7,4                | 89 000                                             | 135 000 |
| <b>707A</b> | 7                     | 19  | 6   | 0,3       | 0,15        | 2,240         | 0,940            | 0,375                                   | 6,61                       | 7,4                | 58 000                                             | 77 000  |
| <b>708C</b> | 8                     | 22  | 7   | 0,3       | 0,15        | 3,550         | 1,540            | 1,300                                   | 5,51                       | 12,0               | 77 000                                             | 117 000 |
| <b>708A</b> | 8                     | 22  | 7   | 0,3       | 0,15        | 3,350         | 1,450            | 1,020                                   | 7,84                       | 12,0               | 50 000                                             | 67 000  |
| <b>728C</b> | 8                     | 24  | 8   | 0,3       | 0,15        | 3,600         | 1,580            | 1,330                                   | 6,14                       | 16,0               | 72 000                                             | 110 000 |
| <b>728A</b> | 8                     | 24  | 8   | 0,3       | 0,15        | 3,350         | 1,480            | 0,610                                   | 8,62                       | 16,0               | 47 000                                             | 63 000  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25 mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

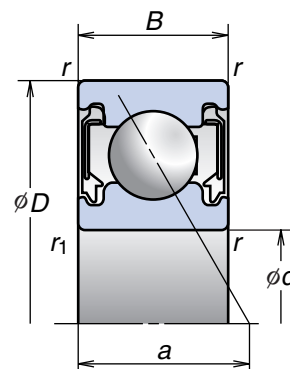
Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$

Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$

## Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (BSA Serie für Kugelgewindetriebe)

### Reihe 10

Bohrungsdurchmesser 8 – 15 mm



| Kurzzeichen       | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (g) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |  |
|-------------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------------------------------|--|
|                   | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |                            |                   | Fett                                               |  |
| <b>8BSA10T1X</b>  | 8                     | 22  | 7   | 0,3       | 0,15        | 2,350         | 0,840            | 0,805                                   | 12,2                       | 11,0              | 40 000                                             |  |
| <b>10BSA10T1X</b> | 10                    | 26  | 8   | 0,3       | 0,15        | 3,250         | 1,200            | 0,960                                   | 14,4                       | 16,6              | 33 300                                             |  |
| <b>12BSA10T1X</b> | 12                    | 28  | 9   | 0,3       | 0,15        | 3,600         | 1,430            | 1,710                                   | 16,0                       | 18,7              | 30 000                                             |  |
| <b>15BSA10T1X</b> | 15                    | 32  | 10  | 0,3       | 0,15        | 3,900         | 1,690            | 1,950                                   | 18,6                       | 27,7              | 25 500                                             |  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25 mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

Anmerkung: Lager BSA: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$

# Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen)

## Reihe 79

Bohrungsdurchmesser 10 – 55 mm

Weitere Angaben:

Seite

- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung ..... 146
- Vorspannung und Steifigkeit ..... 152
- Anschlussmaße ..... 186
- Position der Schmierdüse ..... 192
- Fettmenge ..... 175

Schräggugellager

Standard

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |         |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|---------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_j$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    |                         | Fett                                               | Öl      |
| 7900C       | 10                    | 22  | 6   | 0,3       | 0,15        | 3,00          | 1,52             | 1,23                                    | 14,1         | 5,1                        | 0,010              | –                       | 71 900                                             | 109 400 |
| 7900A5      | 10                    | 22  | 6   | 0,3       | 0,15        | 2,88          | 1,45             | 1,44                                    | –            | 6,7                        | 0,009              | –                       | 62 500                                             | 93 800  |
| 7901C       | 12                    | 24  | 6   | 0,3       | 0,15        | 3,35          | 1,86             | 1,45                                    | 14,7         | 5,4                        | 0,011              | –                       | 63 900                                             | 97 300  |
| 7901A5      | 12                    | 24  | 6   | 0,3       | 0,15        | 3,20          | 1,77             | 1,71                                    | –            | 7,2                        | 0,011              | –                       | 55 600                                             | 83 400  |
| 7902C       | 15                    | 28  | 7   | 0,3       | 0,15        | 4,75          | 2,64             | 1,93                                    | 14,5         | 6,4                        | 0,016              | –                       | 53 500                                             | 81 400  |
| 7902A5      | 15                    | 28  | 7   | 0,3       | 0,15        | 4,55          | 2,53             | 2,22                                    | –            | 8,5                        | 0,016              | –                       | 46 600                                             | 69 800  |
| 7903C       | 17                    | 30  | 7   | 0,3       | 0,15        | 5,00          | 2,94             | 2,09                                    | 14,8         | 6,6                        | 0,017              | –                       | 49 000                                             | 74 500  |
| 7903A5      | 17                    | 30  | 7   | 0,3       | 0,15        | 4,75          | 2,80             | 2,21                                    | –            | 9,0                        | 0,017              | –                       | 42 600                                             | 63 900  |
| 7904C       | 20                    | 37  | 9   | 0,3       | 0,15        | 6,95          | 4,25             | 3,20                                    | 14,9         | 8,3                        | 0,036              | –                       | 40 400                                             | 61 500  |
| 7904A5      | 20                    | 37  | 9   | 0,3       | 0,15        | 6,60          | 4,05             | 3,55                                    | –            | 11,1                       | 0,037              | –                       | 35 100                                             | 52 700  |
| 7905C       | 25                    | 42  | 9   | 0,3       | 0,15        | 7,85          | 5,40             | 3,90                                    | 15,5         | 9,0                        | 0,043              | –                       | 34 400                                             | 52 300  |
| 7905A5      | 25                    | 42  | 9   | 0,3       | 0,15        | 7,45          | 5,15             | 4,40                                    | –            | 12,3                       | 0,043              | –                       | 29 900                                             | 44 800  |
| 7906C       | 30                    | 47  | 9   | 0,3       | 0,15        | 8,30          | 6,25             | 4,40                                    | 15,9         | 9,7                        | 0,049              | ○                       | 29 900                                             | 45 500  |
| 7906A5      | 30                    | 47  | 9   | 0,3       | 0,15        | 7,85          | 5,95             | 4,95                                    | –            | 13,5                       | 0,050              | ○                       | 26 000                                             | 39 000  |
| 7907C       | 35                    | 55  | 10  | 0,6       | 0,30        | 12,10         | 9,15             | 6,60                                    | 15,7         | 11,0                       | 0,074              | ○                       | 25 600                                             | 38 900  |
| 7907A5      | 35                    | 55  | 10  | 0,6       | 0,30        | 11,40         | 8,70             | 7,20                                    | –            | 15,5                       | 0,075              | ○                       | 22 300                                             | 33 400  |
| 7908C       | 40                    | 62  | 12  | 0,6       | 0,30        | 15,10         | 11,70            | 8,40                                    | 15,7         | 12,8                       | 0,109              | ○                       | 22 600                                             | 34 400  |
| 7908A5      | 40                    | 62  | 12  | 0,6       | 0,30        | 14,30         | 11,20            | 8,90                                    | –            | 17,9                       | 0,110              | ○                       | 19 700                                             | 29 500  |
| 7909C       | 45                    | 68  | 12  | 0,6       | 0,30        | 16,00         | 13,40            | 8,55                                    | 16,0         | 13,6                       | 0,129              | ○                       | 20 400                                             | 31 000  |
| 7909A5      | 45                    | 68  | 12  | 0,6       | 0,30        | 15,10         | 12,70            | 9,95                                    | –            | 19,2                       | 0,130              | ○                       | 17 700                                             | 26 600  |
| 7910C       | 50                    | 72  | 12  | 0,6       | 0,30        | 16,90         | 15,00            | 9,45                                    | 16,2         | 14,2                       | 0,130              | ○                       | 18 900                                             | 28 700  |
| 7910A5      | 50                    | 72  | 12  | 0,6       | 0,30        | 15,90         | 14,20            | 11,00                                   | –            | 20,2                       | 0,132              | ○                       | 16 400                                             | 24 600  |
| 7911C       | 55                    | 80  | 13  | 1,0       | 0,60        | 19,10         | 17,70            | 11,00                                   | 16,3         | 15,5                       | 0,182              | ○                       | 17 100                                             | 26 000  |
| 7911A5      | 55                    | 80  | 13  | 1,0       | 0,60        | 18,10         | 16,80            | 12,50                                   | –            | 22,2                       | 0,184              | ○                       | 14 900                                             | 22 300  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25 mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

**Anmerkung:** Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$   
Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

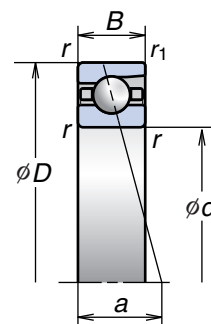


# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen)

### Reihe 79

Bohrungsdurchmesser 60 – 280 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 7912C       | 60                    | 85  | 13  | 1,0       | 0,6         | 19,4          | 18,7             | 11,5                                    | 16,5         | 16,2                       | 0,195              | ○                       | 15 900                                             | 24 200 |
| 7912A5      | 60                    | 85  | 13  | 1,0       | 0,6         | 18,3          | 17,7             | 13,0                                    | –            | 23,4                       | 0,198              | ○                       | 13 800                                             | 20 700 |
| 7913C       | 65                    | 90  | 13  | 1,0       | 0,6         | 20,2          | 20,5             | 12,5                                    | 16,7         | 16,9                       | 0,208              | ○                       | 14 900                                             | 22 600 |
| 7913A5      | 65                    | 90  | 13  | 1,0       | 0,6         | 19,1          | 19,4             | 14,2                                    | –            | 24,6                       | 0,211              | ○                       | 13 000                                             | 19 400 |
| 7914C       | 70                    | 100 | 16  | 1,0       | 0,6         | 28,1          | 27,8             | 17,3                                    | 16,4         | 19,4                       | 0,338              | ○                       | 13 600                                             | 20 600 |
| 7914A5      | 70                    | 100 | 16  | 1,0       | 0,6         | 26,5          | 26,3             | 20,3                                    | –            | 27,8                       | 0,341              | ○                       | 11 800                                             | 17 700 |
| 7915C       | 75                    | 105 | 16  | 1,0       | 0,6         | 28,6          | 29,3             | 18,0                                    | 16,6         | 20,1                       | 0,358              | ○                       | 12 800                                             | 19 500 |
| 7915A5      | 75                    | 105 | 16  | 1,0       | 0,6         | 26,9          | 27,7             | 21,2                                    | –            | 29,0                       | 0,355              | ○                       | 11 200                                             | 16 700 |
| 7916C       | 80                    | 110 | 16  | 1,0       | 0,6         | 29,0          | 30,5             | 18,7                                    | 16,7         | 20,7                       | 0,377              | ○                       | 12 200                                             | 18 500 |
| 7916A5      | 80                    | 110 | 16  | 1,0       | 0,6         | 27,3          | 29,0             | 22,1                                    | –            | 30,2                       | 0,381              | ○                       | 10 600                                             | 15 800 |
| 7917C       | 85                    | 120 | 18  | 1,1       | 0,6         | 39,0          | 40,5             | 25,9                                    | 16,5         | 22,7                       | 0,534              | ○                       | 11 300                                             | 17 100 |
| 7917A5      | 85                    | 120 | 18  | 1,1       | 0,6         | 36,5          | 38,5             | 30,0                                    | –            | 32,9                       | 0,541              | ○                       | 9 800                                              | 14 700 |
| 7918C       | 90                    | 125 | 18  | 1,1       | 0,6         | 41,5          | 46,0             | 29,1                                    | 16,6         | 23,4                       | 0,568              | ○                       | 10 700                                             | 16 300 |
| 7918A5      | 90                    | 125 | 18  | 1,1       | 0,6         | 39,5          | 43,5             | 33,5                                    | –            | 34,1                       | 0,560              | ○                       | 9 400                                              | 14 000 |
| 7919C       | 95                    | 130 | 18  | 1,1       | 0,6         | 42,5          | 48,0             | 30,0                                    | 16,7         | 24,1                       | 0,597              | ○                       | 10 300                                             | 15 600 |
| 7919A5      | 95                    | 130 | 18  | 1,1       | 0,6         | 40,0          | 45,5             | 35,0                                    | –            | 35,2                       | 0,603              | ○                       | 8 900                                              | 13 400 |
| 7920C       | 100                   | 140 | 20  | 1,1       | 0,6         | 50,0          | 54,0             | 33,0                                    | 16,5         | 26,1                       | 0,800              | ○                       | 9 600                                              | 14 600 |
| 7920A5      | 100                   | 140 | 20  | 1,1       | 0,6         | 47,5          | 51,5             | 39,5                                    | –            | 38,0                       | 0,808              | ○                       | 8 400                                              | 12 500 |
| 7921C       | 105                   | 145 | 20  | 1,1       | 0,6         | 51,0          | 57,0             | 34,5                                    | 16,6         | 26,7                       | 0,831              | –                       | 9 200                                              | 14 000 |
| 7921A5      | 105                   | 145 | 20  | 1,1       | 0,6         | 48,0          | 54,0             | 41,0                                    | –            | 39,2                       | 0,820              | –                       | 8 000                                              | 12 000 |
| 7922C       | 110                   | 150 | 20  | 1,1       | 0,6         | 52,0          | 59,5             | 35,5                                    | 16,7         | 27,4                       | 0,867              | –                       | 8 900                                              | 13 500 |
| 7922A5      | 110                   | 150 | 20  | 1,1       | 0,6         | 49,0          | 56,0             | 43,0                                    | –            | 40,3                       | 0,877              | –                       | 7 700                                              | 11 600 |
| 7924C       | 120                   | 165 | 22  | 1,1       | 0,6         | 72,0          | 81,0             | 50,5                                    | 16,5         | 30,1                       | 1,160              | –                       | 8 100                                              | 12 300 |
| 7924A5      | 120                   | 165 | 22  | 1,1       | 0,6         | 67,5          | 77,0             | 59,5                                    | –            | 44,2                       | 1,150              | –                       | 7 100                                              | 10 600 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25-mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

**Anmerkung:** Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$   
Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

## Reihe 79 (Fortsetzung)

| Kurzzeichen   | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|---------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|               | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| <b>7926C</b>  | 130                   | 180 | 24  | 1,5       | 1,0         | 78,5          | 91,0             | 55,0                                    | 16,5         | 32,8                       | 1,500              | –                       | 7 500                                              | 11 300 |
| <b>7926A5</b> | 130                   | 180 | 24  | 1,5       | 1,0         | 74,0          | 86,0             | 63,5                                    | –            | 48,1                       | 1,540              | –                       | 6 500                                              | 9 700  |
| <b>7928C</b>  | 140                   | 190 | 24  | 1,5       | 1,0         | 79,5          | 95,5             | 58,0                                    | 16,7         | 34,1                       | 1,630              | –                       | 7 000                                              | 10 700 |
| <b>7928A5</b> | 140                   | 190 | 24  | 1,5       | 1,0         | 75,0          | 90,0             | 68,0                                    | –            | 50,5                       | 1,630              | –                       | 6 100                                              | 9 100  |
| <b>7930C</b>  | 150                   | 210 | 28  | 2,0       | 1,0         | 102,0         | 122,0            | 74,0                                    | 16,6         | 38,1                       | 2,960              | –                       | 6 400                                              | 9 800  |
| <b>7930A5</b> | 150                   | 210 | 28  | 2,0       | 1,0         | 96,5          | 115,0            | 84,5                                    | –            | 56,0                       | 2,970              | –                       | 5 600                                              | 8 400  |
| <b>7932C</b>  | 160                   | 220 | 28  | 2,0       | 1,0         | 106,0         | 133,0            | 80,0                                    | 16,7         | 39,4                       | 3,100              | –                       | 6 100                                              | 9 300  |
| <b>7932A5</b> | 160                   | 220 | 28  | 2,0       | 1,0         | 100,0         | 125,0            | 93,5                                    | –            | 58,3                       | 3,120              | –                       | 5 300                                              | 7 900  |
| <b>7934C</b>  | 170                   | 230 | 28  | 2,0       | 1,0         | 113,0         | 148,0            | 88,5                                    | 16,8         | 40,8                       | 3,360              | –                       | 5 800                                              | 8 800  |
| <b>7934A5</b> | 170                   | 230 | 28  | 2,0       | 1,0         | 106,0         | 140,0            | 103,0                                   | –            | 60,6                       | 3,360              | –                       | 5 000                                              | 7 500  |
| <b>7936C</b>  | 180                   | 250 | 33  | 2,0       | 1,0         | 145,0         | 184,0            | 111,0                                   | 16,6         | 45,3                       | 4,900              | –                       | 5 400                                              | 8 200  |
| <b>7936A5</b> | 180                   | 250 | 33  | 2,0       | 1,0         | 137,0         | 174,0            | 127,0                                   | –            | 66,6                       | 4,940              | –                       | 4 700                                              | 7 000  |
| <b>7938C</b>  | 190                   | 260 | 33  | 2,0       | 1,0         | 147,0         | 192,0            | 115,0                                   | 16,7         | 46,6                       | 4,980              | –                       | 5 200                                              | 7 800  |
| <b>7938A5</b> | 190                   | 260 | 33  | 2,0       | 1,0         | 139,0         | 182,0            | 131,0                                   | –            | 69,0                       | 5,120              | –                       | 4 500                                              | 6 700  |
| <b>7940C</b>  | 200                   | 280 | 38  | 2,1       | 1,1         | 189,0         | 244,0            | 144,0                                   | 16,5         | 51,2                       | 6,850              | –                       | 4 800                                              | 7 300  |
| <b>7940A5</b> | 200                   | 280 | 38  | 2,1       | 1,1         | 178,0         | 231,0            | 169,0                                   | –            | 75,0                       | 6,920              | –                       | 4 200                                              | 6 300  |
| <b>7944C</b>  | 220                   | 300 | 38  | 2,1       | 1,1         | 190,0         | 256,0            | 235,0                                   | 16,7         | 53,8                       | 6,665              | –                       | 4 500                                              | 6 800  |
| <b>7944A5</b> | 220                   | 300 | 38  | 2,1       | 1,1         | 179,0         | 242,0            | 174,0                                   | –            | 79,6                       | 6,665              | –                       | 3 900                                              | 5 800  |
| <b>7948C</b>  | 240                   | 320 | 38  | 2,1       | 1,1         | 200,0         | 286,0            | 260,0                                   | 16,8         | 56,5                       | 7,224              | –                       | 4 200                                              | 6 300  |
| <b>7948A5</b> | 240                   | 320 | 38  | 2,1       | 1,1         | 189,0         | 270,0            | 193,0                                   | –            | 84,3                       | 7,224              | –                       | 3 600                                              | 5 400  |
| <b>7952C</b>  | 260                   | 360 | 46  | 2,1       | 1,1         | 256,0         | 365,0            | 340,0                                   | 16,6         | 64,5                       | 11,936             | –                       | 3 800                                              | 5 700  |
| <b>7952A5</b> | 260                   | 360 | 46  | 2,1       | 1,1         | 241,0         | 345,0            | 252,0                                   | –            | 95,3                       | 11,936             | –                       | 3 300                                              | 4 900  |
| <b>7956C</b>  | 280                   | 380 | 46  | 2,1       | 1,1         | 272,0         | 410,0            | 380,0                                   | 16,7         | 67,2                       | 12,853             | –                       | 3 500                                              | 5 400  |
| <b>7956A5</b> | 280                   | 380 | 46  | 2,1       | 1,1         | 256,0         | 390,0            | 283,0                                   | –            | 99,9                       | 12,853             | –                       | 3 100                                              | 4 600  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25 mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

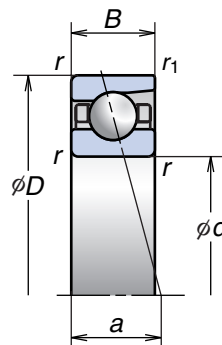
**Anmerkung:** Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$   
Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen)

### Reihe 70

Bohrungsdurchmesser 10 – 75 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 7000C       | 10                    | 26  | 8   | 0,3       | 0,15        | 5,30          | 2,49             | 2,16                                    | 12,6         | 6,4                        | 0,019              | —                       | 63 900                                             | 97 300 |
| 7000A5      | 10                    | 26  | 8   | 0,3       | 0,15        | 5,15          | 2,41             | 2,48                                    | —            | 8,2                        | 0,019              | —                       | 55 600                                             | 83 400 |
| 7000A       | 10                    | 26  | 8   | 0,3       | 0,15        | 5,00          | 2,34             | 1,91                                    | —            | 9,2                        | 0,019              | —                       | 41 700                                             | 55 600 |
| 7001C       | 12                    | 28  | 8   | 0,3       | 0,15        | 5,80          | 2,90             | 2,40                                    | 13,2         | 6,7                        | 0,021              | —                       | 57 500                                             | 87 500 |
| 7001A5      | 12                    | 28  | 8   | 0,3       | 0,15        | 5,60          | 2,79             | 2,82                                    | —            | 8,7                        | 0,021              | —                       | 50 000                                             | 75 000 |
| 7001A       | 12                    | 28  | 8   | 0,3       | 0,15        | 5,40          | 2,71             | 2,13                                    | —            | 9,8                        | 0,021              | —                       | 37 500                                             | 50 000 |
| 7002C       | 15                    | 32  | 9   | 0,3       | 0,15        | 6,25          | 3,40             | 2,63                                    | 14,1         | 7,6                        | 0,030              | —                       | 49 000                                             | 74 500 |
| 7002A5      | 15                    | 32  | 9   | 0,3       | 0,15        | 5,95          | 3,25             | 3,05                                    | —            | 10,0                       | 0,030              | —                       | 42 600                                             | 63 900 |
| 7002A       | 15                    | 32  | 9   | 0,3       | 0,15        | 5,80          | 3,15             | 2,36                                    | —            | 11,3                       | 0,030              | —                       | 32 000                                             | 42 600 |
| 7003C       | 17                    | 35  | 10  | 0,3       | 0,15        | 6,60          | 3,80             | 2,85                                    | 14,5         | 8,5                        | 0,039              | —                       | 44 300                                             | 67 400 |
| 7003A5      | 17                    | 35  | 10  | 0,3       | 0,15        | 6,30          | 3,65             | 3,35                                    | —            | 11,1                       | 0,040              | —                       | 38 500                                             | 57 700 |
| 7003A       | 17                    | 35  | 10  | 0,3       | 0,15        | 6,10          | 3,50             | 2,59                                    | —            | 12,5                       | 0,040              | —                       | 28 900                                             | 38 500 |
| 7004C       | 20                    | 42  | 12  | 0,6       | 0,30        | 11,10         | 6,55             | 4,80                                    | 14,0         | 10,1                       | 0,067              | —                       | 37 100                                             | 56 500 |
| 7004A5      | 20                    | 42  | 12  | 0,6       | 0,30        | 10,60         | 6,25             | 5,45                                    | —            | 13,2                       | 0,067              | —                       | 32 300                                             | 48 400 |
| 7004A       | 20                    | 42  | 12  | 0,6       | 0,30        | 10,30         | 6,10             | 4,20                                    | —            | 14,9                       | 0,068              | —                       | 24 200                                             | 32 300 |
| 7005C       | 25                    | 47  | 12  | 0,6       | 0,30        | 11,70         | 7,40             | 5,20                                    | 14,7         | 10,8                       | 0,078              | —                       | 32 000                                             | 48 700 |
| 7005A5      | 25                    | 47  | 12  | 0,6       | 0,30        | 11,10         | 7,10             | 5,95                                    | —            | 14,4                       | 0,077              | —                       | 27 800                                             | 41 700 |
| 7005A       | 25                    | 47  | 12  | 0,6       | 0,30        | 10,70         | 6,85             | 4,55                                    | —            | 16,4                       | 0,079              | —                       | 20 900                                             | 27 800 |
| 7006C       | 30                    | 55  | 13  | 1,0       | 0,60        | 15,10         | 10,3             | 6,85                                    | 14,9         | 12,2                       | 0,114              | ○                       | 27 100                                             | 41 200 |
| 7006A5      | 30                    | 55  | 13  | 1,0       | 0,60        | 14,40         | 9,80             | 8,05                                    | —            | 16,4                       | 0,114              | ○                       | 23 600                                             | 35 300 |
| 7006A       | 30                    | 55  | 13  | 1,0       | 0,60        | 13,90         | 9,45             | 6,20                                    | —            | 18,8                       | 0,116              | ○                       | 17 700                                             | 23 600 |
| 7007C       | 35                    | 62  | 14  | 1,0       | 0,60        | 19,10         | 13,70            | 9,35                                    | 15,0         | 13,5                       | 0,151              | ○                       | 23 800                                             | 36 100 |
| 7007A5      | 35                    | 62  | 14  | 1,0       | 0,60        | 18,20         | 13,00            | 11,40                                   | —            | 18,3                       | 0,151              | ○                       | 20 700                                             | 31 000 |
| 7007A       | 35                    | 62  | 14  | 1,0       | 0,60        | 17,50         | 12,60            | 8,75                                    | —            | 21,0                       | 0,153              | ○                       | 15 500                                             | 20 700 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25-mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

**Anmerkung:** Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$   
Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

## Reihe 70 (Fortsetzung)

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{0r}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 7008C       | 40                    | 68  | 15  | 1,0       | 0,6         | 20,6          | 15,9             | 10,60                                   | 15,4         | 14,7                       | 0,189              | ○                       | 21 300                                             | 32 500 |
| 7008A5      | 40                    | 68  | 15  | 1,0       | 0,6         | 19,5          | 15,1             | 12,00                                   | –            | 20,1                       | 0,188              | ○                       | 18 600                                             | 27 800 |
| 7008A       | 40                    | 68  | 15  | 1,0       | 0,6         | 18,8          | 14,6             | 9,15                                    | –            | 23,1                       | 0,191              | ○                       | 13 900                                             | 18 600 |
| 7009C       | 45                    | 75  | 16  | 1,0       | 0,6         | 24,4          | 19,3             | 12,40                                   | 15,4         | 16,0                       | 0,238              | ○                       | 19 200                                             | 29 200 |
| 7009A5      | 45                    | 75  | 16  | 1,0       | 0,6         | 23,1          | 18,3             | 14,50                                   | –            | 22,0                       | 0,250              | ○                       | 16 700                                             | 25 000 |
| 7009A       | 45                    | 75  | 16  | 1,0       | 0,6         | 22,3          | 17,7             | 11,10                                   | –            | 25,3                       | 0,241              | ○                       | 12 500                                             | 16 700 |
| 7010C       | 50                    | 80  | 16  | 1,0       | 0,6         | 26,0          | 21,9             | 13,90                                   | 15,7         | 16,7                       | 0,259              | ○                       | 17 700                                             | 27 000 |
| 7010A5      | 50                    | 80  | 16  | 1,0       | 0,6         | 24,6          | 20,8             | 16,20                                   | –            | 23,2                       | 0,270              | ○                       | 15 400                                             | 23 100 |
| 7010A       | 50                    | 80  | 16  | 1,0       | 0,6         | 23,7          | 20,1             | 12,50                                   | –            | 26,8                       | 0,262              | ○                       | 11 600                                             | 15 400 |
| 7011C       | 55                    | 90  | 18  | 1,1       | 0,6         | 34,0          | 28,6             | 18,90                                   | 15,5         | 18,7                       | 0,380              | ○                       | 15 900                                             | 24 200 |
| 7011A5      | 55                    | 90  | 18  | 1,1       | 0,6         | 32,5          | 27,2             | 21,80                                   | –            | 25,9                       | 0,383              | ○                       | 13 800                                             | 20 700 |
| 7011A       | 55                    | 90  | 18  | 1,1       | 0,6         | 31,0          | 26,3             | 16,60                                   | –            | 29,9                       | 0,385              | ○                       | 10 400                                             | 13 800 |
| 7012C       | 60                    | 95  | 18  | 1,1       | 0,6         | 35,0          | 30,5             | 19,90                                   | 15,7         | 19,4                       | 0,405              | ○                       | 14 900                                             | 22 600 |
| 7012A5      | 60                    | 95  | 18  | 1,1       | 0,6         | 33,0          | 29,1             | 23,00                                   | –            | 27,1                       | 0,408              | ○                       | 13 000                                             | 19 400 |
| 7012A       | 60                    | 95  | 18  | 1,1       | 0,6         | 32,0          | 28,1             | 17,60                                   | –            | 31,4                       | 0,410              | ○                       | 9 700                                              | 13 000 |
| 7013C       | 65                    | 100 | 18  | 1,1       | 0,6         | 37,0          | 34,5             | 22,00                                   | 15,9         | 20,0                       | 0,435              | ○                       | 14 000                                             | 21 300 |
| 7013A5      | 65                    | 100 | 18  | 1,1       | 0,6         | 35,0          | 32,5             | 25,40                                   | –            | 28,2                       | 0,455              | ○                       | 12 200                                             | 18 200 |
| 7013A       | 65                    | 100 | 18  | 1,1       | 0,6         | 33,5          | 31,5             | 19,50                                   | –            | 32,8                       | 0,441              | ○                       | 9 100                                              | 12 200 |
| 7014C       | 70                    | 110 | 20  | 1,1       | 0,6         | 47,0          | 43,0             | 26,80                                   | 15,7         | 22,1                       | 0,606              | ○                       | 12 800                                             | 19 500 |
| 7014A5      | 70                    | 110 | 20  | 1,1       | 0,6         | 44,5          | 41,0             | 32,00                                   | –            | 31,0                       | 0,625              | ○                       | 11 200                                             | 16 700 |
| 7014A       | 70                    | 110 | 20  | 1,1       | 0,6         | 42,5          | 39,5             | 24,60                                   | –            | 36,0                       | 0,613              | ○                       | 8 400                                              | 11 200 |
| 7015C       | 75                    | 115 | 20  | 1,1       | 0,6         | 48,0          | 45,5             | 28,10                                   | 15,9         | 22,7                       | 0,643              | ○                       | 12 200                                             | 18 500 |
| 7015A5      | 75                    | 115 | 20  | 1,1       | 0,6         | 45,5          | 43,5             | 33,50                                   | –            | 32,1                       | 0,652              | ○                       | 10 600                                             | 15 800 |
| 7015A       | 75                    | 115 | 20  | 1,1       | 0,6         | 43,5          | 41,5             | 25,90                                   | –            | 37,4                       | 0,650              | ○                       | 7 900                                              | 10 600 |

(<sup>1</sup>) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(<sup>2</sup>) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25-mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

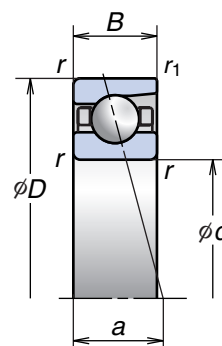
**Anmerkung:** Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$   
Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen)

### Reihe 70

Bohrungsdurchmesser 80 – 200 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> ( $\text{min}^{-1}$ ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|--------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    |                         | Fett                                                | Öl     |
| 7016C       | 80                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         | 58,5          | 55,5             | 34,5                                    | 15,7         | 24,7                       | 0,855              | ○                       | 11 300                                              | 17 100 |
| 7016A5      | 80                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         | 55,5          | 52,5             | 41,0                                    | –            | 34,9                       | 0,880              | ○                       | 9 800                                               | 14 700 |
| 7016A       | 80                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         | 53,5          | 50,5             | 31,5                                    | –            | 40,6                       | 0,864              | ○                       | 7 400                                               | 9 800  |
| 7017C       | 85                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         | 60,0          | 58,5             | 38,0                                    | 15,9         | 25,4                       | 0,898              | ○                       | 10 700                                              | 16 300 |
| 7017A5      | 85                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         | 57,0          | 55,5             | 43,0                                    | –            | 36,1                       | 0,904              | ○                       | 9 400                                               | 14 000 |
| 7017A       | 85                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         | 54,5          | 53,5             | 33,0                                    | –            | 42,0                       | 0,907              | ○                       | 7 000                                               | 9 400  |
| 7018C       | 90                    | 140 | 24  | 1,5       | 1,0         | 71,5          | 69,0             | 44,5                                    | 15,7         | 27,4                       | 1,160              | ○                       | 10 000                                              | 15 300 |
| 7018A5      | 90                    | 140 | 24  | 1,5       | 1,0         | 68,0          | 65,5             | 52,0                                    | –            | 38,8                       | 1,170              | ○                       | 8 700                                               | 13 100 |
| 7018A       | 90                    | 140 | 24  | 1,5       | 1,0         | 65,0          | 63,5             | 40,5                                    | –            | 45,2                       | 1,180              | ○                       | 6 600                                               | 8 700  |
| 7019C       | 95                    | 145 | 24  | 1,5       | 1,0         | 73,5          | 73,0             | 47,0                                    | 15,9         | 28,1                       | 1,210              | ○                       | 9 600                                               | 14 600 |
| 7019A5      | 95                    | 145 | 24  | 1,5       | 1,0         | 69,5          | 69,5             | 52,5                                    | –            | 40,0                       | 1,410              | ○                       | 8 400                                               | 12 500 |
| 7019A       | 95                    | 145 | 24  | 1,5       | 1,0         | 67,0          | 67,0             | 40,5                                    | –            | 46,6                       | 1,230              | ○                       | 6 300                                               | 8 400  |
| 7020C       | 100                   | 150 | 24  | 1,5       | 1,0         | 75,5          | 77,0             | 49,0                                    | 16,0         | 28,7                       | 1,270              | ○                       | 9 200                                               | 14 000 |
| 7020A5      | 100                   | 150 | 24  | 1,5       | 1,0         | 71,0          | 73,5             | 57,5                                    | –            | 41,1                       | 1,450              | ○                       | 8 000                                               | 12 000 |
| 7020A       | 100                   | 150 | 24  | 1,5       | 1,0         | 68,5          | 70,5             | 44,5                                    | –            | 48,1                       | 1,280              | ○                       | 6 000                                               | 8 000  |
| 7021C       | 105                   | 160 | 26  | 2,0       | 1,0         | 88,0          | 89,5             | 57,0                                    | 15,9         | 30,7                       | 1,580              | –                       | 8 700                                               | 13 300 |
| 7021A5      | 105                   | 160 | 26  | 2,0       | 1,0         | 83,5          | 85,0             | 66,5                                    | –            | 43,9                       | 1,820              | –                       | 7 600                                               | 11 400 |
| 7021A       | 105                   | 160 | 26  | 2,0       | 1,0         | 80,0          | 81,5             | 51,0                                    | –            | 51,2                       | 1,600              | –                       | 5 700                                               | 7 600  |
| 7022C       | 110                   | 170 | 28  | 2,0       | 1,0         | 106,0         | 104,0            | 68,5                                    | 15,6         | 32,7                       | 1,940              | –                       | 8 300                                               | 12 500 |
| 7022A5      | 110                   | 170 | 28  | 2,0       | 1,0         | 100,0         | 99,0             | 79,5                                    | –            | 46,6                       | 2,260              | –                       | 7 200                                               | 10 800 |
| 7022A       | 110                   | 170 | 28  | 2,0       | 1,0         | 96,5          | 95,5             | 61,0                                    | –            | 54,4                       | 1,960              | –                       | 5 400                                               | 7 200  |
| 7024C       | 120                   | 180 | 28  | 2,0       | 1,0         | 112,0         | 117,0            | 75,5                                    | 15,8         | 34,1                       | 2,090              | –                       | 7 700                                               | 11 700 |
| 7024A5      | 120                   | 180 | 28  | 2,0       | 1,0         | 106,0         | 111,0            | 87,5                                    | –            | 49,0                       | 2,430              | –                       | 6 700                                               | 10 000 |
| 7024A       | 120                   | 180 | 28  | 2,0       | 1,0         | 102,0         | 107,0            | 67,5                                    | –            | 57,3                       | 2,120              | –                       | 5 000                                               | 6 700  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25-mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$

Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$



|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

## Reihe 70 (Fortsetzung)

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{gr}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 7026C       | 130                   | 200 | 33  | 2,0       | 1,0         | 129           | 137              | 86,0                                    | 15,9         | 38,6                       | 3,220              | –                       | 7 000                                              | 10 700 |
| 7026A5      | 130                   | 200 | 33  | 2,0       | 1,0         | 122           | 130              | 99,5                                    | –            | 55,0                       | 3,660              | –                       | 6 100                                              | 9 100  |
| 7026A       | 130                   | 200 | 33  | 2,0       | 1,0         | 117           | 125              | 76,5                                    | –            | 64,1                       | 3,260              | –                       | 4 600                                              | 6 100  |
| 7028C       | 140                   | 210 | 33  | 2,0       | 1,0         | 132           | 145              | 90,0                                    | 16,0         | 39,9                       | 3,410              | –                       | 6 600                                              | 10 000 |
| 7028A5      | 140                   | 210 | 33  | 2,0       | 1,0         | 125           | 138              | 104,0                                   | –            | 57,3                       | 3,870              | –                       | 5 800                                              | 8 600  |
| 7028A       | 140                   | 210 | 33  | 2,0       | 1,0         | 120           | 133              | 80,5                                    | –            | 67,0                       | 3,440              | –                       | 4 300                                              | 5 800  |
| 7030C       | 150                   | 225 | 35  | 2,1       | 1,1         | 151           | 168              | 105,0                                   | 16,0         | 42,6                       | 4,150              | –                       | 6 200                                              | 9 400  |
| 7030A5      | 150                   | 225 | 35  | 2,1       | 1,1         | 143           | 160              | 123,0                                   | –            | 61,2                       | 4,690              | –                       | 5 400                                              | 8 000  |
| 7030A       | 150                   | 225 | 35  | 2,1       | 1,1         | 137           | 154              | 95,0                                    | –            | 71,6                       | 4,190              | –                       | 4 000                                              | 5 400  |
| 7032C       | 160                   | 240 | 38  | 2,1       | 1,1         | 171           | 193              | 118,0                                   | 16,0         | 45,8                       | 5,110              | –                       | 5 800                                              | 8 800  |
| 7032A5      | 160                   | 240 | 38  | 2,1       | 1,1         | 162           | 183              | 138,0                                   | –            | 65,6                       | 5,710              | –                       | 5 000                                              | 7 500  |
| 7032A       | 160                   | 240 | 38  | 2,1       | 1,1         | 155           | 176              | 106,0                                   | –            | 76,7                       | 5,160              | –                       | 3 800                                              | 5 000  |
| 7034C       | 170                   | 260 | 42  | 2,1       | 1,1         | 205           | 234              | 149,0                                   | 15,9         | 49,8                       | 6,880              | –                       | 5 400                                              | 8 200  |
| 7034A5      | 170                   | 260 | 42  | 2,1       | 1,1         | 193           | 223              | 168,0                                   | –            | 71,1                       | 7,830              | –                       | 4 700                                              | 7 000  |
| 7034A       | 170                   | 260 | 42  | 2,1       | 1,1         | 186           | 214              | 129,0                                   | –            | 83,1                       | 6,940              | –                       | 3 500                                              | 4 700  |
| 7036C       | 180                   | 280 | 46  | 2,1       | 1,1         | 228           | 276              | 175,0                                   | 15,8         | 53,8                       | 10,400             | –                       | 5 000                                              | 7 700  |
| 7036A5      | 180                   | 280 | 46  | 2,1       | 1,1         | 216           | 262              | 195,0                                   | –            | 76,6                       | 10,400             | –                       | 4 400                                              | 6 600  |
| 7036A       | 180                   | 280 | 46  | 2,1       | 1,1         | 207           | 252              | 151,0                                   | –            | 89,4                       | 9,270              | –                       | 3 300                                              | 4 400  |
| 7038C       | 190                   | 290 | 46  | 2,1       | 1,1         | 247           | 305              | 192,0                                   | 15,9         | 55,2                       | 11,200             | –                       | 4 800                                              | 7 300  |
| 7038A5      | 190                   | 290 | 46  | 2,1       | 1,1         | 233           | 291              | 222,0                                   | –            | 79,0                       | 11,200             | –                       | 4 200                                              | 6 300  |
| 7038A       | 190                   | 290 | 46  | 2,1       | 1,1         | 224           | 280              | 172,0                                   | –            | 92,3                       | 11,300             | –                       | 3 200                                              | 4 200  |
| 7040C       | 200                   | 310 | 51  | 2,1       | 1,1         | 265           | 340              | 213,0                                   | 15,9         | 59,7                       | 13,600             | –                       | 4 600                                              | 6 900  |
| 7040A5      | 200                   | 310 | 51  | 2,1       | 1,1         | 250           | 325              | 245,0                                   | –            | 85,0                       | 13,700             | –                       | 4 000                                              | 5 900  |
| 7040A       | 200                   | 310 | 51  | 2,1       | 1,1         | 240           | 310              | 190,0                                   | –            | 99,1                       | 13,700             | –                       | 3 000                                              | 4 000  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170. Bei Hybridlagern (Keramikkugeln) beträgt die Drehzahlgrenze 1,25-mal der Drehzahlgrenze für Lager mit Stahlkugeln.

Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$

Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

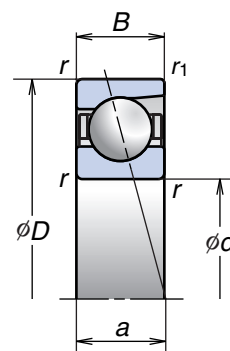
Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihe)

### Reihe 72

Bohrungsdurchmesser 10 – 105 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> ( $\text{min}^{-1}$ ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|--------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{0r}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    | Fett                                                | Öl     |
| 7200C       | 10                    | 30  | 9   | 0,6       | 0,3         | 5,40          | 2,61             | 2,16                                    | 13,2         | 7,2                        | 0,032              | 57 500                                              | 87 500 |
| 7200A5      | 10                    | 30  | 9   | 0,6       | 0,3         | 5,20          | 2,51             | 2,49                                    | —            | 9,2                        | 0,031              | 50 000                                              | 75 000 |
| 7200A       | 10                    | 30  | 9   | 0,6       | 0,3         | 5,05          | 2,44             | 1,92                                    | —            | 10,3                       | 0,032              | 37 500                                              | 50 000 |
| 7201C       | 12                    | 32  | 10  | 0,6       | 0,3         | 7,90          | 3,85             | 3,45                                    | 12,5         | 7,9                        | 0,036              | 52 300                                              | 79 600 |
| 7201A5      | 12                    | 32  | 10  | 0,6       | 0,3         | 7,65          | 3,70             | 3,55                                    | —            | 10,1                       | 0,036              | 45 500                                              | 68 200 |
| 7201A       | 12                    | 32  | 10  | 0,6       | 0,3         | 7,45          | 3,65             | 2,72                                    | —            | 11,4                       | 0,030              | 34 100                                              | 45 500 |
| 7202C       | 15                    | 35  | 11  | 0,6       | 0,3         | 8,65          | 4,55             | 3,85                                    | 13,2         | 8,8                        | 0,045              | 46 000                                              | 70 000 |
| 7202A5      | 15                    | 35  | 11  | 0,6       | 0,3         | 8,35          | 4,35             | 3,95                                    | —            | 11,3                       | 0,044              | 40 000                                              | 60 000 |
| 7202A       | 15                    | 35  | 11  | 0,6       | 0,3         | 8,10          | 4,25             | 3,00                                    | —            | 12,7                       | 0,045              | 30 000                                              | 40 000 |
| 7203C       | 17                    | 40  | 12  | 0,6       | 0,3         | 10,90         | 5,85             | 4,85                                    | 13,3         | 9,8                        | 0,065              | 40 400                                              | 61 500 |
| 7203A5      | 17                    | 40  | 12  | 0,6       | 0,3         | 10,40         | 5,60             | 5,30                                    | —            | 12,6                       | 0,064              | 35 100                                              | 52 700 |
| 7203A       | 17                    | 40  | 12  | 0,6       | 0,3         | 10,10         | 5,45             | 4,05                                    | —            | 14,2                       | 0,065              | 26 400                                              | 35 100 |
| 7204C       | 20                    | 47  | 14  | 1,0       | 0,6         | 14,60         | 8,05             | 6,30                                    | 13,3         | 11,5                       | 0,103              | 34 400                                              | 52 300 |
| 7204A5      | 20                    | 47  | 14  | 1,0       | 0,6         | 14,00         | 7,75             | 7,40                                    | —            | 14,8                       | 0,102              | 29 900                                              | 44 800 |
| 7204A       | 20                    | 47  | 14  | 1,0       | 0,6         | 13,60         | 7,55             | 5,75                                    | —            | 16,7                       | 0,104              | 22 400                                              | 29 900 |
| 7205C       | 25                    | 52  | 15  | 1,0       | 0,6         | 16,60         | 10,20            | 7,50                                    | 14,0         | 12,7                       | 0,127              | 29 900                                              | 45 500 |
| 7205A5      | 25                    | 52  | 15  | 1,0       | 0,6         | 15,90         | 9,80             | 9,05                                    | —            | 16,5                       | 0,130              | 26 000                                              | 39 000 |
| 7205A       | 25                    | 52  | 15  | 1,0       | 0,6         | 15,40         | 9,45             | 6,95                                    | —            | 18,6                       | 0,129              | 19 500                                              | 26 000 |
| 7206C       | 30                    | 62  | 16  | 1,0       | 0,6         | 23,00         | 14,70            | 10,30                                   | 13,9         | 14,2                       | 0,194              | 25 000                                              | 38 100 |
| 7206A5      | 30                    | 62  | 16  | 1,0       | 0,6         | 22,10         | 14,10            | 12,00                                   | —            | 18,7                       | 0,194              | 21 800                                              | 32 700 |
| 7206A       | 30                    | 62  | 16  | 1,0       | 0,6         | 21,30         | 13,60            | 9,20                                    | —            | 21,3                       | 0,197              | 16 400                                              | 21 800 |
| 7207C       | 35                    | 72  | 17  | 1,1       | 0,6         | 30,50         | 19,90            | 14,40                                   | 13,9         | 15,7                       | 0,280              | 21 500                                              | 32 800 |
| 7207A5      | 35                    | 72  | 17  | 1,1       | 0,6         | 29,10         | 19,10            | 16,60                                   | —            | 21,0                       | 0,277              | 18 700                                              | 28 100 |
| 7207A       | 35                    | 72  | 17  | 1,1       | 0,6         | 28,20         | 18,50            | 12,70                                   | —            | 23,9                       | 0,284              | 14 100                                              | 18 700 |
| 7208C       | 40                    | 80  | 18  | 1,1       | 0,6         | 36,50         | 25,20            | 17,60                                   | 14,1         | 17,0                       | 0,366              | 19 200                                              | 29 200 |
| 7208A5      | 40                    | 80  | 18  | 1,1       | 0,6         | 34,50         | 24,10            | 20,60                                   | —            | 23,0                       | 0,362              | 16 700                                              | 25 000 |
| 7208A       | 40                    | 80  | 18  | 1,1       | 0,6         | 33,50         | 23,30            | 15,80                                   | —            | 26,3                       | 0,370              | 12 500                                              | 16 700 |
| 7209C       | 45                    | 85  | 19  | 1,1       | 0,6         | 41,00         | 28,80            | 19,60                                   | 14,2         | 18,2                       | 0,406              | 17 700                                              | 27 000 |
| 7209A5      | 45                    | 85  | 19  | 1,1       | 0,6         | 39,00         | 27,60            | 23,30                                   | —            | 24,7                       | 0,402              | 15 400                                              | 23 100 |
| 7209A       | 45                    | 85  | 19  | 1,1       | 0,6         | 37,50         | 26,70            | 18,00                                   | —            | 28,3                       | 0,410              | 11 600                                              | 15 400 |
| 7210C       | 50                    | 90  | 20  | 1,1       | 0,6         | 43,00         | 31,50            | 21,10                                   | 14,5         | 19,4                       | 0,457              | 16 500                                              | 25 000 |
| 7210A5      | 50                    | 90  | 20  | 1,1       | 0,6         | 41,00         | 30,50            | 25,20                                   | —            | 26,3                       | 0,453              | 14 300                                              | 21 500 |
| 7210A       | 50                    | 90  | 20  | 1,1       | 0,6         | 39,50         | 29,30            | 19,40                                   | —            | 30,2                       | 0,462              | 10 800                                              | 14 300 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$

Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

## Reihe 72 (Fortsetzung)

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{or}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    | Fett                                               | Öl     |
| 7211C       | 55                    | 100 | 21  | 1,5       | 1,0         | 53,0          | 40,0             | 27,6                                    | 14,5         | 20,9                       | 0,601              | 14 900                                             | 22 600 |
| 7211A5      | 55                    | 100 | 21  | 1,5       | 1,0         | 50,5          | 38,0             | 32,5                                    | —            | 28,6                       | 0,596              | 13 000                                             | 19 400 |
| 7211A       | 55                    | 100 | 21  | 1,5       | 1,0         | 49,0          | 37,0             | 25,0                                    | —            | 32,9                       | 0,609              | 9 700                                              | 13 000 |
| 7212C       | 60                    | 110 | 22  | 1,5       | 1,0         | 64,0          | 49,0             | 34,0                                    | 14,4         | 22,4                       | 0,780              | 13 600                                             | 20 600 |
| 7212A5      | 60                    | 110 | 22  | 1,5       | 1,0         | 61,0          | 47,0             | 40,0                                    | —            | 30,8                       | 0,773              | 11 800                                             | 17 700 |
| 7212A       | 60                    | 110 | 22  | 1,5       | 1,0         | 59,0          | 45,5             | 30,5                                    | —            | 35,5                       | 0,789              | 8 900                                              | 11 800 |
| 7213C       | 65                    | 120 | 23  | 1,5       | 1,0         | 73,0          | 58,5             | 40,0                                    | 14,6         | 23,9                       | 1,010              | 12 500                                             | 19 000 |
| 7213A5      | 65                    | 120 | 23  | 1,5       | 1,0         | 69,5          | 56,0             | 46,5                                    | —            | 33,1                       | 1,000              | 10 900                                             | 16 300 |
| 7213A       | 65                    | 120 | 23  | 1,5       | 1,0         | 67,5          | 54,0             | 36,0                                    | —            | 38,2                       | 1,020              | 8 200                                              | 10 900 |
| 7214C       | 70                    | 125 | 24  | 1,5       | 1,0         | 79,5          | 64,5             | 43,0                                    | 14,6         | 25,1                       | 1,090              | 11 800                                             | 18 000 |
| 7214A5      | 70                    | 125 | 24  | 1,5       | 1,0         | 76,0          | 61,5             | 49,5                                    | —            | 34,7                       | 1,080              | 10 300                                             | 15 400 |
| 7214A       | 70                    | 125 | 24  | 1,5       | 1,0         | 73,0          | 59,5             | 38,0                                    | —            | 40,1                       | 1,100              | 7 700                                              | 10 300 |
| 7215C       | 75                    | 130 | 25  | 1,5       | 1,0         | 83,0          | 70,0             | 46,0                                    | 14,8         | 26,2                       | 1,190              | 11 300                                             | 17 100 |
| 7215A5      | 75                    | 130 | 25  | 1,5       | 1,0         | 79,0          | 66,5             | 53,0                                    | —            | 36,4                       | 1,180              | 9 800                                              | 14 700 |
| 7215A       | 75                    | 130 | 25  | 1,5       | 1,0         | 76,0          | 64,5             | 40,5                                    | —            | 42,1                       | 1,200              | 7 400                                              | 9 800  |
| 7216C       | 80                    | 140 | 26  | 2,0       | 1,0         | 93,0          | 77,5             | 54,5                                    | 14,7         | 27,7                       | 1,430              | 10 500                                             | 16 000 |
| 7216A5      | 80                    | 140 | 26  | 2,0       | 1,0         | 88,5          | 74,0             | 62,0                                    | —            | 38,6                       | 1,420              | 9 100                                              | 13 700 |
| 7216A       | 80                    | 140 | 26  | 2,0       | 1,0         | 85,5          | 71,5             | 47,5                                    | —            | 44,8                       | 1,450              | 6 900                                              | 9 100  |
| 7217C       | 85                    | 150 | 28  | 2,0       | 1,0         | 107,0         | 90,5             | 60,5                                    | 14,7         | 29,7                       | 1,790              | 9 800                                              | 14 900 |
| 7217A5      | 85                    | 150 | 28  | 2,0       | 1,0         | 102,0         | 86,5             | 70,0                                    | —            | 41,4                       | 1,790              | 8 600                                              | 12 800 |
| 7217A       | 85                    | 150 | 28  | 2,0       | 1,0         | 98,5          | 83,5             | 53,5                                    | —            | 47,9                       | 1,800              | 6 400                                              | 8 600  |
| 7218C       | 90                    | 160 | 30  | 2,0       | 1,0         | 123,0         | 105,0            | 72,0                                    | 14,6         | 31,7                       | 2,200              | 9 200                                              | 14 000 |
| 7218A5      | 90                    | 160 | 30  | 2,0       | 1,0         | 117,0         | 100,0            | 83,5                                    | —            | 44,1                       | 2,310              | 8 000                                              | 12 000 |
| 7218A       | 90                    | 160 | 30  | 2,0       | 1,0         | 113,0         | 96,5             | 64,5                                    | —            | 51,1                       | 2,230              | 6 000                                              | 8 000  |
| 7219C       | 95                    | 170 | 32  | 2,1       | 1,1         | 133,0         | 112,0            | 76,0                                    | 14,6         | 33,7                       | 2,640              | 8 700                                              | 13 300 |
| 7219A5      | 95                    | 170 | 32  | 2,1       | 1,1         | 127,0         | 107,0            | 87,0                                    | —            | 46,9                       | 2,630              | 7 600                                              | 11 400 |
| 7219A       | 95                    | 170 | 32  | 2,1       | 1,1         | 122,0         | 103,0            | 67,0                                    | —            | 54,2                       | 2,670              | 5 700                                              | 7 600  |
| 7220C       | 100                   | 180 | 34  | 2,1       | 1,1         | 149,0         | 127,0            | 88,5                                    | 14,5         | 35,7                       | 3,180              | 8 300                                              | 12 500 |
| 7220A5      | 100                   | 180 | 34  | 2,1       | 1,1         | 142,0         | 121,0            | 103,0                                   | —            | 49,6                       | 3,160              | 7 200                                              | 10 800 |
| 7220A       | 100                   | 180 | 34  | 2,1       | 1,1         | 137,0         | 117,0            | 79,5                                    | —            | 57,4                       | 3,210              | 5 400                                              | 7 200  |
| 7221C       | 105                   | 190 | 36  | 2,1       | 1,1         | 162,0         | 143,0            | 97,5                                    | 14,5         | 37,7                       | 3,780              | 7 800                                              | 11 900 |
| 7221A5      | 105                   | 190 | 36  | 2,1       | 1,1         | 155,0         | 137,0            | 111,0                                   | —            | 52,4                       | 3,770              | 6 800                                              | 10 200 |
| 7221A       | 105                   | 190 | 36  | 2,1       | 1,1         | 150,0         | 132,0            | 85,0                                    | —            | 60,6                       | 3,820              | 5 100                                              | 6 800  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$

Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

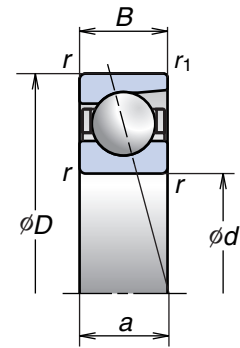
Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihen)

### Reihe 72

Bohrungsdurchmesser 110 – 150 mm



| Kurzzeichen   | Hauptabmessungen (mm) |            |           |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Faktor $f_0$ | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|---------------|-----------------------|------------|-----------|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|--------|
|               | $d$                   | $D$        | $B$       | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_r$ (dyn.)  | $C_{0r}$ (stat.) |                                         |              |                            |                    | Fett                                               | Öl     |
| <b>7222C</b>  | <b>110</b>            | <b>200</b> | <b>38</b> | 2,1       | 1,1         | 176           | 160              | 108,0                                   | 14,5         | 39,8                       | 4,450              | 7 500                                              | 11 300 |
| <b>7222A5</b> | <b>110</b>            | <b>200</b> | <b>38</b> | 2,1       | 1,1         | 168           | 153              | 126,0                                   | –            | 55,1                       | 4,450              | 6 500                                              | 9 700  |
| <b>7222A</b>  | <b>110</b>            | <b>200</b> | <b>38</b> | 2,1       | 1,1         | 162           | 148              | 97,0                                    | –            | 63,7                       | 4,490              | 4 900                                              | 6 500  |
| <b>7224C</b>  | <b>120</b>            | <b>215</b> | <b>40</b> | 2,1       | 1,1         | 199           | 192              | 132,0                                   | 14,6         | 42,4                       | 5,420              | 6 900                                              | 10 500 |
| <b>7224A5</b> | <b>120</b>            | <b>215</b> | <b>40</b> | 2,1       | 1,1         | 189           | 184              | 150,0                                   | –            | 59,1                       | 5,420              | 6 000                                              | 9 000  |
| <b>7224A</b>  | <b>120</b>            | <b>215</b> | <b>40</b> | 2,1       | 1,1         | 183           | 177              | 116,0                                   | –            | 68,3                       | 5,450              | 4 500                                              | 6 000  |
| <b>7226C</b>  | <b>130</b>            | <b>230</b> | <b>40</b> | 3,0       | 1,1         | 206           | 209              | 144,0                                   | 14,9         | 44,1                       | 6,230              | 6 400                                              | 9 800  |
| <b>7226A5</b> | <b>130</b>            | <b>230</b> | <b>40</b> | 3,0       | 1,1         | 196           | 199              | 163,0                                   | –            | 62,0                       | 6,220              | 5 600                                              | 8 400  |
| <b>7226A</b>  | <b>130</b>            | <b>230</b> | <b>40</b> | 3,0       | 1,1         | 189           | 193              | 127,0                                   | –            | 72,0                       | 6,280              | 4 200                                              | 5 600  |
| <b>7228C</b>  | <b>140</b>            | <b>250</b> | <b>42</b> | 3,0       | 1,1         | 238           | 254              | 172,0                                   | 14,8         | 47,1                       | 7,910              | 5 900                                              | 9 000  |
| <b>7228A5</b> | <b>140</b>            | <b>250</b> | <b>42</b> | 3,0       | 1,1         | 226           | 242              | 194,0                                   | –            | 66,5                       | 7,910              | 5 200                                              | 7 700  |
| <b>7228A</b>  | <b>140</b>            | <b>250</b> | <b>42</b> | 3,0       | 1,1         | 218           | 234              | 150,0                                   | –            | 77,3                       | 7,970              | 3 900                                              | 5 200  |
| <b>7230C</b>  | <b>150</b>            | <b>270</b> | <b>45</b> | 3,0       | 1,1         | 270           | 305              | 205,0                                   | 14,7         | 50,6                       | 11,100             | 5 500                                              | 8 400  |
| <b>7230A5</b> | <b>150</b>            | <b>270</b> | <b>45</b> | 3,0       | 1,1         | 258           | 290              | 231,0                                   | –            | 71,5                       | 11,100             | 4 800                                              | 7 200  |
| <b>7230A</b>  | <b>150</b>            | <b>270</b> | <b>45</b> | 3,0       | 1,1         | 248           | 280              | 179,0                                   | –            | 83,1                       | 11,200             | 3 600                                              | 4 800  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

**Anmerkung:** Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$   
 Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$   
 Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$





# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

### Eigenschaften

#### Optimierte Konstruktion

**Das ROBUST-Design wurde durch NSK-eigene Computerprogramme ermöglicht.**

Die optimierte Lagerinnenkonstruktion wurde mithilfe einer Computersimulation der Lagertemperatur aufgrund des Gleit- und Rollverhaltens der Kugeln im Lager entwickelt.

#### Lange Lebensdauer

**Der neue SHX-Stahl ist außerordentlich wärmebeständig und verschleißfest.**

Die Lager erreichen eine längere Gebrauchsdauer, ebenso werden die zulässigen Grenzwerte bei Mangelschmierung zu hohen Drehzahlen verschoben.

#### Große Genauigkeit

**Der Wälzkörperwerkstoff kann auf die jeweilige Anwendung abgestimmt werden.**

ROBUST-Lager sind auch als Hybridlager mit hochgenauen Keramikkugeln erhältlich.

Die Lager können auch in der Genauigkeitsklasse P2 gefertigt werden.

Die Lager sind für Anwendungen mit höchsten Drehzahlen geeignet.

#### Hohe Drehzahlen

**Der Käfig ist für hohe Drehzahlen ausgelegt.**

Der leichte, hochfeste Hartgewebekäfig ist wärmebeständig und außerordentlich steif und daher für Anwendungen mit hohen Drehzahlen geeignet.

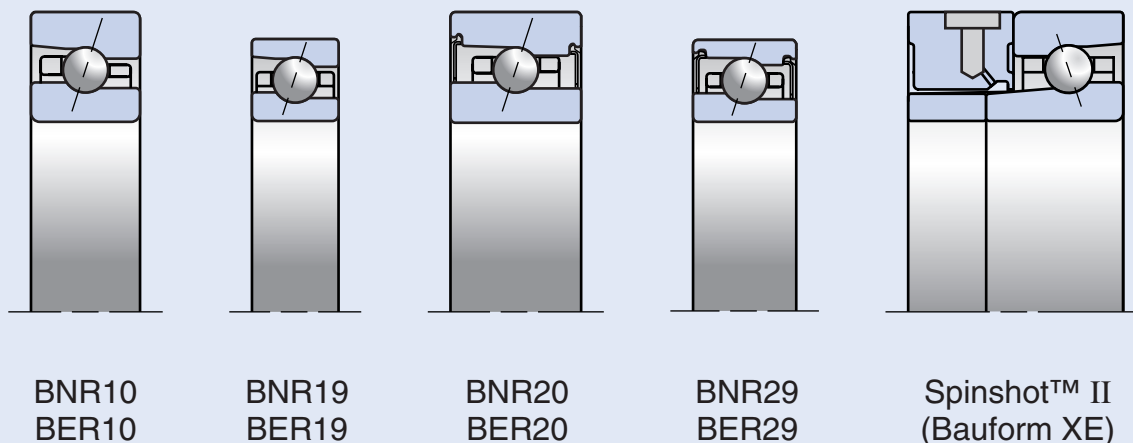
#### Geräuscharm

**Ruhiger Lauf von Hochgeschwindigkeitsspindeln mit Spinshot™-Schmiersystem**

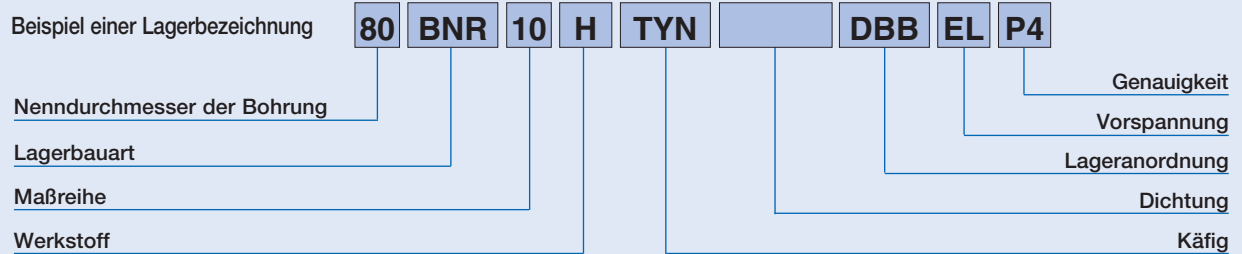
Die Geräuscentwicklung, die durch die Druckluft in herkömmlichen Öl-Luft-Schmiersystemen entsteht, ist bei Spinshot-Lagern ausgeschlossen.

### Maßreihen

Abb. 1.4



## Bezeichnungssystem für Schrägkugellager mit höchsten Drehzahlen (ROBUST-Reihen)



|                                                                  |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Seite                        |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|--|-------|------------|---|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------|-------------------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------------------|--------------|
| 80                                                               | Nenndurchmesser der Bohrung  | Bohrungsdurchmesser (mm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 64–79                        |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| BNR                                                              | Lagerbauart                  | BNR: Druckwinkel 18°, BER; Druckwinkel 25°                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 42–43, 48                    |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| 10                                                               | Maßreihe                     | 10 = ISO-Reihe 10, 19 = ISO-Reihe 19, 20 = ISO-Reihe 20, 29 = ISO-Reihe 29 (¹)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 42–43, 62                    |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| H                                                                | Werkstoff                    | <table><tr><th rowspan="2">Ausführung</th><th colspan="2">Werkstoff</th></tr><tr><th>Ringe</th><th>Wälzkörper</th></tr><tr><td>S</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td></tr><tr><td>H</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td><td>Keramik (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)</td></tr><tr><td>X</td><td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td><td>Keramik (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)</td></tr><tr><td>XE(Spinshot™II)</td><td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td><td>Keramik (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)</td></tr></table> | Ausführung                   | Werkstoff                                 |  | Ringe | Wälzkörper | S | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Wälzlagerstahl (SUJ2) | H | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) | X | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) | XE(Spinshot™II) | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) | 14–17, 24–25 |
|                                                                  |                              | Ausführung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                              | Werkstoff                                 |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
|                                                                  |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Ringe                        | Wälzkörper                                |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
|                                                                  |                              | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Wälzlagerstahl (SUJ2)        | Wälzlagerstahl (SUJ2)                     |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
|                                                                  |                              | H                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Wälzlagerstahl (SUJ2)        | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
|                                                                  |                              | X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| XE(Spinshot™II)                                                  | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                              |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| SUJ2 ist die japanische Bezeichnung des Wälzlagerstahles 100Cr6. |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                              |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| TYN                                                              | Käfig                        | TYN: kugelgeführter Polyamidkäfig, Drehzahlgrenze $n \times d_m = 1.400.000$ , Betriebstemperatur max. 120 °C<br>T: außenringgeführter Hartgewebekäfig, Betriebstemperatur max. 120 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 18–19                        |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
|                                                                  | Dichtung                     | ohne Kennzeichnung: nicht abgedichtet    V1V: nichtschleifende Elastomerdichtung (²)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 32                           |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| DBB                                                              | Anordnung                    | SU: Universalausführung (einreihig)    DU: Universalausführung (zweireihig)<br>DB: O-Anordnung    DF: X-Anordnung    DT: Tandem-Anordnung<br>DBD, DFD, DTD, DUD: Dreiersätze    DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: Vierersätze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 42–43, 148–151               |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| EL                                                               | Vorspannung                  | EL: extraleichte Vorspannung, L: leichte Vorspannung, M: mittlere Vorspannung<br>CP: Sondervorspannung, CA: Sonderaxialluft                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 42–43, 152–155, 161–164      |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |
| P4                                                               | Genauigkeit                  | P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4; P5: ISO-Klasse 5<br>P3: NSK Standard (Maßgenauigkeit nach ISO-Klasse 4, Laufgenauigkeit nach ISO-Klasse 2)<br>P4Y: NSK Standard (Bohrungs- und Außendurchmesser nach NSK Spezifikation. Alle anderen Maße nach ISO-Klasse 4.)                                                                                                                                                                                                                                                                       | 151, 176–179                 |                                           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |                 |                              |                                           |              |

(\*) Die Reihen 20 und 29 sind nur in gedichteter Ausführung erhältlich.

(°) Abgedichtete Schrägkugellager werden in Universalausführung, Genauigkeit P3 und den Reihen BNR19, BNR29, BER19, BER29, BNR10, BNR20, BER10, BER20 von Bohrungsdurchmesser 30 bis 100 mm gefertigt.

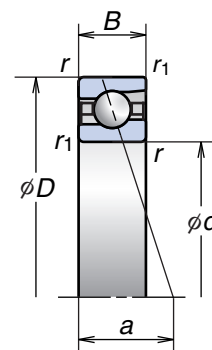
# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Schräggugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR19**

Reihe **BER19**

Bohrungsdurchmesser 25 – 80 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |    |    |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|----|----|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | d                     | D  | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                         |                          |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 25BNR19S    | 25                    | 42 | 9  | 0,3     | 0,15                 | 5,95                  | 3,50                    | 4,95                                    | 9,9                      | 0,042              | —                       | 41 800                                             | 59 800 |
| 25BNR19H    | 25                    | 42 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 3,25                                    |                          |                    |                         | 53 800                                             | 83 600 |
| 25BNR19X    | 25                    | 42 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 5,90                                    |                          |                    |                         | 62 700                                             | 98 600 |
| 25BER19S    | 25                    | 42 | 9  | 0,3     | 0,15                 | 5,70                  | 3,40                    | 5,90                                    | 12,3                     | 0,042              | —                       | 35 900                                             | 50 800 |
| 25BER19H    | 25                    | 42 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 3,95                                    |                          |                    |                         | 47 800                                             | 74 700 |
| 25BER19X    | 25                    | 42 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 0,038                                   |                          |                    |                         | 56 800                                             | 89 600 |
| 30BNR19S    | 30                    | 47 | 9  | 0,3     | 0,15                 | 6,30                  | 4,05                    | 5,75                                    | 10,8                     | 0,048              | ○                       | 36 400                                             | 52 000 |
| 30BNR19H    | 30                    | 47 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 3,80                                    |                          |                    |                         | 46 800                                             | 72 800 |
| 30BNR19X    | 30                    | 47 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 0,043                                   |                          |                    |                         | 54 600                                             | 85 800 |
| 30BER19S    | 30                    | 47 | 9  | 0,3     | 0,15                 | 6,00                  | 3,90                    | 6,80                                    | 13,5                     | 0,048              | ○                       | 31 200                                             | 44 200 |
| 30BER19H    | 30                    | 47 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 4,60                                    |                          |                    |                         | 41 600                                             | 65 000 |
| 30BER19X    | 30                    | 47 | 9  | 0,3     | 0,15                 |                       |                         | 0,043                                   |                          |                    |                         | 49 400                                             | 78 000 |
| 35BNR19S    | 35                    | 55 | 10 | 0,6     | 0,30                 | 9,20                  | 6,00                    | 8,55                                    | 12,3                     | 0,072              | ○                       | 31 200                                             | 44 500 |
| 35BNR19H    | 35                    | 55 | 10 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 5,60                                    |                          |                    |                         | 40 000                                             | 62 300 |
| 35BNR19X    | 35                    | 55 | 10 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,063                                   |                          |                    |                         | 46 700                                             | 73 400 |
| 35BER19S    | 35                    | 55 | 10 | 0,6     | 0,30                 | 8,80                  | 5,75                    | 10,00                                   | 15,5                     | 0,072              | ○                       | 26 700                                             | 37 800 |
| 35BER19H    | 35                    | 55 | 10 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 6,80                                    |                          |                    |                         | 35 600                                             | 55 600 |
| 35BER19X    | 35                    | 55 | 10 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,063                                   |                          |                    |                         | 42 300                                             | 66 700 |
| 40BNR19S    | 40                    | 62 | 12 | 0,6     | 0,30                 | 11,50                 | 7,65                    | 10,80                                   | 14,3                     | 0,105              | ○                       | 27 500                                             | 39 300 |
| 40BNR19H    | 40                    | 62 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 7,10                                    |                          |                    |                         | 35 300                                             | 55 000 |
| 40BNR19X    | 40                    | 62 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,092                                   |                          |                    |                         | 41 200                                             | 64 800 |
| 40BER19S    | 40                    | 62 | 12 | 0,6     | 0,30                 | 11,00                 | 7,35                    | 12,80                                   | 17,9                     | 0,105              | ○                       | 23 600                                             | 33 400 |
| 40BER19H    | 40                    | 62 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 8,65                                    |                          |                    |                         | 31 400                                             | 49 100 |
| 40BER19X    | 40                    | 62 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,092                                   |                          |                    |                         | 37 300                                             | 58 900 |
| 45BNR19S    | 45                    | 68 | 12 | 0,6     | 0,30                 | 12,10                 | 8,70                    | 12,40                                   | 15,2                     | 0,125              | ○                       | 24 800                                             | 35 400 |
| 45BNR19H    | 45                    | 68 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 8,10                                    |                          |                    |                         | 31 900                                             | 49 600 |
| 45BNR19X    | 45                    | 68 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,111                                   |                          |                    |                         | 37 200                                             | 58 500 |
| 45BER19S    | 45                    | 68 | 12 | 0,6     | 0,30                 | 11,60                 | 8,35                    | 14,60                                   | 19,2                     | 0,125              | ○                       | 21 300                                             | 30 100 |
| 45BER19H    | 45                    | 68 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 9,85                                    |                          |                    |                         | 28 400                                             | 44 300 |
| 45BER19X    | 45                    | 68 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,111                                   |                          |                    |                         | 33 700                                             | 53 100 |
| 50BNR19S    | 50                    | 72 | 12 | 0,6     | 0,30                 | 12,80                 | 9,75                    | 13,90                                   | 15,9                     | 0,127              | ○                       | 23 000                                             | 32 800 |
| 50BNR19H    | 50                    | 72 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 9,10                                    |                          |                    |                         | 29 600                                             | 46 000 |
| 50BNR19X    | 50                    | 72 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,111                                   |                          |                    |                         | 34 500                                             | 54 100 |
| 50BER19S    | 50                    | 72 | 12 | 0,6     | 0,30                 | 12,30                 | 9,35                    | 16,30                                   | 20,2                     | 0,127              | ○                       | 19 700                                             | 27 900 |
| 50BER19H    | 50                    | 72 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 11,00                                   |                          |                    |                         | 26 300                                             | 41 000 |
| 50BER19X    | 50                    | 72 | 12 | 0,6     | 0,30                 |                       |                         | 0,111                                   |                          |                    |                         | 31 200                                             | 49 200 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

Reihe **BNR19**  
**BER19** (Fortsetzung)

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |          |          |                |                            | Tragzahl (kN)               |                               | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i> | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> (min) | <i>r<sub>1</sub></i> (min) | <i>C<sub>r</sub></i> (dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i> (stat.) |                                         |                                 |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 55BNR19S    | 55                    | 80       | 13       | 1,0            | 0,6                        | 14,4                        | 11,4                          | 16,2                                    | 17,5                            | 0,178              | ○                       | 20 800                                             | 29 700 |
| 55BNR19H    | 55                    | 80       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 10,6                                    |                                 | 0,158              | ○                       | 26 700                                             | 41 500 |
| 55BNR19X    | 55                    | 80       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,158              | ○                       | 31 200                                             | 48 900 |
| 55BER19S    | 55                    | 80       | 13       | 1,0            | 0,6                        | 13,8                        | 10,9                          | 16,1                                    | 22,2                            | 0,178              | ○                       | 17 800                                             | 25 200 |
| 55BER19H    | 55                    | 80       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 12,9                                    |                                 | 0,158              | ○                       | 23 800                                             | 37 100 |
| 55BER19X    | 55                    | 80       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,158              | ○                       | 28 200                                             | 44 500 |
| 60BNR19S    | 60                    | 85       | 13       | 1,0            | 0,6                        | 14,6                        | 12,0                          | 17,1                                    | 18,3                            | 0,190              | ○                       | 19 400                                             | 27 600 |
| 60BNR19H    | 60                    | 85       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 11,2                                    |                                 | 0,170              | ○                       | 24 900                                             | 38 700 |
| 60BNR19X    | 60                    | 85       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,170              | ○                       | 29 000                                             | 45 600 |
| 60BER19S    | 60                    | 85       | 13       | 1,0            | 0,6                        | 14,0                        | 11,5                          | 20,1                                    | 23,4                            | 0,190              | ○                       | 16 600                                             | 23 500 |
| 60BER19H    | 60                    | 85       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 13,6                                    |                                 | 0,170              | ○                       | 22 100                                             | 34 500 |
| 60BER19X    | 60                    | 85       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,170              | ○                       | 26 300                                             | 41 400 |
| 65BNR19S    | 65                    | 90       | 13       | 1,0            | 0,6                        | 15,2                        | 13,2                          | 18,7                                    | 19,1                            | 0,204              | ○                       | 18 100                                             | 25 900 |
| 65BNR19H    | 65                    | 90       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 12,3                                    |                                 | 0,181              | ○                       | 23 300                                             | 36 200 |
| 65BNR19X    | 65                    | 90       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,181              | ○                       | 27 100                                             | 42 600 |
| 65BER19S    | 65                    | 90       | 13       | 1,0            | 0,6                        | 14,5                        | 12,6                          | 22,1                                    | 24,6                            | 0,204              | ○                       | 15 500                                             | 22 000 |
| 65BER19H    | 65                    | 90       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 14,9                                    |                                 | 0,181              | ○                       | 20 700                                             | 32 300 |
| 65BER19X    | 65                    | 90       | 13       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,181              | ○                       | 24 600                                             | 38 800 |
| 70BNR19S    | 70                    | 100      | 16       | 1,0            | 0,6                        | 21,3                        | 18,1                          | 26,1                                    | 21,8                            | 0,328              | ○                       | 16 500                                             | 23 600 |
| 70BNR19H    | 70                    | 100      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 17,1                                    |                                 | 0,292              | ○                       | 21 200                                             | 33 000 |
| 70BNR19X    | 70                    | 100      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,292              | ○                       | 24 800                                             | 38 900 |
| 70BER19S    | 70                    | 100      | 16       | 1,0            | 0,6                        | 20,4                        | 17,3                          | 30,5                                    | 27,8                            | 0,328              | ○                       | 14 200                                             | 20 000 |
| 70BER19H    | 70                    | 100      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 20,7                                    |                                 | 0,292              | ○                       | 18 900                                             | 29 500 |
| 70BER19X    | 70                    | 100      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,292              | ○                       | 22 400                                             | 35 300 |
| 75BNR19S    | 75                    | 105      | 16       | 1,0            | 0,6                        | 21,6                        | 19,0                          | 27,5                                    | 22,6                            | 0,348              | ○                       | 15 600                                             | 22 300 |
| 75BNR19H    | 75                    | 105      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 18,0                                    |                                 | 0,310              | ○                       | 20 000                                             | 31 200 |
| 75BNR19X    | 75                    | 105      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,310              | ○                       | 23 400                                             | 36 700 |
| 75BER19S    | 75                    | 105      | 16       | 1,0            | 0,6                        | 20,7                        | 18,2                          | 32,5                                    | 29,0                            | 0,348              | ○                       | 13 400                                             | 18 900 |
| 75BER19H    | 75                    | 105      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 21,7                                    |                                 | 0,310              | ○                       | 17 800                                             | 27 800 |
| 75BER19X    | 75                    | 105      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,310              | ○                       | 21 200                                             | 33 400 |
| 80BNR19S    | 80                    | 110      | 16       | 1,0            | 0,6                        | 22,0                        | 19,9                          | 28,9                                    | 23,4                            | 0,366              | ○                       | 14 800                                             | 21 100 |
| 80BNR19H    | 80                    | 110      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 18,9                                    |                                 | 0,326              | ○                       | 19 000                                             | 29 500 |
| 80BNR19X    | 80                    | 110      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,326              | ○                       | 22 200                                             | 34 800 |
| 80BER19S    | 80                    | 110      | 16       | 1,0            | 0,6                        | 21,0                        | 19,1                          | 34,0                                    | 30,1                            | 0,366              | ○                       | 12 700                                             | 17 900 |
| 80BER19H    | 80                    | 110      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 22,8                                    |                                 | 0,326              | ○                       | 16 900                                             | 26 400 |
| 80BER19X    | 80                    | 110      | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,326              | ○                       | 20 000                                             | 31 600 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.  
<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170  
 Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$   
 Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

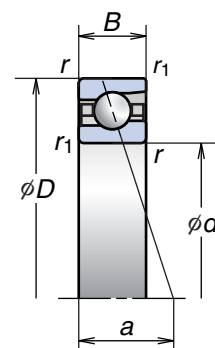
# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Schräggugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR19**

Reihe **BER19**

Bohrungsdurchmesser 85 – 150 mm



| Kurzzeichen      | Hauptabmessungen (mm) |     |    |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|------------------|-----------------------|-----|----|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|                  | d                     | D   | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                         |                          |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| <b>85BNR19S</b>  | 85                    | 120 | 18 | 1,1     | 0,6                  | 29,4                  | 26,3                    | 38,0                                    | 25,7                     | 0,527              | ○                       | 13 700                                             | 19 600 |
| <b>85BNR19H</b>  | 85                    | 120 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 24,8                                    |                          | 0,456              | ○                       | 17 600                                             | 27 400 |
| <b>85BNR19X</b>  | 85                    | 120 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,456              | ○                       | 20 500                                             | 32 200 |
| <b>85BER19S</b>  | 85                    | 120 | 18 | 1,1     | 0,6                  | 28,1                  | 25,2                    | 35,5                                    | 32,9                     | 0,527              | ○                       | 11 800                                             | 16 600 |
| <b>85BER19H</b>  | 85                    | 120 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 30,0                                    |                          | 0,456              | ○                       | 15 700                                             | 24 400 |
| <b>85BER19X</b>  | 85                    | 120 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,456              | ○                       | 18 600                                             | 29 300 |
| <b>90BNR19S</b>  | 90                    | 125 | 18 | 1,1     | 0,6                  | 31,5                  | 29,7                    | 43,0                                    | 26,5                     | 0,552              | ○                       | 13 100                                             | 18 700 |
| <b>90BNR19H</b>  | 90                    | 125 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 28,1                                    |                          | 0,480              | ○                       | 16 800                                             | 26 100 |
| <b>90BNR19X</b>  | 90                    | 125 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,480              | ○                       | 19 600                                             | 30 700 |
| <b>90BER19S</b>  | 90                    | 125 | 18 | 1,1     | 0,6                  | 30,0                  | 28,5                    | 50,5                                    | 34,1                     | 0,552              | ○                       | 11 200                                             | 15 900 |
| <b>90BER19H</b>  | 90                    | 125 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 34,0                                    |                          | 0,480              | ○                       | 14 900                                             | 23 300 |
| <b>90BER19X</b>  | 90                    | 125 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,480              | ○                       | 17 700                                             | 28 000 |
| <b>95BNR19S</b>  | 95                    | 130 | 18 | 1,1     | 0,6                  | 32,0                  | 31,0                    | 50,0                                    | 28,3                     | 0,571              | ○                       | 12 500                                             | 17 800 |
| <b>95BNR19H</b>  | 95                    | 130 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 32,5                                    |                          | 0,497              | ○                       | 16 000                                             | 24 900 |
| <b>95BNR19X</b>  | 95                    | 130 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,497              | ○                       | 18 700                                             | 29 400 |
| <b>95BER19S</b>  | 95                    | 130 | 18 | 1,1     | 0,6                  | 30,5                  | 29,7                    | 58,5                                    | 36,7                     | 0,571              | ○                       | 10 700                                             | 15 200 |
| <b>95BER19H</b>  | 95                    | 130 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 39,5                                    |                          | 0,497              | ○                       | 14 300                                             | 22 300 |
| <b>95BER19X</b>  | 95                    | 130 | 18 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,497              | ○                       | 16 900                                             | 26 700 |
| <b>100BNR19S</b> | 100                   | 140 | 20 | 1,1     | 0,6                  | 38,0                  | 35,0                    | 50,5                                    | 29,5                     | 0,770              | ○                       | 11 700                                             | 16 700 |
| <b>100BNR19H</b> | 100                   | 140 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 33,0                                    |                          | 0,673              | ○                       | 15 000                                             | 23 400 |
| <b>100BNR19X</b> | 100                   | 140 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,673              | ○                       | 17 500                                             | 27 500 |
| <b>100BER19S</b> | 100                   | 140 | 20 | 1,1     | 0,6                  | 36,0                  | 33,5                    | 59,5                                    | 38,0                     | 0,770              | ○                       | 10 000                                             | 14 200 |
| <b>100BER19H</b> | 100                   | 140 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 40,0                                    |                          | 0,673              | ○                       | 13 400                                             | 20 900 |
| <b>100BER19X</b> | 100                   | 140 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,673              | ○                       | 15 900                                             | 25 000 |
| <b>105BNR19S</b> | 105                   | 145 | 20 | 1,1     | 0,6                  | 38,5                  | 36,5                    | 53,0                                    | 31,5                     | 0,795              | —                       | 11 200                                             | 16 000 |
| <b>105BNR19H</b> | 105                   | 145 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 39,0                                    |                          | 0,693              | —                       | 14 400                                             | 22 400 |
| <b>105BNR19X</b> | 105                   | 145 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,693              | —                       | 16 800                                             | 26 400 |
| <b>105BER19S</b> | 105                   | 145 | 20 | 1,1     | 0,6                  | 37,0                  | 35,0                    | 62,0                                    | 40,9                     | 0,795              | —                       | 9 600                                              | 13 600 |
| <b>105BER19H</b> | 105                   | 145 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 42,0                                    |                          | 0,693              | —                       | 12 800                                             | 20 000 |
| <b>105BER19X</b> | 105                   | 145 | 20 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,693              | —                       | 15 200                                             | 24 000 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

Reihe **BNR19**  
**BER19** (Fortsetzung)

| Kurzzeichen      | Hauptabmessungen (mm) |          |          |                |                            | Tragzahl (kN)               |                               | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i> | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|------------------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|                  | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> (min) | <i>r<sub>i</sub></i> (min) | <i>C<sub>r</sub></i> (dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i> (stat.) |                                         |                                 |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| <b>110BNR19S</b> | 110                   | 150      | 20       | 1,1            | 0,6                        | 39,0                        | 38,0                          | 55,5                                    | 31,1                            | 0,838              | —                       | 10 800                                             | 15 400 |
| <b>110BNR19H</b> | 110                   | 150      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 42,0                                    |                                 | 0,733              | —                       | 13 900                                             | 21 600 |
| <b>110BNR19X</b> | 110                   | 150      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,733              | —                       | 16 200                                             | 25 400 |
| <b>110BER19S</b> | 110                   | 150      | 20       | 1,1            | 0,6                        | 37,5                        | 36,5                          | 65,0                                    | 40,3                            | 0,838              | —                       | 9 300                                              | 13 100 |
| <b>110BER19H</b> | 110                   | 150      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 44,0                                    |                                 | 0,733              | —                       | 12 400                                             | 19 300 |
| <b>110BER19X</b> | 110                   | 150      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,733              | —                       | 14 700                                             | 23 100 |
| <b>120BNR19S</b> | 120                   | 165      | 22       | 1,1            | 0,6                        | 54,0                        | 52,0                          | 75,0                                    | 34,2                            | 1,124              | —                       | 9 900                                              | 14 100 |
| <b>120BNR19H</b> | 120                   | 165      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 49,0                                    |                                 | 0,949              | —                       | 12 700                                             | 19 700 |
| <b>120BNR19X</b> | 120                   | 165      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,949              | —                       | 14 800                                             | 23 200 |
| <b>120BER19S</b> | 120                   | 165      | 22       | 1,1            | 0,6                        | 51,5                        | 50,0                          | 88,0                                    | 44,2                            | 1,124              | —                       | 8 500                                              | 12 000 |
| <b>120BER19H</b> | 120                   | 165      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 59,5                                    |                                 | 0,949              | —                       | 11 300                                             | 17 600 |
| <b>120BER19X</b> | 120                   | 165      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,949              | —                       | 13 400                                             | 21 100 |
| <b>130BNR19S</b> | 130                   | 180      | 24       | 1,5            | 1,0                        | 59,5                        | 58,5                          | 85,0                                    | 37,2                            | 1,477              | —                       | 9 100                                              | 13 000 |
| <b>130BNR19H</b> | 130                   | 180      | 24       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 56,0                                    |                                 | 1,265              | —                       | 11 700                                             | 18 100 |
| <b>130BER19S</b> | 130                   | 180      | 24       | 1,5            | 1,0                        | 57,0                        | 56,5                          | 100,0                                   | 48,1                            | 1,477              | —                       | 7 800                                              | 11 000 |
| <b>130BER19H</b> | 130                   | 180      | 24       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 67,5                                    |                                 | 1,265              | —                       | 10 400                                             | 16 200 |
| <b>140BNR19S</b> | 140                   | 190      | 24       | 1,5            | 1,0                        | 60,0                        | 61,5                          | 89,5                                    | 38,8                            | 1,567              | —                       | 8 500                                              | 12 200 |
| <b>140BNR19H</b> | 140                   | 190      | 24       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 58,5                                    |                                 | 1,353              | —                       | 11 000                                             | 17 000 |
| <b>140BER19S</b> | 140                   | 190      | 24       | 1,5            | 1,0                        | 57,5                        | 59,0                          | 105,0                                   | 50,5                            | 1,567              | —                       | 7 300                                              | 10 400 |
| <b>140BER19H</b> | 140                   | 190      | 24       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 70,5                                    |                                 | 1,353              | —                       | 9 700                                              | 15 200 |
| <b>150BNR19S</b> | 150                   | 210      | 28       | 2,0            | 1,0                        | 77,0                        | 78,5                          | 114,0                                   | 43,2                            | 2,459              | —                       | 7 800                                              | 11 200 |
| <b>150BNR19H</b> | 150                   | 210      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 75,0                                    |                                 | 2,139              | —                       | 10 000                                             | 15 600 |
| <b>150BER19S</b> | 150                   | 210      | 28       | 2,0            | 1,0                        | 73,5                        | 75,5                          | 134,0                                   | 55,9                            | 2,459              | —                       | 6 700                                              | 9 500  |
| <b>150BER19H</b> | 150                   | 210      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 90,5                                    |                                 | 2,139              | —                       | 8 900                                              | 13 900 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

**Anmerkung:** Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$



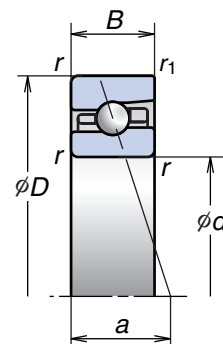
# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Schräggugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR10**

Reihe **BER10**

Bohrungsdurchmesser 30 – 80 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |    |    |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|----|----|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | d                     | D  | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                         |                          |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 30BNR10S    | 30                    | 55 | 13 | 1,0     | 0,6                  | 8,65                  | 5,75                    | 8,20                                    | 13,3                     | 0,124              | ○                       | 33 000                                             | 47 100 |
| 30BNR10H    | 30                    | 55 | 13 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 5,35                                    |                          |                    |                         | 42 400                                             | 65 900 |
| 30BNR10X    | 30                    | 55 | 13 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 49 500                                             | 77 700 |
| 30BER10S    | 30                    | 55 | 13 | 1,0     | 0,6                  | 8,30                  | 5,50                    | 9,65                                    | 16,3                     | 0,124              | ○                       | 28 300                                             | 40 000 |
| 30BER10H    | 30                    | 55 | 13 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 6,50                                    |                          |                    |                         | 37 700                                             | 58 900 |
| 30BER10X    | 30                    | 55 | 13 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 44 800                                             | 70 600 |
| 35BNR10S    | 35                    | 62 | 14 | 1,0     | 0,6                  | 10,10                 | 7,10                    | 10,20                                   | 14,8                     | 0,164              | ○                       | 28 900                                             | 41 300 |
| 35BNR10H    | 35                    | 62 | 14 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 6,70                                    |                          |                    |                         | 37 200                                             | 57 800 |
| 35BNR10X    | 35                    | 62 | 14 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 43 300                                             | 68 100 |
| 35BER10S    | 35                    | 62 | 14 | 1,0     | 0,6                  | 9,70                  | 6,85                    | 12,00                                   | 18,2                     | 0,164              | ○                       | 24 800                                             | 35 100 |
| 35BER10H    | 35                    | 62 | 14 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 8,10                                    |                          |                    |                         | 33 000                                             | 51 600 |
| 35BER10X    | 35                    | 62 | 14 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 39 200                                             | 61 900 |
| 40BNR10S    | 40                    | 68 | 15 | 1,0     | 0,6                  | 10,60                 | 7,95                    | 11,50                                   | 16,2                     | 0,204              | ○                       | 26 000                                             | 37 100 |
| 40BNR10H    | 40                    | 68 | 15 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 7,50                                    |                          |                    |                         | 33 400                                             | 51 900 |
| 40BNR10X    | 40                    | 68 | 15 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 38 900                                             | 61 200 |
| 40BER10S    | 40                    | 68 | 15 | 1,0     | 0,6                  | 10,10                 | 7,65                    | 13,50                                   | 19,9                     | 0,204              | ○                       | 22 300                                             | 31 500 |
| 40BER10H    | 40                    | 68 | 15 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 9,10                                    |                          |                    |                         | 29 700                                             | 46 300 |
| 40BER10X    | 40                    | 68 | 15 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 35 200                                             | 55 600 |
| 45BNR10S    | 45                    | 75 | 16 | 1,0     | 0,6                  | 11,70                 | 9,00                    | 12,70                                   | 17,6                     | 0,259              | ○                       | 23 400                                             | 33 400 |
| 45BNR10H    | 45                    | 75 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 8,35                                    |                          |                    |                         | 30 000                                             | 46 700 |
| 45BNR10X    | 45                    | 75 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 35 000                                             | 55 000 |
| 45BER10S    | 45                    | 75 | 16 | 1,0     | 0,6                  | 11,20                 | 8,60                    | 15,00                                   | 21,8                     | 0,259              | ○                       | 20 000                                             | 28 400 |
| 45BER10H    | 45                    | 75 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 10,10                                   |                          |                    |                         | 26 700                                             | 41 700 |
| 45BER10X    | 45                    | 75 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 31 700                                             | 50 000 |
| 50BNR10S    | 50                    | 80 | 16 | 1,0     | 0,6                  | 12,20                 | 9,90                    | 14,00                                   | 18,4                     | 0,281              | ○                       | 21 600                                             | 30 800 |
| 50BNR10H    | 50                    | 80 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 9,20                                    |                          |                    |                         | 27 700                                             | 43 100 |
| 50BNR10X    | 50                    | 80 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 32 400                                             | 50 800 |
| 50BER10S    | 50                    | 80 | 16 | 1,0     | 0,6                  | 11,60                 | 9,50                    | 16,50                                   | 23,0                     | 0,281              | ○                       | 18 500                                             | 26 200 |
| 50BER10H    | 50                    | 80 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 11,10                                   |                          |                    |                         | 24 700                                             | 38 500 |
| 50BER10X    | 50                    | 80 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    |                         | 29 300                                             | 46 200 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

Reihe **BNR10**  
**BER10** (Fortsetzung)

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |          |          |                |                            | Tragzahl (kN)               |                               | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i> | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> (min) | <i>r<sub>1</sub></i> (min) | <i>C<sub>r</sub></i> (dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i> (stat.) |                                         |                                 |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 55BNR10S    | 55                    | 90       | 18       | 1,1            | 0,6                        | 15,1                        | 12,5                          | 17,8                                    | 20,6                            | 0,414              | ○                       | 19400                                              | 27600  |
| 55BNR10H    | 55                    | 90       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 11,7                                    |                                 | 0,393              | ○                       | 24 900                                             | 38 700 |
| 55BNR10X    | 55                    | 90       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,393              | ○                       | 29 000                                             | 45 600 |
| 55BER10S    | 55                    | 90       | 18       | 1,1            | 0,6                        | 14,4                        | 12,0                          | 21,0                                    | 25,7                            | 0,414              | ○                       | 16 600                                             | 23 500 |
| 55BER10H    | 55                    | 90       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 14,1                                    |                                 | 0,393              | ○                       | 22 100                                             | 34 500 |
| 55BER10X    | 55                    | 90       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,393              | ○                       | 26 300                                             | 41 400 |
| 60BNR10S    | 60                    | 95       | 18       | 1,1            | 0,6                        | 15,6                        | 13,7                          | 19,5                                    | 21,5                            | 0,443              | ○                       | 18 100                                             | 25 900 |
| 60BNR10H    | 60                    | 95       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 12,8                                    |                                 | 0,419              | ○                       | 23 300                                             | 36 200 |
| 60BNR10X    | 60                    | 95       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,419              | ○                       | 27 100                                             | 42 600 |
| 60BER10S    | 60                    | 95       | 18       | 1,1            | 0,6                        | 15,0                        | 13,1                          | 22,9                                    | 26,9                            | 0,443              | ○                       | 15 500                                             | 22 000 |
| 60BER10H    | 60                    | 95       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 15,5                                    |                                 | 0,419              | ○                       | 20 700                                             | 32 300 |
| 60BER10X    | 60                    | 95       | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,419              | ○                       | 24 600                                             | 38 800 |
| 65BNR10S    | 65                    | 100      | 18       | 1,1            | 0,6                        | 16,2                        | 14,8                          | 21,1                                    | 22,3                            | 0,472              | ○                       | 17 000                                             | 24 300 |
| 65BNR10H    | 65                    | 100      | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 13,9                                    |                                 | 0,447              | ○                       | 21 900                                             | 34 000 |
| 65BNR10X    | 65                    | 100      | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,447              | ○                       | 25 500                                             | 40 000 |
| 65BER10S    | 65                    | 100      | 18       | 1,1            | 0,6                        | 15,5                        | 14,2                          | 24,9                                    | 28,0                            | 0,472              | ○                       | 14 600                                             | 20 700 |
| 65BER10H    | 65                    | 100      | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 16,8                                    |                                 | 0,447              | ○                       | 19 400                                             | 30 400 |
| 65BER10X    | 65                    | 100      | 18       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,447              | ○                       | 23 100                                             | 36 400 |
| 70BNR10S    | 70                    | 110      | 20       | 1,1            | 0,6                        | 22,3                        | 19,8                          | 28,6                                    | 24,5                            | 0,645              | ○                       | 15 600                                             | 22 300 |
| 70BNR10H    | 70                    | 110      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 18,8                                    |                                 | 0,605              | ○                       | 20 000                                             | 31 200 |
| 70BNR10X    | 70                    | 110      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,605              | ○                       | 23 400                                             | 36 700 |
| 70BER10S    | 70                    | 110      | 20       | 1,1            | 0,6                        | 21,3                        | 18,9                          | 33,5                                    | 30,8                            | 0,645              | ○                       | 13 400                                             | 18 900 |
| 70BER10H    | 70                    | 110      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 22,6                                    |                                 | 0,605              | ○                       | 17 800                                             | 27 800 |
| 70BER10X    | 70                    | 110      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,605              | ○                       | 21 200                                             | 33 400 |
| 75BNR10S    | 75                    | 115      | 20       | 1,1            | 0,6                        | 22,6                        | 20,7                          | 30,0                                    | 25,3                            | 0,679              | ○                       | 14 800                                             | 21 100 |
| 75BNR10H    | 75                    | 115      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 19,7                                    |                                 | 0,638              | ○                       | 19 000                                             | 29 500 |
| 75BNR10X    | 75                    | 115      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,638              | ○                       | 22 200                                             | 34 800 |
| 75BER10S    | 75                    | 115      | 20       | 1,1            | 0,6                        | 21,6                        | 19,8                          | 35,0                                    | 31,9                            | 0,679              | ○                       | 12 700                                             | 17 900 |
| 75BER10H    | 75                    | 115      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 23,7                                    |                                 | 0,638              | ○                       | 16 900                                             | 26 400 |
| 75BER10X    | 75                    | 115      | 20       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,638              | ○                       | 20 000                                             | 31 600 |
| 80BNR10S    | 80                    | 125      | 22       | 1,1            | 0,6                        | 26,5                        | 24,5                          | 35,5                                    | 27,5                            | 0,921              | ○                       | 13 700                                             | 19 600 |
| 80BNR10H    | 80                    | 125      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 23,4                                    |                                 | 0,867              | ○                       | 17 600                                             | 27 400 |
| 80BNR10X    | 80                    | 125      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,867              | ○                       | 20 500                                             | 32 200 |
| 80BER10S    | 80                    | 125      | 22       | 1,1            | 0,6                        | 25,3                        | 23,5                          | 42,0                                    | 34,6                            | 0,921              | ○                       | 11 800                                             | 16 600 |
| 80BER10H    | 80                    | 125      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 28,2                                    |                                 | 0,867              | ○                       | 15 700                                             | 24 400 |
| 80BER10X    | 80                    | 125      | 22       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 0,867              | ○                       | 18 600                                             | 29 300 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

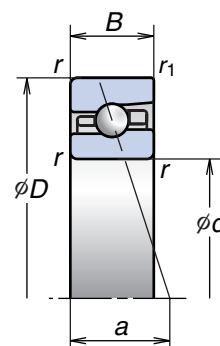
# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Schräggugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR10**

Reihe **BER10**

Bohrungsdurchmesser 85 – 150 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|----|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | d                     | D   | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                         |                          |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| 85BNR10S    | 85                    | 130 | 22 | 1,1     | 0,6                  | 26,8                  | 25,7                    | 37,5                                    | 28,4                     | 0,962              | ○                       | 13 100                                             | 18 700 |
| 85BNR10H    | 85                    | 130 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 24,5                                    |                          | 0,906              | ○                       | 16 800                                             | 26 100 |
| 85BNR10X    | 85                    | 130 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,906              | ○                       | 19 600                                             | 30 700 |
| 85BER10S    | 85                    | 130 | 22 | 1,1     | 0,6                  | 25,6                  | 24,6                    | 43,5                                    | 36,1                     | 0,962              | ○                       | 11 200                                             | 15 900 |
| 85BER10H    | 85                    | 130 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 29,5                                    |                          | 0,906              | ○                       | 14 900                                             | 23 300 |
| 85BER10X    | 85                    | 130 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,906              | ○                       | 17 700                                             | 28 000 |
| 90BNR10S    | 90                    | 140 | 24 | 1,5     | 1,0                  | 35,0                  | 33,0                    | 48,0                                    | 30,7                     | 1,241              | ○                       | 12 200                                             | 17 400 |
| 90BNR10H    | 90                    | 140 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         | 31,5                                    |                          | 1,155              | ○                       | 15 700                                             | 24 400 |
| 90BNR10X    | 90                    | 140 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,155              | ○                       | 18 300                                             | 28 700 |
| 90BER10S    | 90                    | 140 | 24 | 1,5     | 1,0                  | 33,5                  | 31,5                    | 56,0                                    | 38,8                     | 1,241              | ○                       | 10 500                                             | 14 800 |
| 90BER10H    | 90                    | 140 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         | 38,0                                    |                          | 1,155              | ○                       | 14 000                                             | 21 800 |
| 90BER10X    | 90                    | 140 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,155              | ○                       | 16 600                                             | 26 100 |
| 95BNR10S    | 95                    | 145 | 24 | 1,5     | 1,0                  | 35,5                  | 34,5                    | 50,0                                    | 31,3                     | 1,298              | ○                       | 11 700                                             | 16 700 |
| 95BNR10H    | 95                    | 145 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         | 32,5                                    |                          | 1,209              | ○                       | 15 000                                             | 23 400 |
| 95BNR10X    | 95                    | 145 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,209              | ○                       | 17 500                                             | 27 500 |
| 95BER10S    | 95                    | 145 | 24 | 1,5     | 1,0                  | 34,0                  | 33,0                    | 58,5                                    | 39,7                     | 1,298              | ○                       | 10 000                                             | 14 200 |
| 95BER10H    | 95                    | 145 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         | 39,5                                    |                          | 1,209              | ○                       | 13 400                                             | 20 900 |
| 95BER10X    | 95                    | 145 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,209              | ○                       | 15 900                                             | 25 000 |
| 100BNR10S   | 100                   | 150 | 24 | 1,5     | 1,0                  | 36,0                  | 36,0                    | 52,0                                    | 32,3                     | 1,245              | ○                       | 11 200                                             | 16 000 |
| 100BNR10H   | 100                   | 150 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         | 34,0                                    |                          | 1,253              | ○                       | 14 400                                             | 22 400 |
| 100BNR10X   | 100                   | 150 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,253              | ○                       | 16 800                                             | 26 400 |
| 100BER10S   | 100                   | 150 | 24 | 1,5     | 1,0                  | 34,5                  | 34,5                    | 61,0                                    | 41,2                     | 1,245              | ○                       | 9 600                                              | 13 600 |
| 100BER10H   | 100                   | 150 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         | 41,0                                    |                          | 1,253              | ○                       | 12 800                                             | 20 000 |
| 100BER10X   | 100                   | 150 | 24 | 1,5     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,253              | ○                       | 15 200                                             | 24 000 |
| 105BNR10S   | 105                   | 160 | 26 | 2,0     | 1,0                  | 41,0                  | 41,0                    | 59,5                                    | 34,5                     | 1,698              | —                       | 10 600                                             | 15 100 |
| 105BNR10H   | 105                   | 160 | 26 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 39,0                                    |                          | 1,585              | —                       | 13 600                                             | 21 200 |
| 105BNR10X   | 105                   | 160 | 26 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,585              | —                       | 15 900                                             | 25 000 |
| 105BER10S   | 105                   | 160 | 26 | 2,0     | 1,0                  | 39,0                  | 39,5                    | 70,0                                    | 43,9                     | 1,698              | —                       | 9 100                                              | 12 900 |
| 105BER10H   | 105                   | 160 | 26 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 47,5                                    |                          | 1,585              | —                       | 12 100                                             | 18 900 |
| 105BER10X   | 105                   | 160 | 26 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         |                                         |                          | 1,585              | —                       | 14 400                                             | 22 700 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

Reihe **BNR10**  
**BER10** (Fortsetzung)

| Kurzzeichen      | Hauptabmessungen (mm) |          |          |                |                            | Tragzahl (kN)               |                               | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i> | Gewicht (kg) (ca.) | Abgedichtete Ausführung | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|------------------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|--------|
|                  | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> (min) | <i>r<sub>1</sub></i> (min) | <i>C<sub>r</sub></i> (dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i> (stat.) |                                         |                                 |                    |                         | Fett                                               | Öl     |
| <b>110BNR10S</b> | 110                   | 170      | 28       | 2,0            | 1,0                        | 46,0                        | 47,0                          | 68,0                                    | 36,7                            | 2,133              | –                       | 10 000                                             | 14 300 |
| <b>110BNR10H</b> | 110                   | 170      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 44,5                                    |                                 | 1,996              | –                       | 12 900                                             | 20 000 |
| <b>110BNR10X</b> | 110                   | 170      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,996              | –                       | 15 000                                             | 23 600 |
| <b>110BER10S</b> | 110                   | 170      | 28       | 2,0            | 1,0                        | 44,0                        | 45,0                          | 79,5                                    | 46,7                            | 2,133              | –                       | 8 600                                              | 12 200 |
| <b>110BER10H</b> | 110                   | 170      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 54,0                                    |                                 | 1,996              | –                       | 11 500                                             | 17 900 |
| <b>110BER10X</b> | 110                   | 170      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,996              | –                       | 13 600                                             | 21 500 |
| <b>120BNR10S</b> | 120                   | 180      | 28       | 2,0            | 1,0                        | 47,5                        | 50,5                          | 73,5                                    | 38,4                            | 2,286              | –                       | 9 400                                              | 13 400 |
| <b>120BNR10H</b> | 120                   | 180      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 48,0                                    |                                 | 2,139              | –                       | 12 000                                             | 18 700 |
| <b>120BNR10X</b> | 120                   | 180      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 2,139              | –                       | 14 000                                             | 22 000 |
| <b>120BER10S</b> | 120                   | 180      | 28       | 2,0            | 1,0                        | 45,5                        | 48,5                          | 86,0                                    | 49,0                            | 2,286              | –                       | 8 000                                              | 11 400 |
| <b>120BER10H</b> | 120                   | 180      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 58,0                                    |                                 | 2,139              | –                       | 10 700                                             | 16 700 |
| <b>120BER10X</b> | 120                   | 180      | 28       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 2,139              | –                       | 12 700                                             | 20 000 |
| <b>130BNR10S</b> | 130                   | 200      | 33       | 2,0            | 1,0                        | 60,0                        | 61,5                          | 89,5                                    | 43,0                            | 3,408              | –                       | 8 500                                              | 12 200 |
| <b>130BNR10H</b> | 130                   | 200      | 33       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 58,5                                    |                                 | 3,194              | –                       | 11 000                                             | 17 000 |
| <b>130BER10S</b> | 130                   | 200      | 33       | 2,0            | 1,0                        | 57,5                        | 59,0                          | 105,0                                   | 54,6                            | 3,408              | –                       | 7 300                                              | 10 400 |
| <b>130BER10H</b> | 130                   | 200      | 33       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 70,5                                    |                                 | 3,194              | –                       | 9 700                                              | 15 200 |
| <b>140BNR10S</b> | 140                   | 210      | 33       | 2,0            | 1,0                        | 62,5                        | 66,5                          | 97,0                                    | 44,6                            | 3,647              | –                       | 8 000                                              | 11 500 |
| <b>140BNR10H</b> | 140                   | 210      | 33       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 63,5                                    |                                 | 3,419              | –                       | 10 300                                             | 16 000 |
| <b>140BER10S</b> | 140                   | 210      | 33       | 2,0            | 1,0                        | 59,5                        | 64,0                          | 113,0                                   | 56,9                            | 3,647              | –                       | 6 900                                              | 9 800  |
| <b>140BER10H</b> | 140                   | 210      | 33       | 2,0            | 1,0                        |                             |                               | 76,5                                    |                                 | 3,419              | –                       | 9 200                                              | 14 300 |
| <b>150BNR10S</b> | 150                   | 225      | 35       | 2,1            | 1,0                        | 73,5                        | 78,0                          | 114,0                                   | 47,6                            | 4,405              | –                       | 7 500                                              | 10 700 |
| <b>150BNR10H</b> | 150                   | 225      | 35       | 2,1            | 1,0                        |                             |                               | 74,5                                    |                                 | 4,129              | –                       | 9 600                                              | 15 000 |
| <b>150BER10S</b> | 150                   | 225      | 35       | 2,1            | 1,0                        | 70,0                        | 75,0                          | 99,5                                    | 60,8                            | 4,405              | –                       | 6 400                                              | 9 100  |
| <b>150BER10H</b> | 150                   | 225      | 35       | 2,1            | 1,0                        |                             |                               | 90,0                                    |                                 | 4,129              | –                       | 8 600                                              | 13 400 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

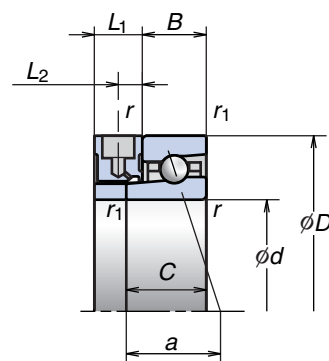
Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schräggugellager für höchste Drehzahlen (Spinshot™-II-Reihen)

Reihe **BNR19XE**  
Reihe **BER19XE**

Bohrungsdurchmesser 40 – 110 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |    |         |                      | Abmessung des Spinshot™-Zwischenrings (mm) |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |
|-------------|-----------------------|-----|----|----|---------|----------------------|--------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
|             | d                     | D   | B  | C  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | L <sub>1</sub> (ca.)                       | L <sub>2</sub> (ca.) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>or</sub> (stat.) |                                         |                          |                    | Öl                                                 |
| 40BNR19XE   | 40                    | 62  | 12 | 17 | 0,6     | 0,3                  | 15                                         | 7,5                  | 11,5                  | 7,65                    | 7,10                                    | 19,3                     | 0,106              | 64 800                                             |
| 40BER19XE   | 40                    | 62  | 12 | 17 | 0,6     | 0,3                  | 15                                         | 7,5                  | 11,0                  | 7,35                    | 8,65                                    | 22,9                     | 0,106              | 58 900                                             |
| 45BNR19XE   | 45                    | 68  | 12 | 17 | 0,6     | 0,3                  | 15                                         | 7,5                  | 12,1                  | 8,70                    | 8,10                                    | 20,2                     | 0,128              | 58 500                                             |
| 45BER19XE   | 45                    | 68  | 12 | 17 | 0,6     | 0,3                  | 15                                         | 7,5                  | 11,6                  | 8,35                    | 9,85                                    | 24,2                     | 0,128              | 53 100                                             |
| 50BNR19XE   | 50                    | 72  | 12 | 17 | 0,6     | 0,3                  | 15                                         | 7,5                  | 12,8                  | 9,75                    | 9,10                                    | 20,9                     | 0,129              | 54 100                                             |
| 50BER19XE   | 50                    | 72  | 12 | 17 | 0,6     | 0,3                  | 15                                         | 7,5                  | 12,3                  | 9,35                    | 11,00                                   | 25,2                     | 0,129              | 49 200                                             |
| 55BNR19XE   | 55                    | 80  | 13 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 14,4                  | 11,40                   | 10,60                                   | 22,5                     | 0,182              | 48 900                                             |
| 55BER19XE   | 55                    | 80  | 13 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 13,8                  | 10,90                   | 12,90                                   | 27,2                     | 0,182              | 44 500                                             |
| 60BNR19XE   | 60                    | 85  | 13 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 14,6                  | 12,00                   | 11,20                                   | 23,3                     | 0,196              | 45 600                                             |
| 60BER19XE   | 60                    | 85  | 13 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 14,0                  | 11,50                   | 13,60                                   | 28,4                     | 0,196              | 41 400                                             |
| 65BNR19XE   | 65                    | 90  | 13 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 15,2                  | 13,20                   | 12,30                                   | 24,1                     | 0,209              | 42 600                                             |
| 65BER19XE   | 65                    | 90  | 13 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 14,5                  | 12,60                   | 14,90                                   | 29,6                     | 0,209              | 38 800                                             |
| 70BNR19XE   | 70                    | 100 | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 21,3                  | 18,10                   | 17,10                                   | 26,8                     | 0,328              | 38 900                                             |
| 70BER19XE   | 70                    | 100 | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 20,4                  | 17,30                   | 20,70                                   | 32,8                     | 0,328              | 35 300                                             |
| 75BNR19XE   | 75                    | 105 | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 21,6                  | 19,00                   | 18,00                                   | 27,6                     | 0,348              | 36 700                                             |
| 75BER19XE   | 75                    | 105 | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 20,7                  | 18,20                   | 21,70                                   | 34,0                     | 0,348              | 33 400                                             |
| 80BNR19XE   | 80                    | 110 | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 22,0                  | 19,90                   | 18,90                                   | 28,4                     | 0,366              | 34 800                                             |
| 80BER19XE   | 80                    | 110 | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 21,0                  | 19,10                   | 22,80                                   | 35,1                     | 0,366              | 31 600                                             |
| 85BNR19XE   | 85                    | 120 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 29,4                  | 26,30                   | 24,80                                   | 30,7                     | 0,506              | 32 200                                             |
| 85BER19XE   | 85                    | 120 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 28,1                  | 25,20                   | 30,00                                   | 37,9                     | 0,506              | 29 300                                             |
| 90BNR19XE   | 90                    | 125 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 31,5                  | 29,70                   | 28,10                                   | 31,5                     | 0,532              | 30 700                                             |
| 90BER19XE   | 90                    | 125 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 30,0                  | 28,50                   | 34,00                                   | 39,1                     | 0,532              | 28 000                                             |
| 95BNR19XE   | 95                    | 130 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 35,5                  | 34,50                   | 32,50                                   | 33,3                     | 0,589              | 29 400                                             |
| 95BER19XE   | 95                    | 130 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 34,0                  | 33,00                   | 39,50                                   | 41,7                     | 0,589              | 26 700                                             |
| 100BNR19XE  | 100                   | 140 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 38,0                  | 35,00                   | 33,00                                   | 34,5                     | 0,739              | 27 500                                             |
| 100BER19XE  | 100                   | 140 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 36,0                  | 33,50                   | 40,00                                   | 43,0                     | 0,739              | 25 000                                             |
| 105BNR19XE  | 105                   | 145 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 41,0                  | 41,00                   | 39,00                                   | 36,5                     | 0,758              | 26 400                                             |
| 105BER19XE  | 105                   | 145 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 39,0                  | 39,50                   | 47,50                                   | 45,9                     | 0,758              | 24 000                                             |
| 110BNR19XE  | 110                   | 150 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 39,0                  | 38,00                   | 36,50                                   | 36,1                     | 0,804              | 25 400                                             |
| 110BER19XE  | 110                   | 150 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 37,5                  | 36,50                   | 44,00                                   | 45,3                     | 0,804              | 23 100                                             |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

# Reihe BNR10XE

# Reihe BER10XE

Bohrungsdurchmesser 40 – 110 mm

Weitere Angaben: Seite

- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung ..... 146
- Vorspannung und Steifigkeit ..... 152
- Anschlussmaße ..... 186
- Position der Schmierdüse ..... 192
- Fettmenge ..... 175

Schräggugellager

ROBUST

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |    |         |                      | Abmessung des Spinshot™ Zwischenrings (mm) |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |
|-------------|-----------------------|-----|----|----|---------|----------------------|--------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
|             | d                     | D   | B  | C  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | L <sub>1</sub> (ca.)                       | L <sub>2</sub> (ca.) | C <sub>d</sub> (dyn.) | C <sub>st</sub> (stat.) |                                         |                          |                    | Öl                                                 |
| 40BNR10XE   | 40                    | 68  | 15 | 20 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 10,6                  | 7,95                    | 7,50                                    | 21,2                     | 0,217              | 61 200                                             |
| 40BER10XE   | 40                    | 68  | 15 | 20 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 10,1                  | 7,65                    | 9,10                                    | 24,9                     | 0,217              | 55 600                                             |
| 45BNR10XE   | 45                    | 75  | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 11,7                  | 9,00                    | 8,35                                    | 22,6                     | 0,273              | 55 000                                             |
| 45BER10XE   | 45                    | 75  | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 11,2                  | 8,60                    | 10,10                                   | 26,8                     | 0,273              | 50 000                                             |
| 50BNR10XE   | 50                    | 80  | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 12,2                  | 9,90                    | 9,20                                    | 23,4                     | 0,296              | 50 800                                             |
| 50BER10XE   | 50                    | 80  | 16 | 21 | 1,0     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 11,6                  | 9,50                    | 11,10                                   | 28,0                     | 0,296              | 46 200                                             |
| 55BNR10XE   | 55                    | 90  | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 15,1                  | 12,50                   | 11,70                                   | 25,6                     | 0,433              | 45 600                                             |
| 55BER10XE   | 55                    | 90  | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 14,4                  | 12,00                   | 14,10                                   | 30,7                     | 0,433              | 41 400                                             |
| 60BNR10XE   | 60                    | 95  | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 15,6                  | 13,70                   | 12,80                                   | 26,5                     | 0,463              | 42 600                                             |
| 60BER10XE   | 60                    | 95  | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 15,0                  | 13,10                   | 15,50                                   | 31,9                     | 0,463              | 38 800                                             |
| 65BNR10XE   | 65                    | 100 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 16,2                  | 14,80                   | 13,90                                   | 27,3                     | 0,493              | 40 000                                             |
| 65BER10XE   | 65                    | 100 | 18 | 23 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 15,5                  | 14,20                   | 16,80                                   | 33,0                     | 0,493              | 36 400                                             |
| 70BNR10XE   | 70                    | 110 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 22,3                  | 19,80                   | 18,80                                   | 29,5                     | 0,660              | 36 700                                             |
| 70BER10XE   | 70                    | 110 | 20 | 25 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 21,3                  | 18,90                   | 22,60                                   | 35,8                     | 0,660              | 33 400                                             |
| 75BNR10XE   | 75                    | 115 | 22 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 22,6                  | 20,70                   | 19,70                                   | 30,3                     | 0,697              | 34 800                                             |
| 75BER10XE   | 75                    | 115 | 22 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 21,6                  | 19,80                   | 23,70                                   | 36,9                     | 0,697              | 31 600                                             |
| 80BNR10XE   | 80                    | 125 | 22 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 26,5                  | 24,50                   | 23,40                                   | 32,5                     | 0,939              | 32 200                                             |
| 80BER10XE   | 80                    | 125 | 22 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 25,3                  | 23,50                   | 28,20                                   | 39,6                     | 0,939              | 29 300                                             |
| 85BNR10XE   | 85                    | 130 | 22 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 26,8                  | 25,70                   | 24,50                                   | 33,4                     | 0,988              | 30 700                                             |
| 85BER10XE   | 85                    | 130 | 22 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 15                                         | 7,5                  | 25,6                  | 24,60                   | 29,50                                   | 41,1                     | 0,988              | 28 000                                             |
| 90BNR10XE   | 90                    | 140 | 24 | 29 | 1,5     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 35,0                  | 33,00                   | 31,50                                   | 35,7                     | 1,250              | 28 700                                             |
| 90BER10XE   | 90                    | 140 | 24 | 29 | 1,5     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 33,5                  | 31,50                   | 38,00                                   | 43,8                     | 1,250              | 26 100                                             |
| 95BNR10XE   | 95                    | 145 | 24 | 29 | 1,5     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 35,5                  | 34,50                   | 32,50                                   | 36,3                     | 1,300              | 27 500                                             |
| 95BER10XE   | 95                    | 145 | 24 | 29 | 1,5     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 34,0                  | 33,00                   | 39,50                                   | 44,7                     | 1,300              | 25 000                                             |
| 100BNR10XE  | 100                   | 150 | 24 | 29 | 1,5     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 36,0                  | 36,00                   | 34,00                                   | 37,3                     | 1,359              | 26 400                                             |
| 100BER10XE  | 100                   | 150 | 24 | 29 | 1,5     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 34,5                  | 34,50                   | 41,00                                   | 46,2                     | 1,359              | 24 000                                             |
| 105BNR10XE  | 105                   | 160 | 26 | 31 | 2,0     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 41,0                  | 41,00                   | 39,00                                   | 39,5                     | 1,707              | 25 000                                             |
| 105BER10XE  | 105                   | 160 | 26 | 31 | 2,0     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 39,0                  | 39,50                   | 47,50                                   | 48,9                     | 1,707              | 22 700                                             |
| 110BNR10XE  | 110                   | 170 | 28 | 33 | 2,0     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 46,0                  | 47,00                   | 44,50                                   | 41,7                     | 2,139              | 23 600                                             |
| 110BER10XE  | 110                   | 170 | 28 | 33 | 2,0     | 1,0                  | 15                                         | 7,5                  | 44,0                  | 45,00                   | 54,00                                   | 51,7                     | 2,139              | 21 500                                             |

<sup>(1)</sup>

zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup>

Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung:

Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$ 

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$



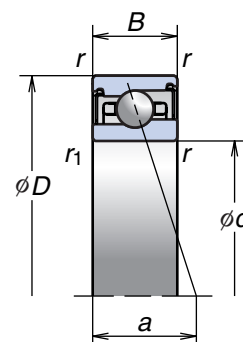
# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Schräggugellager für höchste Drehzahlen (breite Baureihe)

Reihe **BNR29**

Reihe **BER29**

Bohrungsdurchmesser 30 – 80 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen<br>(mm) |          |          |                   |                                | Tragzahl<br>(kN)                |                                   | zulässige<br>Axiallast <sup>(1)</sup><br>(kN) | Lastangriffs-<br>punkt<br>(mm)<br><i>a</i> | Gewicht<br>(kg)<br>(ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup><br>(min <sup>-1</sup> ) |
|-------------|--------------------------|----------|----------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|
|             | <i>d</i>                 | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i><br>(min) | <i>r</i> <sub>1</sub><br>(min) | <i>C</i> <sub>r</sub><br>(dyn.) | <i>C</i> <sub>0r</sub><br>(stat.) |                                               |                                            |                          | Fett                                                  |
| 30BNR29SV1V | 30                       | 47       | 11       | 0,3               | 0,15                           | 6,30                            | 4,05                              | 5,75                                          | 11,8                                       | 0,057                    | 36 400                                                |
| 30BNR29HV1V | 30                       | 47       | 11       | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,053                                         |                                            | 46 800                   |                                                       |
| 30BNR29XV1V | 30                       | 47       | 11       | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,053                                         |                                            | 54 600                   |                                                       |
| 30BER29SV1V | 30                       | 47       | 11       | 0,3               | 0,15                           | 6,00                            | 3,90                              | 6,80                                          | 14,5                                       | 0,057                    | 31 200                                                |
| 30BER29HV1V | 30                       | 47       | 11       | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,053                                         |                                            | 41 600                   |                                                       |
| 30BER29XV1V | 30                       | 47       | 11       | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,053                                         |                                            | 49 400                   |                                                       |
| 35BNR29SV1V | 35                       | 55       | 13       | 0,6               | 0,3                            | 9,20                            | 6,00                              | 8,55                                          | 13,8                                       | 0,091                    | 31 200                                                |
| 35BNR29HV1V | 35                       | 55       | 13       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,081                                         |                                            | 40 000                   |                                                       |
| 35BNR29XV1V | 35                       | 55       | 13       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,081                                         |                                            | 46 700                   |                                                       |
| 35BER29SV1V | 35                       | 55       | 13       | 0,6               | 0,3                            | 8,80                            | 5,75                              | 10,00                                         | 17,0                                       | 0,091                    | 26 700                                                |
| 35BER29HV1V | 35                       | 55       | 13       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,081                                         |                                            | 35 600                   |                                                       |
| 35BER29XV1V | 35                       | 55       | 13       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,081                                         |                                            | 42 300                   |                                                       |
| 40BNR29SV1V | 40                       | 62       | 14       | 0,6               | 0,3                            | 11,50                           | 7,65                              | 10,80                                         | 15,3                                       | 0,120                    | 27 500                                                |
| 40BNR29HV1V | 40                       | 62       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,107                                         |                                            | 35 300                   |                                                       |
| 40BNR29XV1V | 40                       | 62       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,107                                         |                                            | 41 200                   |                                                       |
| 40BER29SV1V | 40                       | 62       | 14       | 0,6               | 0,3                            | 11,00                           | 7,35                              | 12,80                                         | 18,9                                       | 0,120                    | 23 600                                                |
| 40BER29HV1V | 40                       | 62       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,107                                         |                                            | 31 400                   |                                                       |
| 40BER29XV1V | 40                       | 62       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,107                                         |                                            | 37 300                   |                                                       |
| 45BNR29SV1V | 45                       | 68       | 14       | 0,6               | 0,3                            | 12,10                           | 8,70                              | 12,40                                         | 16,2                                       | 0,143                    | 24 800                                                |
| 45BNR29HV1V | 45                       | 68       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 31 900                   |                                                       |
| 45BNR29XV1V | 45                       | 68       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 37 200                   |                                                       |
| 45BER29SV1V | 45                       | 68       | 14       | 0,6               | 0,3                            | 11,60                           | 8,35                              | 14,60                                         | 20,2                                       | 0,143                    | 21 300                                                |
| 45BER29HV1V | 45                       | 68       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 28 400                   |                                                       |
| 45BER29XV1V | 45                       | 68       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 33 700                   |                                                       |
| 50BNR29SV1V | 50                       | 72       | 14       | 0,6               | 0,3                            | 12,80                           | 9,75                              | 13,90                                         | 16,9                                       | 0,144                    | 23 000                                                |
| 50BNR29HV1V | 50                       | 72       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 29 600                   |                                                       |
| 50BNR29XV1V | 50                       | 72       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 34 500                   |                                                       |
| 50BER29SV1V | 50                       | 72       | 14       | 0,6               | 0,3                            | 12,30                           | 9,35                              | 16,30                                         | 21,2                                       | 0,144                    | 19 700                                                |
| 50BER29HV1V | 50                       | 72       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 26 300                   |                                                       |
| 50BER29XV1V | 50                       | 72       | 14       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,128                                         |                                            | 31 200                   |                                                       |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

Reihe **BNR29**  
**BER29** (Fortsetzung)

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |          |          |                |                            | Tragzahl (kN)               |                               | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i> | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |  |
|-------------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|--|
|             | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> (min) | <i>r<sub>i</sub></i> (min) | <i>C<sub>r</sub></i> (dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i> (stat.) |                                         |                                 |                    | Fett                                               |  |
| 55BNR29SV1V | 55                    | 80       | 16       | 1,0            | 0,6                        | 14,4                        | 11,4                          | 16,2                                    | 19,0                            | 0,213              | 20 800                                             |  |
| 55BNR29HV1V | 55                    | 80       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 10,6                                    |                                 |                    | 26 700                                             |  |
| 55BNR29XV1V | 55                    | 80       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 31 200                                             |  |
| 55BER29SV1V | 55                    | 80       | 16       | 1,0            | 0,6                        | 13,8                        | 10,9                          | 16,1                                    | 23,7                            | 0,213              | 17 800                                             |  |
| 55BER29HV1V | 55                    | 80       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 12,9                                    |                                 |                    | 23 800                                             |  |
| 55BER29XV1V | 55                    | 80       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 28 200                                             |  |
| 60BNR29SV1V | 60                    | 85       | 16       | 1,0            | 0,6                        | 14,6                        | 12,0                          | 17,1                                    | 19,8                            | 0,228              | 19 400                                             |  |
| 60BNR29HV1V | 60                    | 85       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 11,2                                    |                                 |                    | 24 900                                             |  |
| 60BNR29XV1V | 60                    | 85       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 29 000                                             |  |
| 60BER29SV1V | 60                    | 85       | 16       | 1,0            | 0,6                        | 14,0                        | 11,5                          | 20,1                                    | 24,9                            | 0,228              | 16 600                                             |  |
| 60BER29HV1V | 60                    | 85       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 13,6                                    |                                 |                    | 22 100                                             |  |
| 60BER29XV1V | 60                    | 85       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 26 300                                             |  |
| 65BNR29SV1V | 65                    | 90       | 16       | 1,0            | 0,6                        | 15,2                        | 13,2                          | 18,7                                    | 20,6                            | 0,245              | 18 100                                             |  |
| 65BNR29HV1V | 65                    | 90       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 12,3                                    |                                 |                    | 23 300                                             |  |
| 65BNR29XV1V | 65                    | 90       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 27 100                                             |  |
| 65BER29SV1V | 65                    | 90       | 16       | 1,0            | 0,6                        | 14,5                        | 12,6                          | 22,1                                    | 26,1                            | 0,245              | 15 500                                             |  |
| 65BER29HV1V | 65                    | 90       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 14,9                                    |                                 |                    | 20 700                                             |  |
| 65BER29XV1V | 65                    | 90       | 16       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 24 600                                             |  |
| 70BNR29SV1V | 70                    | 100      | 19       | 1,0            | 0,6                        | 21,3                        | 18,1                          | 26,1                                    | 23,3                            | 0,381              | 16 500                                             |  |
| 70BNR29HV1V | 70                    | 100      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 17,1                                    |                                 |                    | 21 200                                             |  |
| 70BNR29XV1V | 70                    | 100      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 24 800                                             |  |
| 70BER29SV1V | 70                    | 100      | 19       | 1,0            | 0,6                        | 20,4                        | 17,3                          | 30,5                                    | 29,3                            | 0,381              | 14 200                                             |  |
| 70BER29HV1V | 70                    | 100      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 20,7                                    |                                 |                    | 18 900                                             |  |
| 70BER29XV1V | 70                    | 100      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 22 400                                             |  |
| 75BNR29SV1V | 75                    | 105      | 19       | 1,0            | 0,6                        | 21,6                        | 19,0                          | 27,5                                    | 24,1                            | 0,403              | 15 600                                             |  |
| 75BNR29HV1V | 75                    | 105      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 18,0                                    |                                 |                    | 20 000                                             |  |
| 75BNR29XV1V | 75                    | 105      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 23 400                                             |  |
| 75BER29SV1V | 75                    | 105      | 19       | 1,0            | 0,6                        | 20,7                        | 18,2                          | 32,5                                    | 30,5                            | 0,403              | 13 400                                             |  |
| 75BER29HV1V | 75                    | 105      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 21,7                                    |                                 |                    | 17 800                                             |  |
| 75BER29XV1V | 75                    | 105      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 21 200                                             |  |
| 80BNR29SV1V | 80                    | 110      | 19       | 1,0            | 0,6                        | 22,0                        | 19,9                          | 28,9                                    | 24,9                            | 0,425              | 14 800                                             |  |
| 80BNR29HV1V | 80                    | 110      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 18,9                                    |                                 |                    | 19 000                                             |  |
| 80BNR29XV1V | 80                    | 110      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 22 200                                             |  |
| 80BER29SV1V | 80                    | 110      | 19       | 1,0            | 0,6                        | 21,0                        | 19,1                          | 34,0                                    | 31,6                            | 0,425              | 12 700                                             |  |
| 80BER29HV1V | 80                    | 110      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               | 22,8                                    |                                 |                    | 16 900                                             |  |
| 80BER29XV1V | 80                    | 110      | 19       | 1,0            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 |                    | 20 000                                             |  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

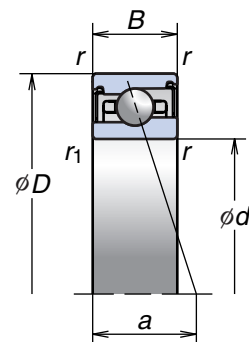
# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Schräggugellager für höchste Drehzahlen (breite Baureihe)

Reihe **BNR29**

Reihe **BER29**

Bohrungsdurchmesser 85 – 100 mm



| Kurzzeichen  | Hauptabmessungen (mm) |     |     |           |             | Tragzahl (kN) |                  | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) $a$ | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |
|--------------|-----------------------|-----|-----|-----------|-------------|---------------|------------------|-----------------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
|              | $d$                   | $D$ | $B$ | $r$ (min) | $r_1$ (min) | $C_i$ (dyn.)  | $C_{0r}$ (stat.) |                                         |                            |                    | Fett                                               |
| 85BNR29SV1V  | 85                    | 120 | 22  | 1,1       | 0,6         | 29,4          | 26,3             | 38,0                                    | 27,7                       | 0,617              | 13 700                                             |
| 85BNR29HV1V  | 85                    | 120 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 24,8                                    |                            | 0,554              | 17 600                                             |
| 85BNR29XV1V  | 85                    | 120 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 24,8                                    |                            | 0,554              | 20 500                                             |
| 85BER29SV1V  | 85                    | 120 | 22  | 1,1       | 0,6         | 28,1          | 25,2             | 35,5                                    | 34,9                       | 0,617              | 11 800                                             |
| 85BER29HV1V  | 85                    | 120 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 30,0                                    |                            | 0,554              | 15 700                                             |
| 85BER29XV1V  | 85                    | 120 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 30,0                                    |                            | 0,554              | 18 600                                             |
| 90BNR29SV1V  | 90                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         | 31,5          | 29,7             | 43,0                                    | 28,5                       | 0,653              | 13 100                                             |
| 90BNR29HV1V  | 90                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 28,1                                    |                            | 0,582              | 16 800                                             |
| 90BNR29XV1V  | 90                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 28,1                                    |                            | 0,582              | 19 600                                             |
| 90BER29SV1V  | 90                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         | 30,0          | 28,5             | 50,5                                    | 36,1                       | 0,653              | 11 200                                             |
| 90BER29HV1V  | 90                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 34,0                                    |                            | 0,582              | 14 900                                             |
| 90BER29XV1V  | 90                    | 125 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 34,0                                    |                            | 0,582              | 17 700                                             |
| 95BNR29SV1V  | 95                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         | 32,0          | 31,0             | 50,0                                    | 29,3                       | 0,758              | 12 500                                             |
| 95BNR29HV1V  | 95                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 32,5                                    |                            | 0,684              | 16 000                                             |
| 95BNR29XV1V  | 95                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 32,5                                    |                            | 0,684              | 18 700                                             |
| 95BER29SV1V  | 95                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         | 30,5          | 29,7             | 58,5                                    | 37,2                       | 0,758              | 10 700                                             |
| 95BER29HV1V  | 95                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 39,5                                    |                            | 0,684              | 14 300                                             |
| 95BER29XV1V  | 95                    | 130 | 22  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 39,5                                    |                            | 0,684              | 16 900                                             |
| 100BNR29SV1V | 100                   | 140 | 24  | 1,1       | 0,6         | 38,0          | 35,0             | 50,5                                    | 31,5                       | 0,770              | 11 700                                             |
| 100BNR29HV1V | 100                   | 140 | 24  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 33,0                                    |                            | 0,673              | 15 000                                             |
| 100BNR29XV1V | 100                   | 140 | 24  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 33,0                                    |                            | 0,673              | 17 500                                             |
| 100BER29SV1V | 100                   | 140 | 24  | 1,1       | 0,6         | 36,0          | 33,5             | 59,5                                    | 40,0                       | 0,902              | 10 000                                             |
| 100BER29HV1V | 100                   | 140 | 24  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 40,0                                    |                            | 0,805              | 13 400                                             |
| 100BER29XV1V | 100                   | 140 | 24  | 1,1       | 0,6         |               |                  | 40,0                                    |                            | 0,805              | 15 900                                             |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

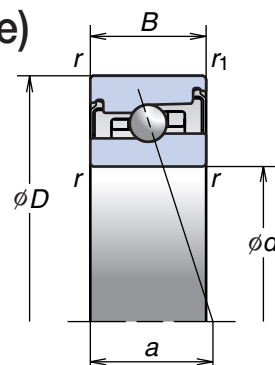
**Anmerkung:** Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

# Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (breite Baureihe)

## Reihe **BNR20** Reihe **BER20**

Bohrungsdurchmesser 30 – 50 mm



Schrägkugellager

ROBUST

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |    |    |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |  |
|-------------|-----------------------|----|----|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|--|
|             | d                     | D  | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                         |                          |                    | Fett                                               |  |
| 30BNR20SV1V | 30                    | 55 | 16 | 1,0     | 0,6                  | 8,65                  | 5,75                    | 8,20                                    | 14,9                     | 0,150              | 33 000                                             |  |
| 30BNR20HV1V | 30                    | 55 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 5,35                                    |                          |                    | 42 400                                             |  |
| 30BNR20XV1V | 30                    | 55 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 49 500                                             |  |
| 30BER20SV1V | 30                    | 55 | 16 | 1,0     | 0,6                  | 8,30                  | 5,50                    | 9,65                                    | 17,9                     | 0,150              | 28 300                                             |  |
| 30BER20HV1V | 30                    | 55 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 6,50                                    |                          |                    | 37 700                                             |  |
| 30BER20XV1V | 30                    | 55 | 16 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 44 800                                             |  |
| 35BNR20SV1V | 35                    | 62 | 17 | 1,0     | 0,6                  | 10,1                  | 7,10                    | 10,20                                   | 16,4                     | 0,197              | 28 900                                             |  |
| 35BNR20HV1V | 35                    | 62 | 17 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 6,70                                    |                          |                    | 37 200                                             |  |
| 35BNR20XV1V | 35                    | 62 | 17 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 43 300                                             |  |
| 35BER20SV1V | 35                    | 62 | 17 | 1,0     | 0,6                  | 9,70                  | 6,85                    | 12,00                                   | 19,8                     | 0,197              | 24 800                                             |  |
| 35BER20HV1V | 35                    | 62 | 17 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 8,10                                    |                          |                    | 33 000                                             |  |
| 35BER20XV1V | 35                    | 62 | 17 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 39 200                                             |  |
| 40BNR20SV1V | 40                    | 68 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 10,60                 | 7,95                    | 11,50                                   | 17,8                     | 0,242              | 26 000                                             |  |
| 40BNR20HV1V | 40                    | 68 | 18 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 7,50                                    |                          |                    | 33 400                                             |  |
| 40BNR20XV1V | 40                    | 68 | 18 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 38 900                                             |  |
| 40BER20SV1V | 40                    | 68 | 18 | 1,0     | 0,6                  | 10,10                 | 7,65                    | 13,50                                   | 21,6                     | 0,242              | 22 300                                             |  |
| 40BER20HV1V | 40                    | 68 | 18 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 9,10                                    |                          |                    | 29 700                                             |  |
| 40BER20XV1V | 40                    | 68 | 18 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 35 200                                             |  |
| 45BNR20SV1V | 45                    | 75 | 19 | 1,0     | 0,6                  | 11,70                 | 9,00                    | 12,70                                   | 19,2                     | 0,305              | 23 400                                             |  |
| 45BNR20HV1V | 45                    | 75 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 8,35                                    |                          |                    | 30 000                                             |  |
| 45BNR20XV1V | 45                    | 75 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 35 000                                             |  |
| 45BER20SV1V | 45                    | 75 | 19 | 1,0     | 0,6                  | 11,20                 | 8,60                    | 15,00                                   | 23,5                     | 0,305              | 20 000                                             |  |
| 45BER20HV1V | 45                    | 75 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 10,10                                   |                          |                    | 26 700                                             |  |
| 45BER20XV1V | 45                    | 75 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 31 700                                             |  |
| 50BNR20SV1V | 50                    | 80 | 19 | 1,0     | 0,6                  | 12,20                 | 9,90                    | 14,00                                   | 20,1                     | 0,330              | 21 600                                             |  |
| 50BNR20HV1V | 50                    | 80 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 9,20                                    |                          |                    | 27 700                                             |  |
| 50BNR20XV1V | 50                    | 80 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 32 400                                             |  |
| 50BER20SV1V | 50                    | 80 | 19 | 1,0     | 0,6                  | 11,60                 | 9,50                    | 16,50                                   | 24,7                     | 0,330              | 18 500                                             |  |
| 50BER20HV1V | 50                    | 80 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 11,1                                    |                          |                    | 24 700                                             |  |
| 50BER20XV1V | 50                    | 80 | 19 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          |                    | 29 300                                             |  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

**Anmerkung:** Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$ 

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

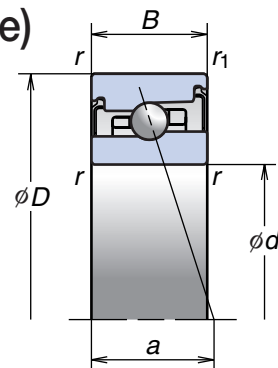
# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schräggugellager für höchste Drehzahlen (breite Baureihe)

Reihe **BNR20**

Reihe **BER20**

Bohrungsdurchmesser 55 – 100 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |
|-------------|-----------------------|-----|----|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
|             | d                     | D   | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                         |                          |                    | Fett                                               |
| 55BNR20SV1V | 55                    | 90  | 22 | 1,1     | 0,6                  | 15,1                  | 12,5                    | 17,8                                    | 22,8                     | 0,501              | 19 400                                             |
| 55BNR20HV1V | 55                    | 90  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 11,7                                    |                          | 0,480              | 24 900                                             |
| 55BNR20XV1V | 55                    | 90  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 11,7                                    |                          | 0,480              | 29 000                                             |
| 55BER20SV1V | 55                    | 90  | 22 | 1,1     | 0,6                  | 14,4                  | 12,0                    | 21,0                                    | 27,9                     | 0,501              | 16 600                                             |
| 55BER20HV1V | 55                    | 90  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 14,1                                    |                          | 0,480              | 22 100                                             |
| 55BER20XV1V | 55                    | 90  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 14,1                                    |                          | 0,480              | 26 300                                             |
| 60BNR20SV1V | 60                    | 95  | 22 | 1,1     | 0,6                  | 15,6                  | 13,7                    | 19,5                                    | 23,6                     | 0,535              | 18 100                                             |
| 60BNR20HV1V | 60                    | 95  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 12,8                                    |                          | 0,512              | 23 300                                             |
| 60BNR20XV1V | 60                    | 95  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 12,8                                    |                          | 0,512              | 27 100                                             |
| 60BER20SV1V | 60                    | 95  | 22 | 1,1     | 0,6                  | 15,0                  | 13,1                    | 22,9                                    | 29,1                     | 0,535              | 15 500                                             |
| 60BER20HV1V | 60                    | 95  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 15,5                                    |                          | 0,512              | 20 700                                             |
| 60BER20XV1V | 60                    | 95  | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 15,5                                    |                          | 0,512              | 24 600                                             |
| 65BNR20SV1V | 65                    | 100 | 22 | 1,1     | 0,6                  | 16,2                  | 14,8                    | 21,1                                    | 24,4                     | 0,570              | 17 000                                             |
| 65BNR20HV1V | 65                    | 100 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 13,9                                    |                          | 0,545              | 21 900                                             |
| 65BNR20XV1V | 65                    | 100 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 13,9                                    |                          | 0,545              | 25 500                                             |
| 65BER20SV1V | 65                    | 100 | 22 | 1,1     | 0,6                  | 15,5                  | 14,2                    | 24,9                                    | 30,2                     | 0,570              | 14 600                                             |
| 65BER20HV1V | 65                    | 100 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 16,8                                    |                          | 0,545              | 19 400                                             |
| 65BER20XV1V | 65                    | 100 | 22 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 16,8                                    |                          | 0,545              | 23 100                                             |
| 70BNR20SV1V | 70                    | 110 | 24 | 1,1     | 0,6                  | 22,3                  | 19,8                    | 28,6                                    | 26,6                     | 0,764              | 15 600                                             |
| 70BNR20HV1V | 70                    | 110 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 18,8                                    |                          | 0,724              | 20 000                                             |
| 70BNR20XV1V | 70                    | 110 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 18,8                                    |                          | 0,724              | 23 400                                             |
| 70BER20SV1V | 70                    | 110 | 24 | 1,1     | 0,6                  | 21,3                  | 18,9                    | 33,5                                    | 33,0                     | 0,764              | 13 400                                             |
| 70BER20HV1V | 70                    | 110 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 22,6                                    |                          | 0,724              | 17 800                                             |
| 70BER20XV1V | 70                    | 110 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 22,6                                    |                          | 0,724              | 21 200                                             |
| 75BNR20SV1V | 75                    | 115 | 24 | 1,1     | 0,6                  | 22,6                  | 20,7                    | 30,0                                    | 27,4                     | 0,806              | 14 800                                             |
| 75BNR20HV1V | 75                    | 115 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 19,7                                    |                          | 0,764              | 19 000                                             |
| 75BNR20XV1V | 75                    | 115 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 19,7                                    |                          | 0,764              | 22 200                                             |
| 75BER20SV1V | 75                    | 115 | 24 | 1,1     | 0,6                  | 21,6                  | 19,8                    | 35,0                                    | 34,1                     | 0,806              | 12 700                                             |
| 75BER20HV1V | 75                    | 115 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 23,7                                    |                          | 0,764              | 16 900                                             |
| 75BER20XV1V | 75                    | 115 | 24 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 23,7                                    |                          | 0,764              | 20 000                                             |
| 80BNR20SV1V | 80                    | 125 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 26,5                  | 24,5                    | 35,5                                    | 30,2                     | 1,115              | 13 700                                             |
| 80BNR20HV1V | 80                    | 125 | 27 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 23,4                                    |                          | 1,061              | 17 600                                             |
| 80BNR20XV1V | 80                    | 125 | 27 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 23,4                                    |                          | 1,061              | 20 500                                             |
| 80BER20SV1V | 80                    | 125 | 27 | 1,1     | 0,6                  | 25,3                  | 23,5                    | 42,0                                    | 37,4                     | 1,115              | 11 800                                             |
| 80BER20HV1V | 80                    | 125 | 27 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 28,2                                    |                          | 1,061              | 15 700                                             |
| 80BER20XV1V | 80                    | 125 | 27 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 28,2                                    |                          | 1,061              | 18 600                                             |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Weitere Angaben:                             | Seite |
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung .....  | 146   |
| ● Vorspannung und Steifigkeit .....          | 152   |
| ● Anschlussmaße .....                        | 186   |
| ● Position der Schmierdüse .....             | 192   |
| ● Fettmenge .....                            | 175   |

Reihe **BNR20**  
**BER20** (Fortsetzung)

| Kurzzeichen  | Hauptabmessungen (mm) |          |          |                |                            | Tragzahl (kN)               |                               | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i> | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |
|--------------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|
|              | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> (min) | <i>r<sub>i</sub></i> (min) | <i>C<sub>i</sub></i> (dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i> (stat.) |                                         |                                 |                    | Fett                                               |
| 85BNR20SV1V  | 85                    | 130      | 27       | 1,1            | 0,6                        | 26,8                        | 25,7                          | 37,5                                    | 31,0                            | 1,163              | 13 100                                             |
| 85BNR20HV1V  | 85                    | 130      | 27       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 24,5                                    |                                 | 1,107              | 16 800                                             |
| 85BNR20XV1V  | 85                    | 130      | 27       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,107              | 19 600                                             |
| 85BER20SV1V  | 85                    | 130      | 27       | 1,1            | 0,6                        | 25,6                        | 24,6                          | 43,5                                    | 38,6                            | 1,163              | 11 200                                             |
| 85BER20HV1V  | 85                    | 130      | 27       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,107              | 14 900                                             |
| 85BER20XV1V  | 85                    | 130      | 27       | 1,1            | 0,6                        |                             |                               | 29,5                                    |                                 | 1,107              | 17 700                                             |
| 90BNR20SV1V  | 90                    | 140      | 30       | 1,5            | 1,0                        | 35,0                        | 33,0                          | 48,0                                    | 33,7                            | 1,521              | 12 200                                             |
| 90BNR20HV1V  | 90                    | 140      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 31,5                                    |                                 | 1,436              | 15 700                                             |
| 90BNR20XV1V  | 90                    | 140      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,436              | 18 300                                             |
| 90BER20SV1V  | 90                    | 140      | 30       | 1,5            | 1,0                        | 33,5                        | 31,5                          | 56,0                                    | 41,8                            | 1,521              | 10 500                                             |
| 90BER20HV1V  | 90                    | 140      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 38,0                                    |                                 | 1,436              | 14 000                                             |
| 90BER20XV1V  | 90                    | 140      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,436              | 16 600                                             |
| 95BNR20SV1V  | 95                    | 145      | 30       | 1,5            | 1,0                        | 35,5                        | 34,5                          | 50,0                                    | 34,5                            | 1,595              | 11 700                                             |
| 95BNR20HV1V  | 95                    | 145      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 32,5                                    |                                 | 1,506              | 15 000                                             |
| 95BNR20XV1V  | 95                    | 145      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,506              | 17 500                                             |
| 95BER20SV1V  | 95                    | 145      | 30       | 1,5            | 1,0                        | 34,0                        | 33,0                          | 58,5                                    | 43,0                            | 1,595              | 10 000                                             |
| 95BER20HV1V  | 95                    | 145      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 39,5                                    |                                 | 1,506              | 13 400                                             |
| 95BER20XV1V  | 95                    | 145      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,506              | 15 900                                             |
| 100BNR20SV1V | 100                   | 150      | 30       | 1,5            | 1,0                        | 36,0                        | 36,0                          | 52,0                                    | 35,3                            | 1,650              | 11 200                                             |
| 100BNR20HV1V | 100                   | 150      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 34,0                                    |                                 | 1,558              | 14 400                                             |
| 100BNR20XV1V | 100                   | 150      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,558              | 16 800                                             |
| 100BER20SV1V | 100                   | 150      | 30       | 1,5            | 1,0                        | 34,5                        | 34,5                          | 61,0                                    | 44,1                            | 1,650              | 9 600                                              |
| 100BER20HV1V | 100                   | 150      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               | 41,0                                    |                                 | 1,558              | 12 800                                             |
| 100BER20XV1V | 100                   | 150      | 30       | 1,5            | 1,0                        |                             |                               |                                         |                                 | 1,558              | 15 200                                             |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

**Anmerkung:** Lagerbauform BNR: Druckwinkel  $\alpha = 18^\circ$

Lagerbauform BER: Druckwinkel  $\alpha = 25^\circ$



# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (BGR-Reihen)

### Eigenschaften

#### Optimierte Konstruktion

Der außenringgeführte Käfig gewährleistet die Zuführung des Schmierstoffs direkt zu den Wälzkörpern.

Dank des Innenrings mit zurückgesetztem Bord wird das Öl besser durch das Lager geführt und damit wird die Schmierung verbessert.

#### Hohe Lebensdauer

Durch die Keramikkugeln und den verschleißfesten und wärmebeständigen SHX-Stahl (Bauform X) erreichen die Lager eine erheblich längere Gebrauchsdauer.

#### Einfacher Einbau

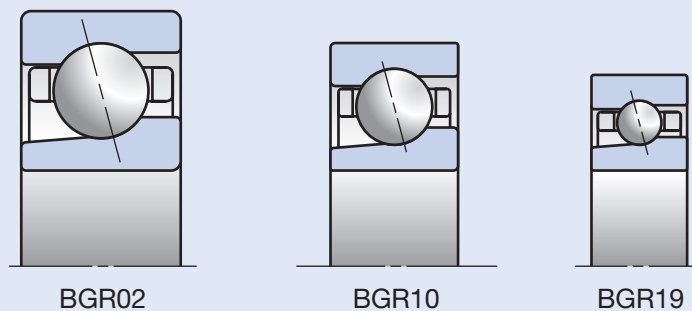
Die nicht zerlegbare Lagerkonstruktion vereinfacht den Ein- und Ausbau der Lager. Jede gewünschte Lageranordnung kann mit den Lagern in Universalausführung zusammengestellt werden.

#### Hohe Genauigkeit

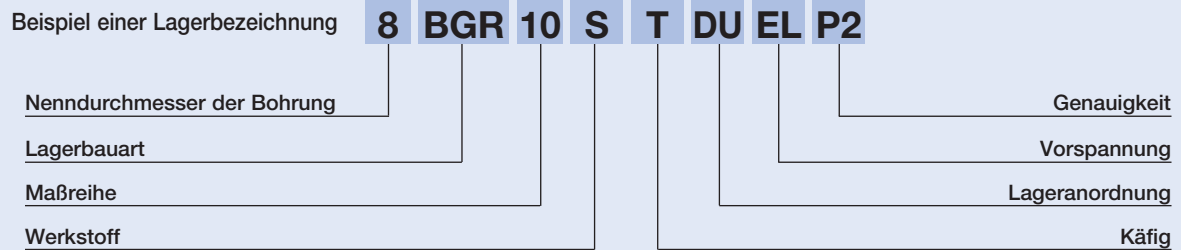
Die Lager der BGR-Reihe werden als Standard in der ISO-Klasse 2 (ABMA ABEC 9) gefertigt.

### Maßreihen

Abb. 1.5



## Bezeichnungssystem für Hochgenauigkeits-Schräggugellager (BGR-Reihen)



Seite

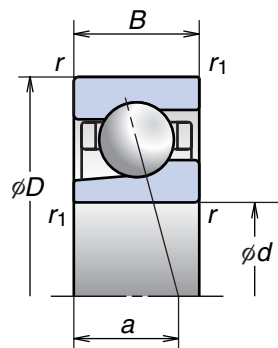
| 8          | Nenn Durchmesser der Bohrung | Bohrungsdurchmesser (mm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 82–84               |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
|------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|--|-------|------------|---|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------|-------------------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------------|-----------|
| BGR        | Lagerbauart                  | BGR: Druckwinkel 15°                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 42–43, 48           |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| 10         | Maßreihe                     | 10 = ISO-Reihe 10, 19 = ISO-Reihe 19, 02 = ISO-Reihe 02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 42–43, 80           |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| S          | Werkstoff                    | <table><tr><th rowspan="2">Ausführung</th><th colspan="2">Werkstoff</th></tr><tr><th>Ringe</th><th>Wälzkörper</th></tr><tr><td>S</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td></tr><tr><td>H</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td><td>Keramik (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)</td></tr><tr><td>X</td><td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td><td>Keramik (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)</td></tr></table> <p>SUJ2 ist die japanische Bezeichnung des Wälzlagerstahles 100Cr6.</p> | Ausführung          | Werkstoff |  | Ringe | Wälzkörper | S | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Wälzlagerstahl (SUJ2) | H | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) | X | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) | 14–17, 29 |
| Ausführung | Werkstoff                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
|            | Ringe                        | Wälzkörper                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| S          | Wälzlagerstahl (SUJ2)        | Wälzlagerstahl (SUJ2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| H          | Wälzlagerstahl (SUJ2)        | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| X          | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| T          | Käfig                        | T: außenringgeführter Hartgewebekäfig, Betriebstemperatur max. 120 °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 18–19               |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| DU         | Anordnung                    | SU: Universalausführung (einreihig)    DU: Universalausführung (zweireihig)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 42–43, 148–151      |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| EL         | Vorspannung                  | EL: extraleichte Vorspannung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 42–43, 152–155, 165 |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |
| P2         | Genauigkeit                  | P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4<br>P3: NSK Standard (Maßgenauigkeit nach ISO-Klasse 4, Laufgenauigkeit nach ISO-Klasse 2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 176–179             |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |   |                              |                                           |           |

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schräggugellager (BGR-Reihen)

### Reihe **BGR19**

Bohrungsdurchmesser 10 – 25 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen<br>(mm) |          |          |                   |                                | Tragzahl<br>(kN)                |                                   | zulässige<br>Axiallast <sup>(1)</sup><br>(kN) | Lastangriffs-<br>punkt<br>(mm)<br><i>a</i> | Gewicht<br>(kg)<br>(ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup><br>(min <sup>-1</sup> ) |         |
|-------------|--------------------------|----------|----------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|---------|
|             | <i>d</i>                 | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i><br>(min) | <i>r</i> <sub>1</sub><br>(min) | <i>C</i> <sub>r</sub><br>(dyn.) | <i>C</i> <sub>0r</sub><br>(stat.) |                                               |                                            |                          | Fett                                                  | Öl      |
| 10BGR19S    | 10                       | 22       | 6        | 0,3               | 0,15                           | 2,03                            | 0,78                              | 0,93                                          | 5,1                                        | 0,010                    | 100 000                                               | 138 000 |
| 10BGR19H    | 10                       | 22       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,61                                          |                                            | 0,009                    | 119 000                                               | 175 000 |
| 10BGR19X    | 10                       | 22       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,009                                         |                                            | 138 000                  | 188 000                                               |         |
| 12BGR19S    | 12                       | 24       | 6        | 0,3               | 0,15                           | 2,28                            | 0,95                              | 1,14                                          | 5,4                                        | 0,011                    | 88 900                                                | 123 000 |
| 12BGR19H    | 12                       | 24       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,74                                          |                                            | 0,010                    | 106 000                                               | 156 000 |
| 12BGR19X    | 12                       | 24       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,010                                         |                                            | 123 000                  | 167 000                                               |         |
| 15BGR19S    | 15                       | 28       | 7        | 0,3               | 0,15                           | 3,25                            | 1,35                              | 1,67                                          | 6,4                                        | 0,016                    | 74 500                                                | 103 000 |
| 15BGR19H    | 15                       | 28       | 7        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 1,09                                          |                                            | 0,014                    | 88 400                                                | 131 000 |
| 15BGR19X    | 15                       | 28       | 7        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,014                                         |                                            | 103 000                  | 140 000                                               |         |
| 17BGR19S    | 17                       | 30       | 7        | 0,3               | 0,15                           | 3,40                            | 1,50                              | 1,86                                          | 6,6                                        | 0,017                    | 68 100                                                | 93 700  |
| 17BGR19H    | 17                       | 30       | 7        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 1,21                                          |                                            | 0,015                    | 80 900                                                | 120 000 |
| 17BGR19X    | 17                       | 30       | 7        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,015                                         |                                            | 93 700                   | 128 000                                               |         |
| 20BGR19S    | 20                       | 37       | 9        | 0,3               | 0,15                           | 4,75                            | 2,16                              | 2,66                                          | 8,3                                        | 0,036                    | 56 200                                                | 77 200  |
| 20BGR19H    | 20                       | 37       | 9        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 1,73                                          |                                            | 0,033                    | 66 700                                                | 98 300  |
| 20BGR19X    | 20                       | 37       | 9        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,033                                         |                                            | 77 200                   | 106 000                                               |         |
| 25BGR19S    | 25                       | 42       | 9        | 0,3               | 0,15                           | 5,40                            | 2,76                              | 3,40                                          | 9,0                                        | 0,043                    | 47 800                                                | 65 700  |
| 25BGR19H    | 25                       | 42       | 9        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 2,22                                          |                                            | 0,039                    | 56 800                                                | 83 600  |
| 25BGR19X    | 25                       | 42       | 9        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,039                                         |                                            | 65 700                   | 89 600                                                |         |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

**Anmerkung:** Lagerbauform BGR: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$

## Reihe BGR10

Bohrungsdurchmesser 6 – 25 mm

Weitere Angaben:

- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung ..... 146
- Vorspannung und Steifigkeit ..... 152
- Anschlussmaße ..... 186
- Position der Schmierdüse ..... 192
- Fettmenge ..... 175

Seite

Schräggelager

BGR

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen<br>(mm) |          |          |                   |                                | Tragzahl<br>(kN)                |                                   | zulässige<br>Axiallast <sup>(1)</sup><br>(kN) | Lastangriffs-<br>punkt<br>(mm)<br><i>a</i> | Gewicht<br>(kg)<br>(ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup><br>(min <sup>-1</sup> ) |         |
|-------------|--------------------------|----------|----------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|---------|
|             | <i>d</i>                 | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i><br>(min) | <i>r</i> <sub>1</sub><br>(min) | <i>C</i> <sub>r</sub><br>(dyn.) | <i>C</i> <sub>0r</sub><br>(stat.) |                                               |                                            |                          | Fett                                                  | Öl      |
| 6BGR10S     | 6                        | 17       | 6        | 0,3               | 0,15                           | 1,42                            | 0,43                              | 0,51                                          | 4,5                                        | 0,006                    | 140 000                                               | 192 000 |
| 6BGR10H     | 6                        | 17       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,34                                          |                                            | 0,005                    | 166 000                                               | 244 000 |
| 6BGR10X     | 6                        | 17       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,005                                         |                                            | 192 000                  | 261 000                                               |         |
| 7BGR10S     | 7                        | 19       | 6        | 0,3               | 0,15                           | 1,60                            | 0,52                              | 0,62                                          | 4,7                                        | 0,008                    | 124 000                                               | 170 000 |
| 7BGR10H     | 7                        | 19       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,40                                          |                                            | 0,007                    | 147 000                                               | 216 000 |
| 7BGR10X     | 7                        | 19       | 6        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,007                                         |                                            | 170 000                  | 231 000                                               |         |
| 8BGR10S     | 8                        | 22       | 7        | 0,3               | 0,15                           | 2,37                            | 0,80                              | 0,97                                          | 5,5                                        | 0,012                    | 107 000                                               | 147 000 |
| 8BGR10H     | 8                        | 22       | 7        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,63                                          |                                            | 0,011                    | 127 000                                               | 187 000 |
| 8BGR10X     | 8                        | 22       | 7        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,011                                         |                                            | 147 000                  | 200 000                                               |         |
| 10BGR10S    | 10                       | 26       | 8        | 0,3               | 0,15                           | 3,50                            | 1,27                              | 1,55                                          | 6,4                                        | 0,019                    | 88 900                                                | 123 000 |
| 10BGR10H    | 10                       | 26       | 8        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 1,00                                          |                                            | 0,016                    | 106 000                                               | 156 000 |
| 10BGR10X    | 10                       | 26       | 8        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,016                                         |                                            | 123 000                  | 167 000                                               |         |
| 12BGR10S    | 12                       | 28       | 8        | 0,3               | 0,15                           | 3,85                            | 1,48                              | 1,80                                          | 6,7                                        | 0,021                    | 80 000                                                | 110 000 |
| 12BGR10H    | 12                       | 28       | 8        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 1,17                                          |                                            | 0,018                    | 95 000                                                | 140 000 |
| 12BGR10X    | 12                       | 28       | 8        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,018                                         |                                            | 110 000                  | 150 000                                               |         |
| 15BGR10S    | 15                       | 32       | 9        | 0,3               | 0,15                           | 4,20                            | 1,72                              | 2,12                                          | 7,6                                        | 0,029                    | 68 100                                                | 93 700  |
| 15BGR10H    | 15                       | 32       | 9        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 1,37                                          |                                            | 0,026                    | 80 900                                                | 120 000 |
| 15BGR10X    | 15                       | 32       | 9        | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,026                                         |                                            | 93 700                   | 128 000                                               |         |
| 17BGR10S    | 17                       | 35       | 10       | 0,3               | 0,15                           | 4,45                            | 1,93                              | 2,39                                          | 8,5                                        | 0,038                    | 61 600                                                | 84 700  |
| 17BGR10H    | 17                       | 35       | 10       | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 1,55                                          |                                            | 0,035                    | 73 100                                                | 108 000 |
| 17BGR10X    | 17                       | 35       | 10       | 0,3               | 0,15                           |                                 |                                   | 0,035                                         |                                            | 84 700                   | 116 000                                               |         |
| 20BGR10S    | 20                       | 42       | 12       | 0,6               | 0,3                            | 7,45                            | 3,35                              | 4,10                                          | 10,2                                       | 0,066                    | 51 700                                                | 71 000  |
| 20BGR10H    | 20                       | 42       | 12       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 2,67                                          |                                            | 0,059                    | 61 300                                                | 90 400  |
| 20BGR10X    | 20                       | 42       | 12       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,059                                         |                                            | 71 000                   | 96 800                                                |         |
| 25BGR10S    | 25                       | 47       | 12       | 0,6               | 0,3                            | 7,90                            | 3,75                              | 4,65                                          | 10,8                                       | 0,076                    | 44 500                                                | 61 200  |
| 25BGR10H    | 25                       | 47       | 12       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 3,05                                          |                                            | 0,068                    | 52 800                                                | 77 800  |
| 25BGR10X    | 25                       | 47       | 12       | 0,6               | 0,3                            |                                 |                                   | 0,068                                         |                                            | 61 200                   | 83 400                                                |         |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

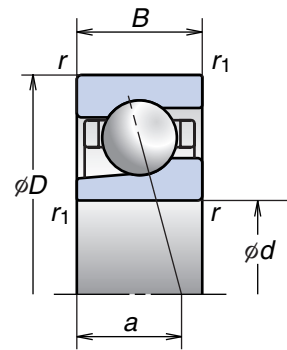
Anmerkung: Lagerbauform BGR: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$

# 1. SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (BGR-Reihen)

### Reihe **BGR02**

Bohrungsdurchmesser 10 – 25 mm



| Kurzzeichen     | Hauptabmessungen (mm) |    |    |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |         |
|-----------------|-----------------------|----|----|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|---------|
|                 | d                     | D  | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                         |                          |                    | Fett                                               | Öl      |
| <b>10BGR02S</b> | 10                    | 30 | 9  | 0,6     | 0,3                  | 3,60                  | 1,33                    | 1,62                                    | 7,2                      | 0,032              | 80 000                                             | 110 000 |
| <b>10BGR02H</b> | 10                    | 30 | 9  | 0,6     | 0,3                  |                       |                         | 1,06                                    |                          | 0,029              | 95 000                                             | 140 000 |
| <b>10BGR02X</b> | 10                    | 30 | 9  | 0,6     | 0,3                  |                       |                         |                                         |                          | 0,029              | 110 000                                            | 150 000 |
| <b>12BGR02S</b> | 12                    | 32 | 10 | 0,6     | 0,3                  | 5,30                  | 1,99                    | 2,46                                    | 7,9                      | 0,036              | 72 800                                             | 100 000 |
| <b>12BGR02H</b> | 12                    | 32 | 10 | 0,6     | 0,3                  |                       |                         | 1,60                                    |                          | 0,032              | 86 400                                             | 128 000 |
| <b>12BGR02X</b> | 12                    | 32 | 10 | 0,6     | 0,3                  |                       |                         |                                         |                          | 0,032              | 100 000                                            | 137 000 |
| <b>15BGR02S</b> | 15                    | 35 | 11 | 0,6     | 0,3                  | 5,80                  | 2,34                    | 2,90                                    | 8,8                      | 0,045              | 64 000                                             | 88 000  |
| <b>15BGR02H</b> | 15                    | 35 | 11 | 0,6     | 0,3                  |                       |                         | 1,89                                    |                          | 0,040              | 76 000                                             | 112 000 |
| <b>15BGR02X</b> | 15                    | 35 | 11 | 0,6     | 0,3                  |                       |                         |                                         |                          | 0,040              | 88 000                                             | 120 000 |
| <b>17BGR02S</b> | 17                    | 40 | 12 | 0,6     | 0,3                  | 7,25                  | 2,98                    | 3,65                                    | 9,8                      | 0,065              | 56 200                                             | 77 200  |
| <b>17BGR02H</b> | 17                    | 40 | 12 | 0,6     | 0,3                  |                       |                         | 2,39                                    |                          | 0,057              | 66 700                                             | 98 300  |
| <b>17BGR02X</b> | 17                    | 40 | 12 | 0,6     | 0,3                  |                       |                         |                                         |                          | 0,057              | 77 200                                             | 106 000 |
| <b>20BGR02S</b> | 20                    | 47 | 14 | 1,0     | 0,6                  | 9,70                  | 4,10                    | 5,10                                    | 11,5                     | 0,103              | 47 800                                             | 65 700  |
| <b>20BGR02H</b> | 20                    | 47 | 14 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 3,30                                    |                          | 0,091              | 56 800                                             | 83 600  |
| <b>20BGR02X</b> | 20                    | 47 | 14 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,091              | 65 700                                             | 89 600  |
| <b>25BGR02S</b> | 25                    | 52 | 15 | 1,0     | 0,6                  | 11,10                 | 5,20                    | 6,45                                    | 12,7                     | 0,127              | 41 600                                             | 57 200  |
| <b>25BGR02H</b> | 25                    | 52 | 15 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 4,20                                    |                          | 0,112              | 49 400                                             | 72 800  |
| <b>25BGR02X</b> | 25                    | 52 | 15 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         |                                         |                          | 0,112              | 57 200                                             | 78 000  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

**Anmerkung:** Lagerbauform BGR: Druckwinkel  $\alpha = 15^\circ$





## 2. ZYLINDERROLLENLAGER



**Zweireihige Zylinderrollenlager**

Lager mit hoher Steifigkeit



**Einreihige Zylinderrollenlager**

Standardreihe



**Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen**

ROBUST-Reihe

## Zylinderrollenlager

|                                                                                |                |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Zylinderrollenlager .....</b>                                               | <b>88 – 97</b> |
| Eigenschaften                                                                  |                |
| Bezeichnungssystem                                                             |                |
| Lagertabellen                                                                  |                |
| Zweireihige Zylinderrollenlager (Lager mit hoher Steifigkeit)                  |                |
| Reihe 30                                                                       |                |
| Reihe 39                                                                       |                |
| Reihe 49                                                                       |                |
| Einreihige Zylinderrollenlager (Standardreihe)                                 |                |
| Reihe 10                                                                       |                |
| Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)           |                |
| Reihe 10                                                                       |                |
| Zweireihige Zylinderrollenlager (geringe Wärmeerzeugung)                       |                |
| Reihe 30                                                                       |                |
| Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (geringe Wärmeerzeugung) |                |
| Reihe 10                                                                       |                |

# 2. ZYLINDERROLLENLAGER

## Eigenschaften

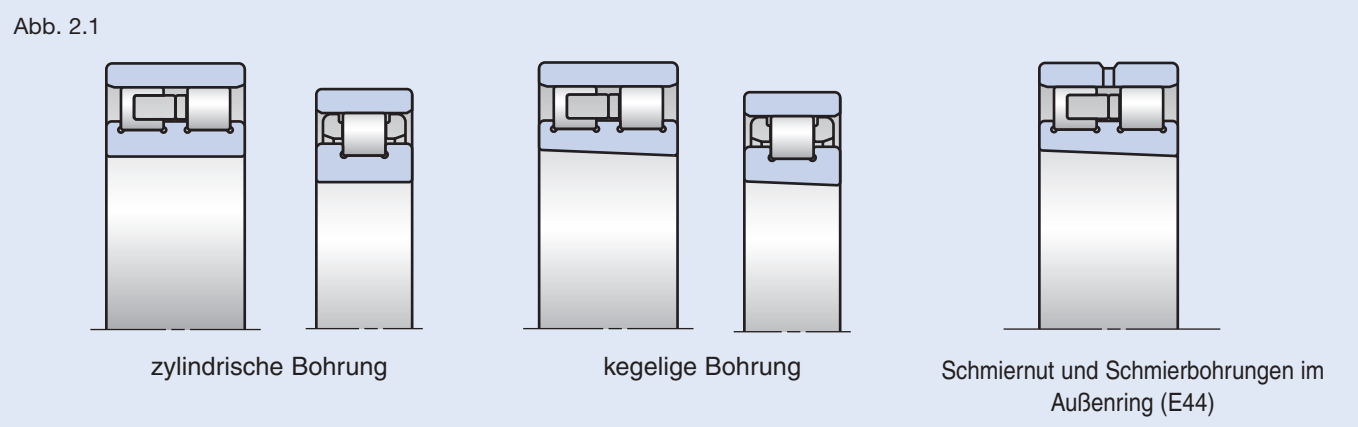
NSK Zylinderrollenlager, hier besonders die zweireihigen Zylinderrollenlager, weisen eine hohe Steifigkeit auf und sind damit die ideale Lösung für Werkzeugmaschinenspindeln. Grundsätzlich sind ein- und zweireihige Zylinderrollenlager mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung erhältlich. Die zweireihigen Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung werden meist auf der Festlagerseite der Spindel von Werkzeugmaschinen eingesetzt. Sie erfreuen sich großer Beliebtheit bei Konstrukteuren und Anwendern von Werkzeugmaschinen, weil sie unkompliziert aufgebaut sind und die Radialluft nach dem Einbau noch genau eingestellt werden kann.

NSK bietet Zylinderrollenlager verschiedener Bauformen an, z.B. die Ausführung E44 mit Nachschmiernut und -bohrungen im Außenring. Die zweireihige Bauform NNU hat drei feste Borde am Außenring. Die Bauform NN hat ein ausgezeichnetes Einlaufverhalten bei Fettschmierung und begünstigt den Durchfluss bei Ölschmierung.

Bei Lagern mit kleinem Querschnitt ist die schmalere Baureihe NN39 aufgrund der geringeren Eigenerwärmung und des besseren Laufverhaltens der Rollen besser geeignet als die breitere NN49-Reihe. Standardmäßig werden Zylinderrollenlager mit Messingmassivkäfigen ausgestattet. Daneben bietet NSK einen rollengeführten PPS (Polyphenylensulfid)-Käfig für die Baureihe NN30 und einen außenringgeführten Käfig aus PEEK (Polyetheretherketon) für einreihige Zylinderrollenlager der Baureihe N10 an.

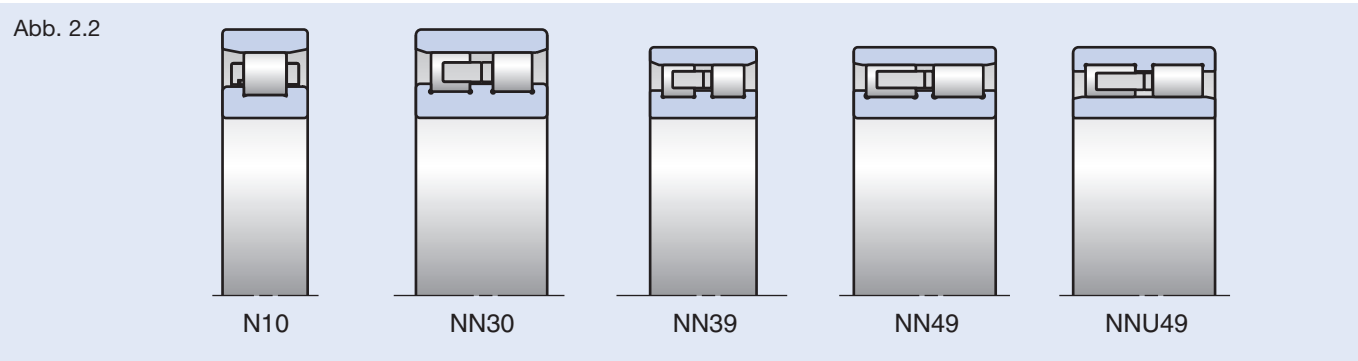
| Lagerbauform | Käfig-Kurzzeichen | Beschreibung                       | Verfügbar für Lagergröße                                    |
|--------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| NN           | MB                | rollengeführter Messingmassivkäfig | NN3005 bis NN3040<br>NN3920 bis NN3956<br>NN4920 bis NN4940 |
|              | TB                | rollengeführter PPS-Käfig          | NN3006 bis NN3024                                           |
| NNU          | MB                | rollengeführter Messingmassivkäfig | NNU4920 bis NNU4940                                         |
| N            | MR                | rollengeführter Messingmassivkäfig | N1006 bis N1028                                             |
|              | TP                | außenringgeführter PEEK-Käfig      | N1009 bis N1017                                             |

## Ausführung von Lagerbohrung und Schmierbohrungen

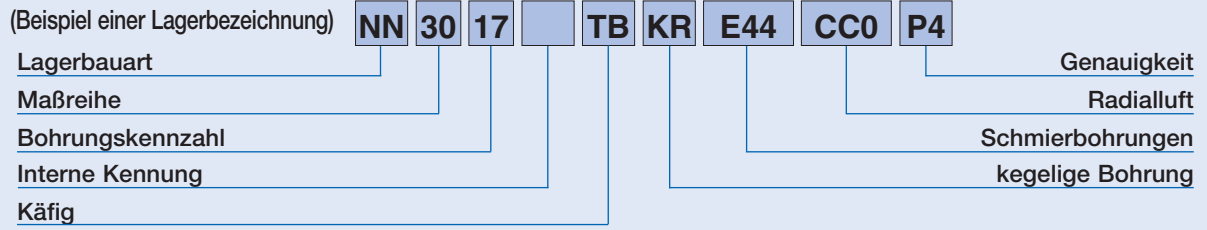


Ein- und zweireihige Lager sind mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung verfügbar. Bei zweireihigen Zylinderrollenlagern ist die Ausführung mit Schmiernut und Schmierbohrungen für Ölschmierung zu bevorzugen.

## Lagerbauart und Maßreihe

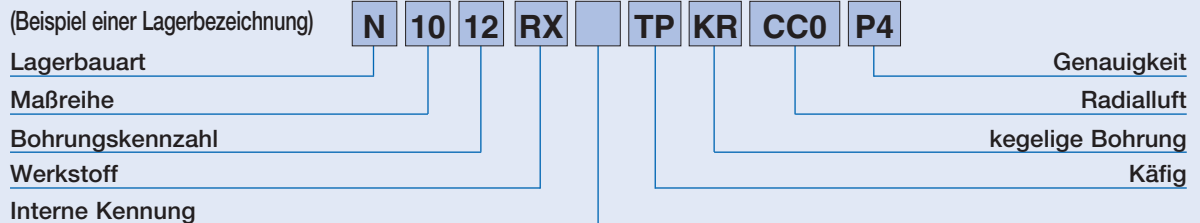


## Bezeichnungssystem für zweireihige Zylinderrollenlager (Lagerbauformen mit hoher Steifigkeit)



|            |                  |                                                                                                                                                       | Seite           |
|------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>NN</b>  | Lagerbauart      | NN: zweireihiges Zylinderrollenlager, Innenring mit drei Borden NNU: zweireihiges Zylinderrollenlager, Außenring mit drei Borden                      | 44–45, 88       |
| <b>30</b>  | Maßreihe         | 30: ISO-Reihe 30, 39: ISO-Reihe 39, 49: ISO-Reihe 49                                                                                                  | 44–45, 88       |
| <b>17</b>  | Bohrungskennzahl | Bohrungsdurchmesser (in mm) = Bohrungskennzahl x 5                                                                                                    | 90–93           |
|            | Interne Kennung  | Keine Kennzeichnung: Standard Typ Z: Typ mit reduzierter Wärmeenerzeugung                                                                             | 96              |
| <b>TB</b>  | Käfig            | TB: rollengeführter PPS-Käfig<br>MB: rollengeführter Messingmassivkäfig                                                                               | 18–19,<br>26–27 |
| <b>KR</b>  | kegelige Bohrung | KR: Kegel 1:12<br>(ohne Kennzeichnung bei zylindrischer Bohrung)                                                                                      | 180–181         |
| <b>E44</b> | Schmierbohrungen | E44: Schmiernut und Schmierbohrungen im Außenring<br>(ohne Kennzeichnung bei Ausführung ohne Nachschmierbohrungen)                                    | 90–93           |
| <b>CC0</b> | Radialluft       | CC1: Standard-Lagerluft bei zylindrischer Bohrung<br>CC0: Standard-Lagerluft bei kegeliger Bohrung<br>CCG: Sonderradialluft                           | 44–45,<br>169   |
| <b>P4</b>  | Genauigkeit      | P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4,<br>P4Y: NSK Standard (Bohrungs- und Außendurchmesser nach NSK Spezifikation, alle anderen Maße nach ISO-Klasse 4) | 151,<br>176–181 |

## Bezeichnungssystem für einreihige Zylinderrollenlager (Standardreihe und ROBUST-Lager)



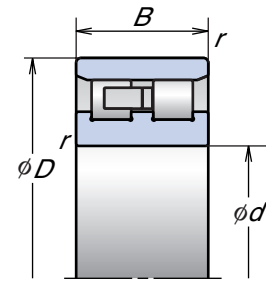
|     |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Seite          |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
|-----|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|--|-------|------------|----|-----------------------|-----------------------|----|------------------------------|------------------------------|-----|------------------------------|-------------------------------------------|
| N   | Lagerbauart                  | N: einreihiges Zylinderrollenlager mit Innenring mit zwei Borden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 44–45, 88      |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| 10  | Maßreihe                     | 10: ISO-Reihe 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 44–45, 88      |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| 12  | Bohrungskennzahl             | Bohrungsdurchmesser (in mm) = Bohrungskennzahl x 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 94–95          |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| RX  | Werkstoff                    | Ohne Symbol: Standardwerkstoff für Zylinderrollenlager = Ringe und Rollen aus Wälzlagerstahl SUJ2<br>RS – RX – RXH: einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (Reihe ROBUST)                                                                                                                                                                                                                           | 14-17<br>26-27 |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
|     |                              | <table><tr><th rowspan="2">Bauform</th><th colspan="2">Werkstoff</th></tr><tr><th>Ringe</th><th>Wälzkörper</th></tr><tr><td>RS</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td></tr><tr><td>RX</td><td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td><td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td></tr><tr><td>RXH</td><td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td><td>Keramik (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)</td></tr></table> |                | Bauform               | Werkstoff             |  | Ringe | Wälzkörper | RS | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Wälzlagerstahl (SUJ2) | RX | wärmebeständiger Stahl (SHX) | wärmebeständiger Stahl (SHX) | RXH | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) |
|     |                              | Bauform                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |                       | Werkstoff             |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
|     |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                | Ringe                 | Wälzkörper            |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
|     |                              | RS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Wälzlagerstahl (SUJ2) |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| RX  | wärmebeständiger Stahl (SHX) | wärmebeständiger Stahl (SHX)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| RXH | wärmebeständiger Stahl (SHX) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
|     | Interne Kennung              | Keine Kennzeichnung: Standard Typ Z: Typ mit reduzierter Wärmeenerzeugung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 97             |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| TP  | Käfig                        | TP: außenringgeführter PEEK-Käfig; zulässige Betriebstemperatur max. 240 °C<br>MR: rollengeführter Messingmassivkäfig; zulässige Betriebstemperatur max. 300 °C                                                                                                                                                                                                                                                    | 18-19          |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| KR  | kegelige Bohrung             | KR: Kegel 1:12 (ohne Kennzeichnung bei zylindrischer Bohrung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 180-181        |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| CC0 | Radialluft                   | CC1: Standard-Lagerluft bei zylindrischer Bohrung<br>CC0: Standard-Lagerluft bei kegeliger Bohrung<br>CCG: Sonderradialluft                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 44-45<br>169   |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |
| P4  | Genauigkeit                  | P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4,<br>P4Y: NSK Standard (Bohrungs- und Außendurchmesser nach NSK Spezifikation, alle anderen Maße nach ISO-Klasse 4)                                                                                                                                                                                                                                                              | 151<br>176-181 |                       |                       |  |       |            |    |                       |                       |    |                              |                              |     |                              |                                           |

## 2. ZYLINDERROLLENLAGER

### Zweireihige Zylinderrollenlager (Lagerbauformen mit hoher Steifigkeit)

#### Reihe 30

Bohrungsdurchmesser 25 – 200 mm

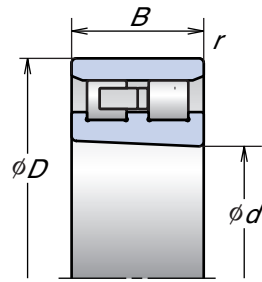


\*zylindrische Bohrung

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |     | Tragzahl (kN)         |                         | Hüllkreis-<br>durchmesser (mm) | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze (¹) (min⁻¹) |        |
|-------------|-----------------------|-----|----|-----|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------|--------|
|             | d                     | D   | B  | r   | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                |                    | Fett                       | Öl     |
| NN3005MBKR  | 25                    | 47  | 16 | 0,6 | 25,8                  | 30,0                    | 41,3                           | 0,127              | 20 900                     | 25 000 |
| NN3006MBKR  | 30                    | 55  | 19 | 1,0 | 31,0                  | 37,0                    | 48,5                           | 0,198              | 17 700                     | 21 200 |
| NN3006TBKR  | 30                    | 55  | 19 | 1,0 | 31,0                  | 37,0                    | 48,5                           | 0,172              | 20 000                     | 23 600 |
| NN3007MBKR  | 35                    | 62  | 20 | 1,0 | 39,5                  | 50,0                    | 55,0                           | 0,258              | 15 500                     | 18 600 |
| NN3007TBKR  | 35                    | 62  | 20 | 1,0 | 39,5                  | 50,0                    | 55,0                           | 0,224              | 17 600                     | 20 700 |
| NN3008MBKR  | 40                    | 68  | 21 | 1,0 | 43,5                  | 55,5                    | 61,0                           | 0,309              | 13 900                     | 16 700 |
| NN3008TBKR  | 40                    | 68  | 21 | 1,0 | 43,5                  | 55,5                    | 61,0                           | 0,283              | 15 800                     | 18 600 |
| NN3009MBKR  | 45                    | 75  | 23 | 1,0 | 52,0                  | 68,5                    | 67,5                           | 0,407              | 12 500                     | 15 000 |
| NN3009TBKR  | 45                    | 75  | 23 | 1,0 | 50,0                  | 65,5                    | 67,5                           | 0,373              | 14 200                     | 16 700 |
| NN3010MBKR  | 50                    | 80  | 23 | 1,0 | 53,0                  | 72,5                    | 72,5                           | 0,436              | 11 600                     | 13 900 |
| NN3010TBKR  | 50                    | 80  | 23 | 1,0 | 53,0                  | 72,5                    | 72,5                           | 0,402              | 13 100                     | 15 400 |
| NN3011MBKR  | 55                    | 90  | 26 | 1,1 | 69,5                  | 96,5                    | 81,0                           | 0,647              | 10 400                     | 12 500 |
| NN3011TBKR  | 55                    | 90  | 26 | 1,1 | 69,5                  | 96,5                    | 81,0                           | 0,592              | 11 800                     | 13 800 |
| NN3012MBKR  | 60                    | 95  | 26 | 1,1 | 73,5                  | 106,0                   | 86,1                           | 0,693              | 9 700                      | 11 700 |
| NN3012TBKR  | 60                    | 95  | 26 | 1,1 | 73,5                  | 106,0                   | 86,1                           | 0,635              | 11 000                     | 13 000 |
| NN3013MBKR  | 65                    | 100 | 26 | 1,1 | 77,0                  | 116,0                   | 91,0                           | 0,741              | 9 100                      | 11 000 |
| NN3013TBKR  | 65                    | 100 | 26 | 1,1 | 77,0                  | 116,0                   | 91,0                           | 0,681              | 10 400                     | 12 200 |
| NN3014MBKR  | 70                    | 110 | 30 | 1,1 | 94,5                  | 143,0                   | 100,0                          | 1,060              | 8 000                      | 10 000 |
| NN3014TBKR  | 70                    | 110 | 30 | 1,1 | 94,5                  | 143,0                   | 100,0                          | 0,988              | 9 500                      | 11 200 |
| NN3015MBKR  | 75                    | 115 | 30 | 1,1 | 96,5                  | 149,0                   | 105,0                          | 1,110              | 7 900                      | 9 500  |
| NN3015TBKR  | 75                    | 115 | 30 | 1,1 | 96,5                  | 149,0                   | 105,0                          | 1,030              | 9 000                      | 10 600 |
| NN3016MBKR  | 80                    | 125 | 34 | 1,1 | 119,0                 | 186,0                   | 113,0                          | 1,540              | 7 400                      | 8 800  |
| NN3016TBKR  | 80                    | 125 | 34 | 1,1 | 119,0                 | 186,0                   | 113,0                          | 1,440              | 8 300                      | 9 800  |
| NN3017MBKR  | 85                    | 130 | 34 | 1,1 | 122,0                 | 194,0                   | 118,0                          | 1,630              | 7 000                      | 8 400  |
| NN3017TBKR  | 85                    | 130 | 34 | 1,1 | 122,0                 | 194,0                   | 118,0                          | 1,520              | 8 000                      | 9 400  |

(¹) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

\* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“



kegelige Bohrung

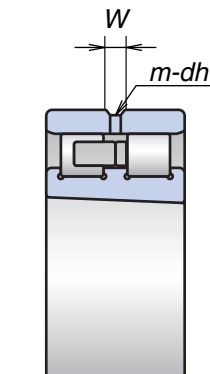
## Reihe 30 (Fortsetzung)

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |          |          |          | Tragzahl (kN)                  |                                  | Hüllkreis-<br>durchmesser (mm) | Gewicht (kg)<br>(ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(1)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |       |
|-------------|-----------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|-------|
|             | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> | <i>C<sub>r</sub></i><br>(dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i><br>(stat.) |                                |                       | Fett                                               | Öl    |
| NN3018MBKR  | 90                    | 140      | 37       | 1,5      | 143                            | 228                              | 127                            | 2,090                 | 6 600                                              | 7 900 |
| NN3018TBKR  | 90                    | 140      | 37       | 1,5      | 143                            | 228                              | 127                            | 1,930                 | 7 400                                              | 8 700 |
| NN3019MBKR  | 95                    | 145      | 37       | 1,5      | 146                            | 238                              | 132                            | 2,190                 | 6 300                                              | 7 500 |
| NN3019TBKR  | 95                    | 145      | 37       | 1,5      | 146                            | 238                              | 132                            | 2,030                 | 7 100                                              | 8 400 |
| NN3020MBKR  | 100                   | 150      | 37       | 1,5      | 149                            | 247                              | 137                            | 2,280                 | 6 000                                              | 7 200 |
| NN3020TBKR  | 100                   | 150      | 37       | 1,5      | 149                            | 247                              | 137                            | 2,120                 | 6 800                                              | 8 000 |
| NN3021MBKR  | 105                   | 160      | 41       | 2,0      | 192                            | 310                              | 146                            | 2,880                 | 5 700                                              | 6 800 |
| NN3021TBKR  | 105                   | 160      | 41       | 2,0      | 192                            | 310                              | 146                            | 2,690                 | 6 500                                              | 7 600 |
| NN3022MBKR  | 110                   | 170      | 45       | 2,0      | 222                            | 360                              | 155                            | 3,710                 | 5 400                                              | 6 500 |
| NN3022TBKR  | 110                   | 170      | 45       | 2,0      | 222                            | 360                              | 155                            | 3,440                 | 6 100                                              | 7 200 |
| NN3024MBKR  | 120                   | 180      | 46       | 2,0      | 233                            | 390                              | 165                            | 4,040                 | 5 000                                              | 6 000 |
| NN3024TBKR  | 120                   | 180      | 46       | 2,0      | 233                            | 390                              | 165                            | 3,750                 | 5 700                                              | 6 700 |
| NN3026MBKR  | 130                   | 200      | 52       | 2,0      | 284                            | 475                              | 182                            | 5,880                 | 4 600                                              | 5 500 |
| NN3028MBKR  | 140                   | 210      | 53       | 2,0      | 298                            | 515                              | 192                            | 6,340                 | 4 300                                              | 5 200 |
| NN3030MBKR  | 150                   | 225      | 56       | 2,1      | 335                            | 585                              | 206                            | 7,760                 | 4 000                                              | 4 800 |
| NN3032MBKR  | 160                   | 240      | 60       | 2,1      | 375                            | 660                              | 219                            | 9,410                 | 3 800                                              | 4 500 |
| NN3034MBKR  | 170                   | 260      | 67       | 2,1      | 450                            | 805                              | 236                            | 12,800                | 3 500                                              | 4 200 |
| NN3036MBKR  | 180                   | 280      | 74       | 2,1      | 565                            | 995                              | 255                            | 16,800                | 3 300                                              | 4 000 |
| NN3038MBKR  | 190                   | 290      | 75       | 2,1      | 595                            | 1 080                            | 265                            | 17,800                | 3 200                                              | 3 800 |
| NN3040MBKR  | 200                   | 310      | 82       | 2,1      | 655                            | 1 170                            | 282                            | 22,700                | 3 000                                              | 3 600 |

(<sup>1</sup>) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

### Abmessungen der Nachschmierbohrungen (Bauform E44) Maßeinheit: mm

| Breite des Außenrings |     | Durchmesser<br>Schmierbohrung<br><i>dh</i> | Breite<br>Schmiernut<br><i>W</i> | Anzahl der<br>Bohrungen<br><i>m</i> |
|-----------------------|-----|--------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| von                   | bis |                                            |                                  |                                     |
| –                     | 30  | 2                                          | 3.5                              | 4                                   |
| 30                    | 40  | 2.5                                        | 5                                |                                     |
| 40                    | 50  | 3                                          | 6                                |                                     |
| 50                    | 60  | 4                                          | 8                                |                                     |
| 60                    | 80  | 5                                          | 9                                |                                     |
| 80                    | 120 | 6                                          | 12                               |                                     |
| 120                   | 160 | 8                                          | 15                               |                                     |
| 160                   | 200 | 10                                         | 18                               |                                     |
| 200                   | –   | 12                                         | 20                               |                                     |



Weitere Angaben: Seite

- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung 146
- Radialluft .....169
- Anschlussmaße .....186
- Position der Schmierdüse .....192
- Fettmenge .....175



## 2. ZYLINDERROLLENLAGER

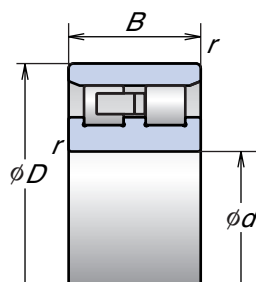
### Zweireihige Zylinderrollenlager (Lagerbauformen mit hoher Steifigkeit)

#### Reihe 39

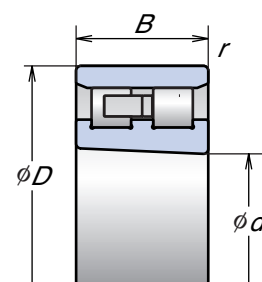
Bohrungsdurchmesser 100 – 280 mm

#### Reihe 49

Bohrungsdurchmesser 100 – 200 mm



\*NN39 zylindrische Bohrung

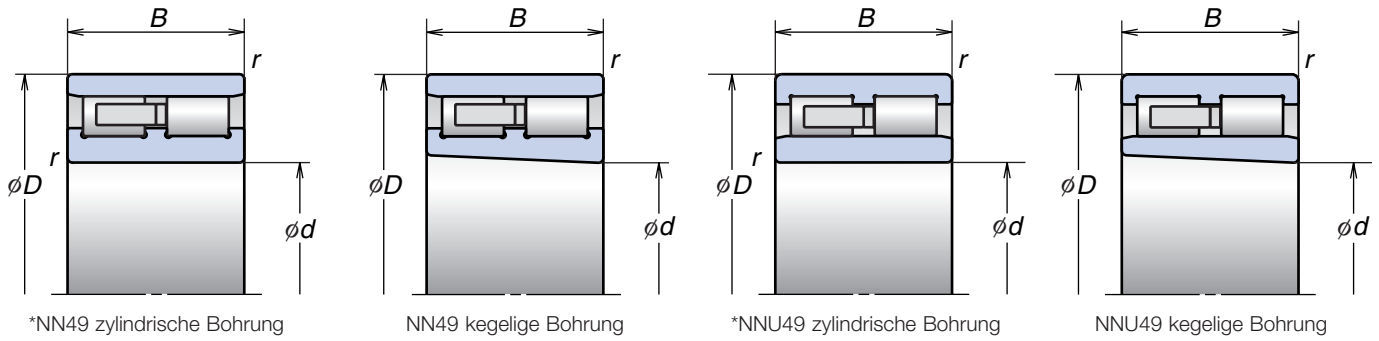


NN39 kegelige Bohrung

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |          |          |          | Tragzahl (kN)               |                               | Hüllkreis-<br>durchmesser (mm) | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(1)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |       |
|-------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|-------|
|             | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> | <i>C<sub>r</sub></i> (dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i> (stat.) |                                |                    | Fett                                               | Öl    |
| NN3920MBKR  | 100                   | 140      | 30       | 1,1      | 106                         | 182                           | 130,0                          | 1,32               | 6 300                                              | 7 500 |
| NN3921MBKR  | 105                   | 145      | 30       | 1,1      | 110                         | 194                           | 135,0                          | 1,50               | 6 000                                              | 7 200 |
| NN3922MBKR  | 110                   | 150      | 30       | 1,1      | 114                         | 207                           | 140,0                          | 1,41               | 5 800                                              | 7 000 |
| NN3924MBKR  | 120                   | 165      | 34       | 1,1      | 138                         | 251                           | 153,5                          | 1,99               | 5 300                                              | 6 400 |
| NN3926MBKR  | 130                   | 180      | 37       | 1,5      | 173                         | 325                           | 167,0                          | 2,64               | 4 900                                              | 5 900 |
| NN3928MBKR  | 140                   | 190      | 37       | 1,5      | 201                         | 375                           | 178,0                          | 2,97               | 4 600                                              | 5 500 |
| NN3930MBKR  | 150                   | 210      | 45       | 2,0      | 262                         | 490                           | 195,0                          | 4,47               | 4 200                                              | 5 000 |
| NN3932MBKR  | 160                   | 220      | 45       | 2,0      | 271                         | 520                           | 205,0                          | 4,75               | 4 000                                              | 4 800 |
| NN3934MBKR  | 170                   | 230      | 45       | 2,0      | 280                         | 550                           | 215,0                          | 5,01               | 3 800                                              | 4 500 |
| NN3936MBKR  | 180                   | 250      | 52       | 2,0      | 340                         | 655                           | 232,0                          | 7,76               | 3 500                                              | 4 200 |
| NN3938MBKR  | 190                   | 260      | 52       | 2,0      | 345                         | 680                           | 243,5                          | 7,46               | 3 400                                              | 4 000 |
| NN3940MBKR  | 200                   | 280      | 60       | 2,1      | 420                         | 815                           | 259,0                          | 10,60              | 3 200                                              | 3 800 |
| NN3944MBKR  | 220                   | 300      | 60       | 2,1      | 440                         | 895                           | 279,0                          | 11,40              | 2 900                                              | 3 500 |
| NN3948MBKR  | 240                   | 320      | 60       | 2,1      | 460                         | 975                           | 300,0                          | 12,10              | 2 700                                              | 3 300 |
| NN3952MBKR  | 260                   | 360      | 75       | 2,1      | 670                         | 1 380                         | 335,0                          | 21,40              | 2 500                                              | 3 000 |
| NN3956MBKR  | 280                   | 380      | 75       | 2,1      | 695                         | 1 460                         | 355,0                          | 22,70              | 2 300                                              | 2 800 |

<sup>(1)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

\* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“

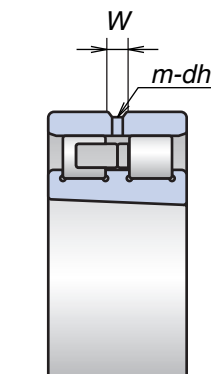


| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |          |          |          | Tragzahl (kN)                  |                                  | Hüllkreis-<br>durchmesser<br>(mm)<br>(bei NNU-Typen<br>innerer Hüllkreis) | Gewicht<br>(kg)<br>(ca.) | Drehzahlgrenze (1)<br>(min <sup>-1</sup> ) |       |
|-------------|-----------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-------|
|             | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> | <i>C<sub>r</sub></i><br>(dyn.) | <i>C<sub>0r</sub></i><br>(stat.) |                                                                           |                          | Fett                                       | Öl    |
| NN4920MBKR  | 100                   | 140      | 40       | 1,1      | 155                            | 295                              | 130,0                                                                     | 1,76                     | 6 300                                      | 7 500 |
| NNU4920MBKR | 100                   | 140      | 40       | 1,1      | 155                            | 295                              | 112,0                                                                     | 1,90                     | 6 300                                      | 7 500 |
| NN4921MBKR  | 105                   | 145      | 40       | 1,1      | 161                            | 315                              | 135,0                                                                     | 2,00                     | 6 000                                      | 7 200 |
| NNU4921MBKR | 105                   | 145      | 40       | 1,1      | 161                            | 315                              | 117,0                                                                     | 1,99                     | 6 000                                      | 7 200 |
| NN4922MBKR  | 110                   | 150      | 40       | 1,1      | 167                            | 335                              | 140,0                                                                     | 2,10                     | 5 800                                      | 7 000 |
| NNU4922MBKR | 110                   | 150      | 40       | 1,1      | 167                            | 335                              | 122,0                                                                     | 2,07                     | 5 800                                      | 7 000 |
| NN4924MBKR  | 120                   | 165      | 45       | 1,1      | 183                            | 360                              | 153,5                                                                     | 2,87                     | 5 300                                      | 6 400 |
| NNU4924MBKR | 120                   | 165      | 45       | 1,1      | 183                            | 360                              | 133,5                                                                     | 2,85                     | 5 300                                      | 6 400 |
| NN4926MBKR  | 130                   | 180      | 50       | 1,5      | 274                            | 545                              | 168,0                                                                     | 3,84                     | 4 900                                      | 5 900 |
| NNU4926MBKR | 130                   | 180      | 50       | 1,5      | 274                            | 545                              | 144,0                                                                     | 3,85                     | 4 900                                      | 5 900 |
| NN4928MBKR  | 140                   | 190      | 50       | 1,5      | 283                            | 585                              | 178,0                                                                     | 4,07                     | 4 600                                      | 5 500 |
| NNU4928MBKR | 140                   | 190      | 50       | 1,5      | 283                            | 585                              | 154,0                                                                     | 4,08                     | 4 600                                      | 5 500 |
| NN4930MBKR  | 150                   | 210      | 60       | 2,0      | 350                            | 715                              | 195,0                                                                     | 6,36                     | 4 200                                      | 5 000 |
| NNU4930MBKR | 150                   | 210      | 60       | 2,0      | 350                            | 715                              | 167,0                                                                     | 6,39                     | 4 200                                      | 5 000 |
| NN4932MBKR  | 160                   | 220      | 60       | 2,0      | 365                            | 760                              | 205,0                                                                     | 6,77                     | 4 000                                      | 4 800 |
| NNU4932MBKR | 160                   | 220      | 60       | 2,0      | 365                            | 760                              | 177,0                                                                     | 6,76                     | 4 000                                      | 4 800 |
| NN4934MBKR  | 170                   | 230      | 60       | 2,0      | 375                            | 805                              | 215,0                                                                     | 7,13                     | 3 800                                      | 4 500 |
| NNU4934MBKR | 170                   | 230      | 60       | 2,0      | 375                            | 805                              | 187,0                                                                     | 7,12                     | 3 800                                      | 4 500 |
| NN4936MBKR  | 180                   | 250      | 69       | 2,0      | 480                            | 1 020                            | 232,0                                                                     | 10,40                    | 3 500                                      | 4 200 |
| NNU4936MBKR | 180                   | 250      | 69       | 2,0      | 480                            | 1 020                            | 200,0                                                                     | 10,40                    | 3 500                                      | 4 200 |
| NN4938MBKR  | 190                   | 260      | 69       | 2,0      | 485                            | 1 060                            | 243,5                                                                     | 10,90                    | 3 400                                      | 4 000 |
| NNU4938MBKR | 190                   | 260      | 69       | 2,0      | 485                            | 1 060                            | 211,5                                                                     | 10,90                    | 3 400                                      | 4 000 |
| NN4940MBKR  | 200                   | 280      | 80       | 2,1      | 570                            | 1 220                            | 259,0                                                                     | 15,30                    | 3 200                                      | 3 800 |
| NNU4940MBKR | 200                   | 280      | 80       | 2,1      | 570                            | 1 220                            | 223,0                                                                     | 15,30                    | 3 200                                      | 3 800 |

#### Abmessungen der Nachschmierbohrungen (Bauform E44)

Maßeinheit: mm

| Breite des Außenrings<br>von | bis | Durchmesser<br>Schmierbohrung<br><i>dh</i> | Breite<br>Schmiernut<br><i>W</i> | Anzahl der<br>Bohrungen<br><i>m</i> |
|------------------------------|-----|--------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| –                            | 30  | 2                                          | 3.5                              | 4                                   |
| 30                           | 40  | 2.5                                        | 5                                |                                     |
| 40                           | 50  | 3                                          | 6                                |                                     |
| 50                           | 60  | 4                                          | 8                                |                                     |
| 60                           | 80  | 5                                          | 9                                |                                     |
| 80                           | 120 | 6                                          | 12                               |                                     |
| 120                          | 160 | 8                                          | 15                               |                                     |
| 160                          | 200 | 10                                         | 18                               |                                     |
| 200                          | –   | 12                                         | 20                               |                                     |



Weitere Angaben:

Seite

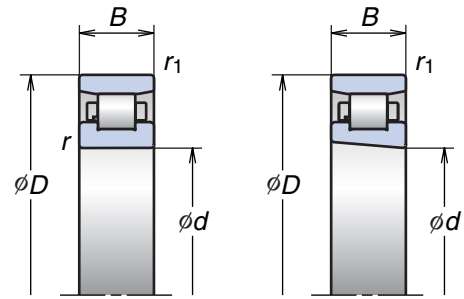
- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung 146
- Radialluft .....169
- Anschlussmaße .....186
- Position der Schmierdüse .....192
- Fettmenge .....175

# 2. ZYLINDERROLLENLAGER

## Einreihige Zylinderrollenlager (Standardreihe)

### Reihe 10

Bohrungsdurchmesser 30 – 140 mm



\*zylindrische Bohrung

kegelige Bohrung

| Kurzzeichen        | Hauptabmessungen (mm) |          |          |          |                       | Tragzahl (kN)                   |                                   | Hüllkreis-<br>durchmesser (mm) | Gewicht (kg)<br>(ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(1)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|--------------------|-----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|--------|
|                    | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>B</i> | <i>r</i> | <i>r</i> <sub>1</sub> | <i>C</i> <sub>r</sub><br>(dyn.) | <i>C</i> <sub>0r</sub><br>(stat.) |                                |                       | Fett                                               | Öl     |
| <b>N1006MR1KR</b>  | 30                    | 55       | 13       | 1,0      | 0,6                   | 19,7                            | 19,6                              | 48,5                           | 0,133                 | 19 000                                             | 31 000 |
| <b>N1007MRKR</b>   | 35                    | 62       | 14       | 1,0      | 0,6                   | 22,6                            | 23,2                              | 55,0                           | 0,153                 | 17 000                                             | 27 000 |
| <b>N1008MRKR</b>   | 40                    | 68       | 15       | 1,0      | 0,6                   | 27,3                            | 29,0                              | 61,0                           | 0,192                 | 15 000                                             | 25 000 |
| <b>N1009MRKR</b>   | 45                    | 75       | 16       | 1,0      | 0,6                   | 32,5                            | 35,5                              | 67,5                           | 0,318                 | 14 000                                             | 22 000 |
| <b>N1010MRKR</b>   | 50                    | 80       | 16       | 1,0      | 0,6                   | 32,0                            | 36,0                              | 72,5                           | 0,339                 | 13 000                                             | 20 000 |
| <b>N1011BMR1KR</b> | 55                    | 90       | 18       | 1,1      | 1,0                   | 37,5                            | 44,0                              | 81,0                           | 0,487                 | 12 000                                             | 18 000 |
| <b>N1012BMR1KR</b> | 60                    | 95       | 18       | 1,1      | 1,0                   | 40,0                            | 48,5                              | 86,1                           | 0,519                 | 11 000                                             | 17 000 |
| <b>N1013BMR1KR</b> | 65                    | 100      | 18       | 1,1      | 1,0                   | 41,0                            | 51,0                              | 91,0                           | 0,541                 | 10 000                                             | 16 000 |
| <b>N1014BMR1KR</b> | 70                    | 110      | 20       | 1,1      | 1,0                   | 50,0                            | 63,0                              | 100,0                          | 0,752                 | 9 000                                              | 15 000 |
| <b>N1015MRKR</b>   | 75                    | 115      | 20       | 1,1      | 1,0                   | 60,0                            | 74,5                              | 105,0                          | 0,935                 | 8 500                                              | 13 700 |
| <b>N1016BMR1KR</b> | 80                    | 125      | 22       | 1,1      | 1,0                   | 63,5                            | 82,0                              | 113,0                          | 1,038                 | 7 900                                              | 12 700 |
| <b>N1017BMR1KR</b> | 85                    | 130      | 22       | 1,1      | 1,0                   | 65,0                            | 86,0                              | 118,0                          | 1,067                 | 7 500                                              | 12 100 |
| <b>N1018MRKR</b>   | 90                    | 140      | 24       | 1,5      | 1,1                   | 88,0                            | 114,0                             | 127,0                          | 1,200                 | 7 000                                              | 11 400 |
| <b>N1019BMR1KR</b> | 95                    | 145      | 24       | 1,5      | 1,1                   | 83,0                            | 114,0                             | 132,0                          | 1,260                 | 6 700                                              | 10 900 |
| <b>N1020MRKR</b>   | 100                   | 150      | 24       | 1,5      | 1,1                   | 93,0                            | 126,0                             | 137,0                          | 1,320                 | 6 400                                              | 10 400 |
| <b>N1021MRKR</b>   | 105                   | 160      | 26       | 2,0      | 1,1                   | 109,0                           | 149,0                             | 145,5                          | 1,670                 | 6 100                                              | 9 900  |
| <b>N1022BMR1KR</b> | 110                   | 170      | 28       | 2,0      | 1,1                   | 126,0                           | 173,0                             | 155,0                          | 2,070                 | 5 800                                              | 9 300  |
| <b>N1024MRKR</b>   | 120                   | 180      | 28       | 2,0      | 1,1                   | 139,0                           | 191,0                             | 165,0                          | 2,190                 | 5 400                                              | 8 700  |
| <b>N1026MRKR</b>   | 130                   | 200      | 33       | 2,0      | 1,1                   | 172,0                           | 238,0                             | 182,0                          | 3,320                 | 4 900                                              | 7 900  |
| <b>N1028BMR1KR</b> | 140                   | 210      | 33       | 2,0      | 1,1                   | 164,0                           | 240,0                             | 192,0                          | 3,810                 | 4 600                                              | 7 500  |

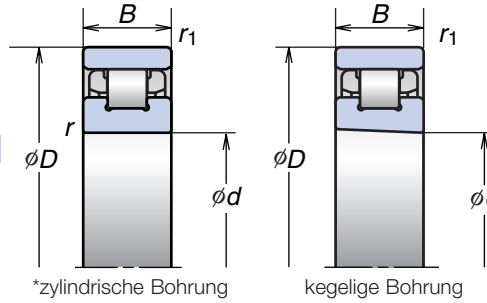
<sup>(1)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

\* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“

# Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)

## Reihe 10

Bohrungsdurchmesser 45 – 85 mm



Weitere Angaben:

Seite

- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung 146
- Radialluft .....169
- Anschlussmaße .....186
- Position der Schmierdüse .....192
- Fettmenge .....175

| Kurzzeichen  | Hauptabmessungen (mm) |     |    |     |                | Tragzahl (kN)            |                            | Hüllkreis-<br>durchmesser (mm) | Gewicht (kg)<br>(ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(1)</sup><br>(min <sup>-1</sup> ) |        |
|--------------|-----------------------|-----|----|-----|----------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|--------|
|              | d                     | D   | B  | r   | r <sub>1</sub> | C <sub>r</sub><br>(dyn.) | C <sub>0r</sub><br>(stat.) |                                |                       | Fett                                                  | Öl     |
| N1009RSTPKR  | 45                    | 75  | 16 | 1,0 | 0,6            | 24,6                     | 26,1                       | 67,5                           | 0,262                 | 16 000                                                | 23 000 |
| N1009RXTPKR  | 45                    | 75  | 16 | 1,0 | 0,6            | 24,6                     | 26,1                       | 67,5                           | 0,262                 | 21 000                                                | 30 000 |
| N1009RXHTPKR | 45                    | 75  | 16 | 1,0 | 0,6            | 24,6                     | 26,1                       | 67,5                           | 0,228                 | 23 000                                                | 36 000 |
| N1010RSTPKR  | 50                    | 80  | 16 | 1,0 | 0,6            | 26,6                     | 29,7                       | 72,5                           | 0,283                 | 15 000                                                | 21 000 |
| N1010RXTPKR  | 50                    | 80  | 16 | 1,0 | 0,6            | 26,6                     | 29,7                       | 72,5                           | 0,283                 | 20 000                                                | 27 000 |
| N1010RXHTPKR | 50                    | 80  | 16 | 1,0 | 0,6            | 26,6                     | 29,7                       | 72,5                           | 0,246                 | 21 000                                                | 34 000 |
| N1011RSTPKR  | 55                    | 90  | 18 | 1,1 | 1,0            | 35,0                     | 39,5                       | 81,0                           | 0,372                 | 13 000                                                | 19 000 |
| N1011RXTPKR  | 55                    | 90  | 18 | 1,1 | 1,0            | 35,0                     | 39,5                       | 81,0                           | 0,372                 | 18 000                                                | 25 000 |
| N1011RXHTPKR | 55                    | 90  | 18 | 1,1 | 1,0            | 35,0                     | 39,5                       | 81,0                           | 0,324                 | 19 000                                                | 30 000 |
| N1012RSTPKR  | 60                    | 95  | 18 | 1,1 | 1,0            | 37,5                     | 44,0                       | 86,1                           | 0,442                 | 12 000                                                | 18 000 |
| N1012RXTPKR  | 60                    | 95  | 18 | 1,1 | 1,0            | 37,5                     | 44,0                       | 86,1                           | 0,442                 | 17 000                                                | 23 000 |
| N1012RXHTPKR | 60                    | 95  | 18 | 1,1 | 1,0            | 37,5                     | 44,0                       | 86,1                           | 0,385                 | 18 000                                                | 28 000 |
| N1013RSTPKR  | 65                    | 100 | 18 | 1,1 | 1,0            | 39,5                     | 49,0                       | 91,0                           | 0,518                 | 11 000                                                | 17 000 |
| N1013RXTPKR  | 65                    | 100 | 18 | 1,1 | 1,0            | 39,5                     | 49,0                       | 91,0                           | 0,518                 | 16 000                                                | 22 000 |
| N1013RXHTPKR | 65                    | 100 | 18 | 1,1 | 1,0            | 39,5                     | 49,0                       | 91,0                           | 0,451                 | 17 000                                                | 27 000 |
| N1014RSTPKR  | 70                    | 110 | 20 | 1,1 | 1,0            | 46,5                     | 57,0                       | 100,0                          | 0,648                 | 10 000                                                | 16 000 |
| N1014RXTPKR  | 70                    | 110 | 20 | 1,1 | 1,0            | 46,5                     | 57,0                       | 100,0                          | 0,648                 | 15 000                                                | 20 000 |
| N1014RXHTPKR | 70                    | 110 | 20 | 1,1 | 1,0            | 46,5                     | 57,0                       | 100,0                          | 0,564                 | 16 000                                                | 24 000 |
| N1015RSTPKR  | 75                    | 115 | 20 | 1,1 | 1,0            | 49,5                     | 63,0                       | 105,0                          | 0,672                 | 9 900                                                 | 15 000 |
| N1015RXTPKR  | 75                    | 115 | 20 | 1,1 | 1,0            | 49,5                     | 63,0                       | 105,0                          | 0,672                 | 14 000                                                | 19 000 |
| N1015RXHTPKR | 75                    | 115 | 20 | 1,1 | 1,0            | 49,5                     | 63,0                       | 105,0                          | 0,585                 | 15 000                                                | 23 000 |
| N1016RSTPKR  | 80                    | 125 | 22 | 1,1 | 1,0            | 61,5                     | 81,5                       | 113,0                          | 0,926                 | 9 200                                                 | 14 000 |
| N1016RXTPKR  | 80                    | 125 | 22 | 1,1 | 1,0            | 61,5                     | 81,5                       | 113,0                          | 0,926                 | 13 000                                                | 17 000 |
| N1016RXHTPKR | 80                    | 125 | 22 | 1,1 | 1,0            | 61,5                     | 81,5                       | 113,0                          | 0,812                 | 14 000                                                | 21 000 |
| N1017RSTPKR  | 85                    | 130 | 22 | 1,1 | 1,0            | 65,0                     | 86,0                       | 118,0                          | 0,943                 | 8 800                                                 | 13 000 |
| N1017RXTPKR  | 85                    | 130 | 22 | 1,1 | 1,0            | 65,0                     | 86,0                       | 118,0                          | 0,943                 | 12 000                                                | 17 000 |
| N1017RXHTPKR | 85                    | 130 | 22 | 1,1 | 1,0            | 65,0                     | 86,0                       | 118,0                          | 0,826                 | 13 000                                                | 20 000 |

<sup>(1)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

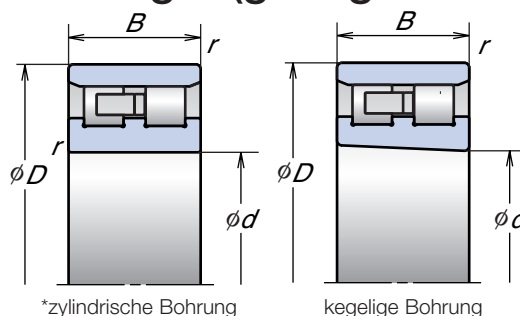
\* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“

# 2. ZYLINDERROLLENLAGER

## Zweireihige Zylinderrollenlager (geringe Wärmeenerzeugung)

### Reihe 30

Bohrungsdurchmesser 30 – 120 mm



| Weitere Angaben:                       | Seite |
|----------------------------------------|-------|
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung  | 146   |
| ● Radialluft                           | 169   |
| ● Anschlussmaße                        | 186   |
| ● Position der Schmiedüse              | 192   |
| ● Fettmenge                            | 175   |

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |     | Tragzahl (kN)         |                         | Hüllkreis-<br>durchmesser (mm) | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(1)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|----|-----|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | d                     | D   | B  | r   | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) |                                |                    | Fett                                               | Öl     |
| NN3006ZTBKR | 30                    | 55  | 19 | 1,0 | 18,3                  | 18,6                    | 48,5                           | 0,154              | 23 300                                             | 27 900 |
| NN3007ZTBKR | 35                    | 62  | 20 | 1,0 | 23,3                  | 25,0                    | 55,0                           | 0,198              | 20 400                                             | 24 500 |
| NN3008ZTBKR | 40                    | 68  | 21 | 1,0 | 25,7                  | 27,7                    | 61,0                           | 0,250              | 18 300                                             | 22 000 |
| NN3009ZTBKR | 45                    | 75  | 23 | 1,0 | 29,7                  | 32,5                    | 67,5                           | 0,331              | 16 500                                             | 19 800 |
| NN3010ZTBKR | 50                    | 80  | 23 | 1,0 | 31,5                  | 36,5                    | 72,5                           | 0,356              | 15 300                                             | 18 300 |
| NN3011ZTBKR | 55                    | 90  | 26 | 1,1 | 41,0                  | 48,5                    | 81,0                           | 0,523              | 13 700                                             | 16 400 |
| NN3012ZTBKR | 60                    | 95  | 26 | 1,1 | 43,5                  | 53,0                    | 86,1                           | 0,560              | 12 800                                             | 15 400 |
| NN3013ZTBKR | 65                    | 100 | 26 | 1,1 | 46,0                  | 58,0                    | 91,0                           | 0,600              | 12 000                                             | 14 500 |
| NN3014ZTBKR | 70                    | 110 | 30 | 1,1 | 58,0                  | 74,0                    | 100,0                          | 0,873              | 11 000                                             | 13 200 |
| NN3015ZTBKR | 75                    | 115 | 30 | 1,1 | 57,5                  | 74,5                    | 105,0                          | 0,915              | 10 400                                             | 12 500 |
| NN3016ZTBKR | 80                    | 125 | 34 | 1,1 | 71,0                  | 93,0                    | 113,0                          | 1,282              | 9 700                                              | 11 700 |
| NN3017ZTBKR | 85                    | 130 | 34 | 1,1 | 74,5                  | 101,0                   | 118,0                          | 1,350              | 9 300                                              | 11 100 |
| NN3018ZTBKR | 90                    | 140 | 37 | 1,5 | 85,0                  | 114,0                   | 127,0                          | 1,719              | 8 600                                              | 10 300 |
| NN3019ZTBKR | 95                    | 145 | 37 | 1,5 | 89,0                  | 123,0                   | 132,0                          | 1,803              | 8 300                                              | 9 900  |
| NN3020ZTBKR | 100                   | 150 | 37 | 1,5 | 93,5                  | 133,0                   | 137,0                          | 1,877              | 7 900                                              | 9 500  |
| NN3021ZTBKR | 105                   | 160 | 41 | 2,0 | 118,0                 | 161,0                   | 146,0                          | 2,342              | 7 500                                              | 9 000  |
| NN3022ZTBKR | 110                   | 170 | 45 | 2,0 | 136,0                 | 188,0                   | 155,0                          | 3,006              | 7 100                                              | 8 500  |
| NN3024ZTBKR | 120                   | 180 | 46 | 2,0 | 142,0                 | 203,0                   | 165,0                          | 3,282              | 6 600                                              | 7 900  |

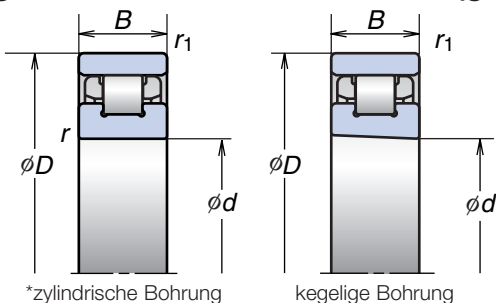
<sup>(1)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

\* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“

# Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (geringe Wärmeenerzeugung)

## Reihe 10

Bohrungsdurchmesser 45 – 85 mm



| Weitere Angaben:                       | Seite |
|----------------------------------------|-------|
| ● Dynamisch äquivalente Lagerbelastung | 139   |
| ● Statisch äquivalente Lagerbelastung  | 146   |
| ● Radialluft                           | 169   |
| ● Anschlussmaße                        | 186   |
| ● Position der Schmiedüse              | 192   |
| ● Fettmenge                            | 175   |

| Kurzzeichen   | Hauptabmessungen (mm) |     |    |     | Tragzahl (kN)         |                         | Hüllkreisdurchmesser (mm) | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze (1) (min <sup>-1</sup> ) |        |
|---------------|-----------------------|-----|----|-----|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------------------|--------|
|               | d                     | D   | B  | r   | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>or</sub> (stat.) |                           |                    | Fett                                    | Öl     |
| N1009RSZTPKR  | 45                    | 75  | 16 | 1,0 | 16,0                  | 14,7                    | 67,5                      | 0,243              | 16 000                                  | 23 000 |
| N1009RXZTPKR  | 45                    | 75  | 16 | 1,0 | 16,0                  | 14,7                    | 67,5                      | 0,243              | 21 000                                  | 30 000 |
| N1009RXHZTPKR | 45                    | 75  | 16 | 1,0 | 16,0                  | 14,7                    | 67,5                      | 0,220              | 23 000                                  | 36 000 |
| N1010RSZTPKR  | 50                    | 80  | 16 | 1,0 | 17,1                  | 16,5                    | 72,5                      | 0,262              | 15 000                                  | 21 000 |
| N1010RXZTPKR  | 50                    | 80  | 16 | 1,0 | 17,1                  | 16,5                    | 72,5                      | 0,262              | 20 000                                  | 27 000 |
| N1010RXHZTPKR | 50                    | 80  | 16 | 1,0 | 17,1                  | 16,5                    | 72,5                      | 0,237              | 21 000                                  | 34 000 |
| N1011RSZTPKR  | 55                    | 90  | 18 | 1,1 | 20,7                  | 19,7                    | 81,0                      | 0,344              | 13 000                                  | 19 000 |
| N1011RXZTPKR  | 55                    | 90  | 18 | 1,1 | 20,7                  | 19,7                    | 81,0                      | 0,344              | 18 000                                  | 25 000 |
| N1011RXHZTPKR | 55                    | 90  | 18 | 1,1 | 20,7                  | 19,7                    | 81,0                      | 0,313              | 19 000                                  | 30 000 |
| N1012RSZTPKR  | 60                    | 95  | 18 | 1,1 | 22,2                  | 22,1                    | 86,1                      | 0,411              | 12 000                                  | 18 000 |
| N1012RXZTPKR  | 60                    | 95  | 18 | 1,1 | 22,2                  | 22,1                    | 86,1                      | 0,411              | 17 000                                  | 23 000 |
| N1012RXHZTPKR | 60                    | 95  | 18 | 1,1 | 22,2                  | 22,1                    | 86,1                      | 0,372              | 18 000                                  | 28 000 |
| N1013RSZTPKR  | 65                    | 100 | 18 | 1,1 | 23,6                  | 24,5                    | 91,0                      | 0,484              | 11 000                                  | 17 000 |
| N1013RXZTPKR  | 65                    | 100 | 18 | 1,1 | 23,6                  | 24,5                    | 91,0                      | 0,484              | 16 000                                  | 22 000 |
| N1013RXHZTPKR | 65                    | 100 | 18 | 1,1 | 23,6                  | 24,5                    | 91,0                      | 0,437              | 17 000                                  | 27 000 |
| N1014RSZTPKR  | 70                    | 110 | 20 | 1,1 | 27,8                  | 28,5                    | 100,0                     | 0,604              | 10 000                                  | 16 000 |
| N1014RXZTPKR  | 70                    | 110 | 20 | 1,1 | 27,8                  | 28,5                    | 100,0                     | 0,604              | 15 000                                  | 20 000 |
| N1014RXHZTPKR | 70                    | 110 | 20 | 1,1 | 27,8                  | 28,5                    | 100,0                     | 0,546              | 16 000                                  | 24 000 |
| N1015RSZTPKR  | 75                    | 115 | 20 | 1,1 | 29,6                  | 31,5                    | 105,0                     | 0,623              | 9 900                                   | 15 000 |
| N1015RXZTPKR  | 75                    | 115 | 20 | 1,1 | 29,6                  | 31,5                    | 105,0                     | 0,536              | 14 000                                  | 19 000 |
| N1015RXHZTPKR | 75                    | 115 | 20 | 1,1 | 29,6                  | 31,5                    | 105,0                     | 0,565              | 15 000                                  | 23 000 |
| N1016RSZTPKR  | 80                    | 125 | 22 | 1,1 | 36,5                  | 39,5                    | 113,0                     | 0,859              | 9 200                                   | 14 000 |
| N1016RXZTPKR  | 80                    | 125 | 22 | 1,1 | 36,5                  | 39,5                    | 113,0                     | 0,859              | 13 000                                  | 17 000 |
| N1016RXHZTPKR | 80                    | 125 | 22 | 1,1 | 36,5                  | 39,5                    | 113,0                     | 0,785              | 14 000                                  | 21 000 |
| N1017RSZTPKR  | 85                    | 130 | 22 | 1,1 | 38,5                  | 43,0                    | 118,0                     | 0,870              | 8 800                                   | 13 000 |
| N1017RXZTPKR  | 85                    | 130 | 22 | 1,1 | 38,5                  | 43,0                    | 118,0                     | 0,870              | 12 000                                  | 17 000 |
| N1017RXHZTPKR | 85                    | 130 | 22 | 1,1 | 38,5                  | 43,0                    | 118,0                     | 0,796              | 13 000                                  | 20 000 |

(1) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

\* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“



### 3. AXIAL-SCHRÄGKUGELLAGER



Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggkugellager

(ROBUST-Reihen)



Zweiseitig wirkende Axial-Schräggkugellager

(TAC-Reihen)

## Axial-Schräggugellager

Axial-Schräggugellager ..... 100 – 105

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Lagertabellen

Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager

Reihe BAR10

Reihe BTR10

Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager (ROBUST-Reihen)

Reihe TAC29D

Reihe TAC20D

# 3. AXIAL-SCHRÄGKUGELLAGER

## Eigenschaften

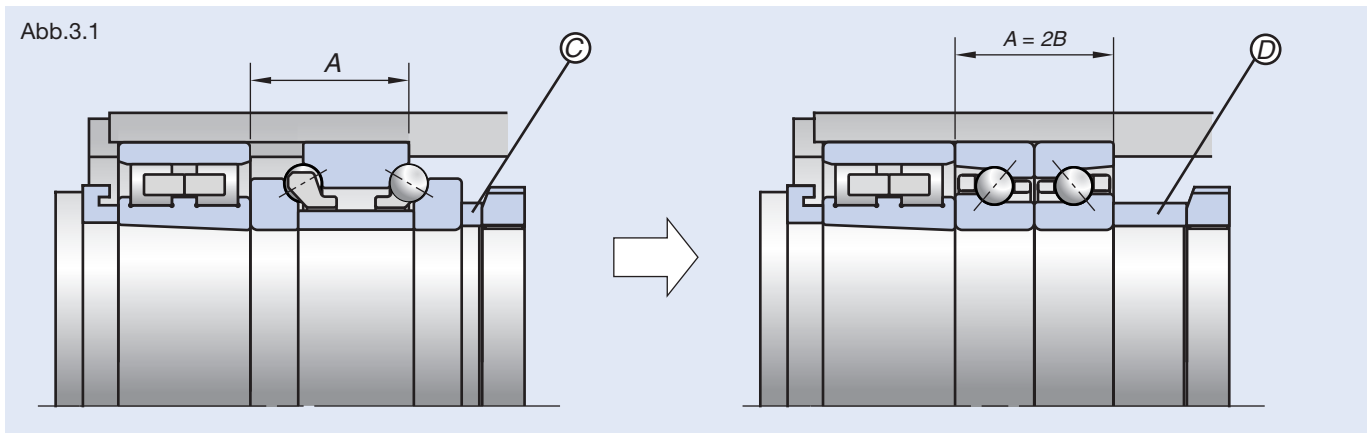
Hauptspindeln von Werkzeugmaschinen werden häufig mit zweireihigen Zylinderrollenlagern in Verbindung mit Axial-Schräggugellagern ausgerüstet. Diese Kugellager müssen neben einer großen Steifigkeit auch mit hohen Drehzahlen laufen können. Für solche Anwendungen hat NSK Lager in drei Bauformen ausgeführt. Da die bisher gebräuchlichen TAC-Lager mit 60° Druckwinkel bezüglich ihrer Drehzahleignung deutlich hinter den Zylinderrollenlagern gleicher Bohrungsgröße zurückbleiben, bevorzugt NSK die neuen Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager der ROBUST-Reihe.

Sie haben spezielle Außendurchmessertoleranzen (Klasse P4A und Klasse P2A), damit auch im Betrieb ein Lossitz des Lagers im Gehäuse gewährleistet ist, um radiale Belastungen des Lagers zu vermeiden. Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager der Reihe ROBUST bewahren auch bei hohen Drehzahlen ihre hohe Steifigkeit. Kugeldurchmesser und Anzahl der Kugeln entsprechen den TAC-Lagern. Die Axial-Schräggugellager mit einem Druckwinkel von 40° (Reihe BTR) oder 30° (Reihe BAR) zeichnen sich durch hohe Leistungsfähigkeit und minimale Eigenerwärmung bei hohen Drehzahlen aus.

## Austauschbarkeit

Die neuen BAR- bzw. BTR-Lager können problemlos anstelle der bisherigen TAC20X-Lager eingesetzt werden. Es müssen keinerlei Veränderungen oder Umbauten an Welle oder Gehäuse durchgeführt werden. Beide Lagerbauformen sind von der Breite entsprechend so ausgelegt, dass nur ein neuer (breiterer) Zwischenring (D) an die Stelle des alten (C) tritt.

Abb.3.1



## Druckwinkel

Entsprechend dem unterschiedlichen Druckwinkel weisen die TAC-Lager die höchste axiale Steifigkeit auf, die BTR-Reihe die zweithöchste, danach folgen die BAR-Lager. Genau umgekehrt ist die Reihenfolge beim Temperaturanstieg am Außenring. Es ist bei jeder Anwendung entscheidend, das optimale Lager für die jeweiligen Anforderungen auszuwählen.

Abb. 3.2

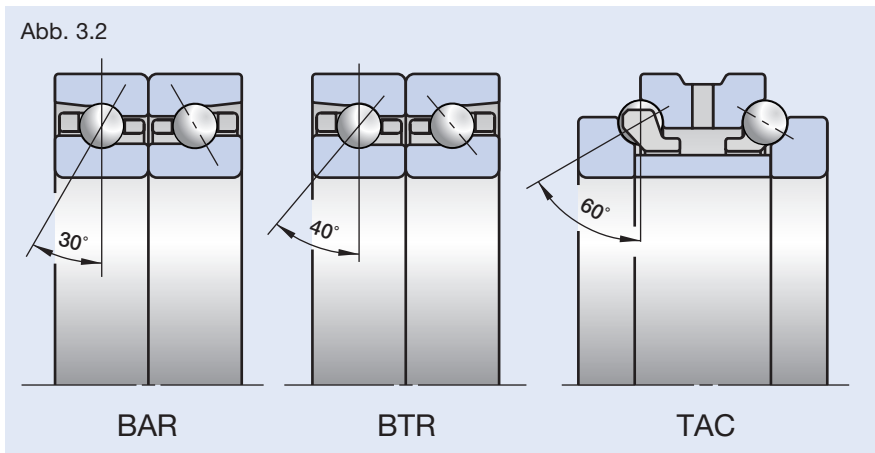
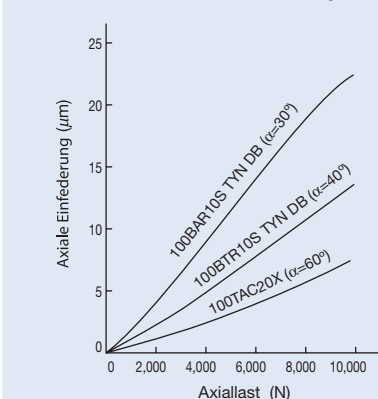
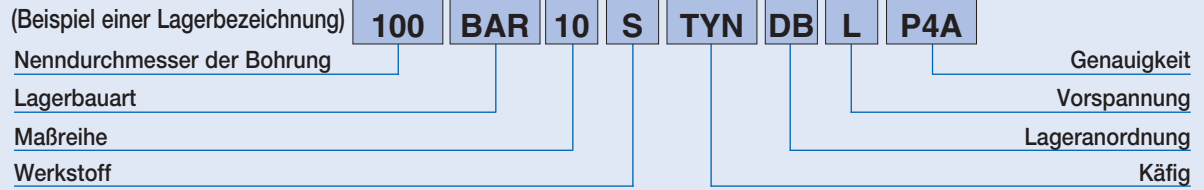


Fig. 3.3 Axiallast und axiale Einfederung

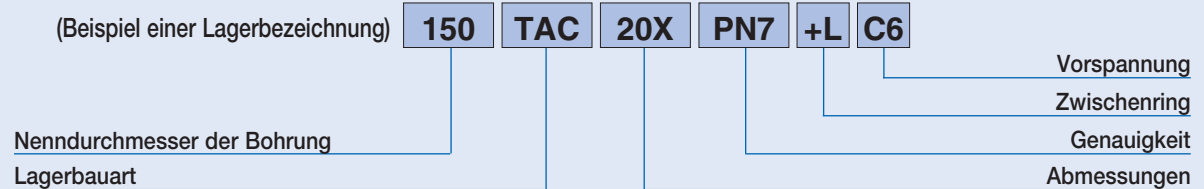


## Bezeichnungssystem für Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager (ROBUST-Reihen)



|         |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Seite               |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
|---------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|--|-------|------------|---|-----------------------|-----------------------|---|-----------------------|-------------------------------------------|-----------|
| 100     | Nenndurchmesser       | Bohrungsdurchmesser (mm)                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 102-104             |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| BAR     | Lagerbauart           | BAR: Druckwinkel 30°<br>BTR: Druckwinkel 40°                                                                                                                                                                                                                                                               | 28, 42-43, 100      |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| 10      | Maßreihe              | 10: ISO-Reihe 10 (Bohrung, Außendurchmesser, aber NSK-spezifische Breite)                                                                                                                                                                                                                                  | 42-43, 100          |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| S       | Material              | <table><tr><th rowspan="2">Bauform</th><th colspan="2">Werkstoff</th></tr><tr><th>Ringe</th><th>Wälzkörper</th></tr><tr><td>S</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td></tr><tr><td>H</td><td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td><td>Keramik (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)</td></tr></table> | Bauform             | Werkstoff |  | Ringe | Wälzkörper | S | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Wälzlagerstahl (SUJ2) | H | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) | 14-17, 28 |
| Bauform | Werkstoff             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
|         | Ringe                 | Wälzkörper                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| S       | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Wälzlagerstahl (SUJ2)                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| H       | Wälzlagerstahl (SUJ2) | Keramik (Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> )                                                                                                                                                                                                                                                                  |                     |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| TYN     | Käfig                 | TYN: kugelgeführter Polyamidkäfig, Drehzahlgrenze $n \times d_m = 1.400.000$ , Betriebstemperatur max. 120 °C, bis Bohrungsdurchmesser max. 150 mm darüber Messingmassivkäfig<br>(ohne Kennzeichnung bei Messingmassivkäfigen)                                                                             | 18-19               |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| DB      | Anordnung             | DB: O-Anordnung                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 42-43, 148-151      |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| L       | Vorspannung           | EL: extraleichte Vorspannung, L: leichte Vorspannung<br>CP: Sondervorspannung, CA: Sonderlagerluft                                                                                                                                                                                                         | 42-43, 152-155, 166 |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |
| P4A     | Genauigkeit           | P2A: ISO-Klasse 2, aber anderer Außendurchmesser<br>P4: ISO-Klasse 4; aber anderer Außendurchmesser                                                                                                                                                                                                        | 182                 |           |  |       |            |   |                       |                       |   |                       |                                           |           |

## Bezeichnungssystem für zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager (TAC-Reihen)



|            |                 |                                                                                          | Seite                   |
|------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>100</b> | Nenndurchmesser | Bohrungsdurchmesser (mm)                                                                 | 105                     |
| <b>TAC</b> | Lagerbauart     | Axial-Schräggugellager: Druckwinkel 60°                                                  | 28, 42-43, 100          |
| <b>20D</b> | Abmessungen     | 20X, 20D: für Kombination mit Reihe NN30<br>29D: für Kombination mit Reihe NN39 und NN49 | 42-43, 100              |
| <b>PN7</b> | Genauigkeit     | PN7: NSK Standard                                                                        | 182                     |
| <b>+L</b>  | Zwischenring    | Innerer Zwischenring                                                                     | –                       |
| <b>C6</b>  | Vorspannung     | C6: Standardvorspannung bei Fettschmierung<br>C7: Standardvorspannung bei Ölschmierung   | 42-43<br>152-155<br>167 |

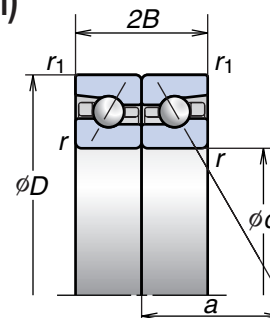
# 3. AXIAL-SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager (ROBUST-Reihen)

Reihe **BAR10**

Reihe **BTR10**

Bohrungsdurchmesser 50 – 105 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |      |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|-------------|-----------------------|-----|------|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|--------|
|             | d                     | D   | 2B   | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>a</sub> (dyn.) | C <sub>0a</sub> (stat.) |                                         |                          |                    | Fett                                               | Öl     |
| 50BAR10S    | 50                    | 80  | 28,5 | 1,0     | 0,6                  | 14,7                  | 27,7                    | 18,4                                    | 25,7                     | 0,272              | 11 600                                             | 14 700 |
| 50BAR10H    | 50                    | 80  | 28,5 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 12,6                                    |                          | 0,257              | 13 100                                             | 16 200 |
| 50BTR10S    | 50                    | 80  | 28,5 | 1,0     | 0,6                  | 17,4                  | 31,5                    | 21,5                                    | 34,1                     | 0,272              | 10 000                                             | 13 100 |
| 50BTR10H    | 50                    | 80  | 28,5 | 1,0     | 0,6                  |                       |                         | 15,5                                    |                          | 0,257              | 11 600                                             | 14 700 |
| 55BAR10S    | 55                    | 90  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  | 18,2                  | 35,0                    | 23,4                                    | 28,9                     | 0,412              | 10 400                                             | 13 200 |
| 55BAR10H    | 55                    | 90  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 16,0                                    |                          | 0,391              | 11 800                                             | 14 500 |
| 55BTR10S    | 55                    | 90  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  | 21,6                  | 40,0                    | 26,4                                    | 38,3                     | 0,412              | 9 000                                              | 11 800 |
| 55BTR10H    | 55                    | 90  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 19,7                                    |                          | 0,391              | 10 400                                             | 13 200 |
| 60BAR10S    | 60                    | 95  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  | 18,9                  | 38,0                    | 25,5                                    | 30,4                     | 0,420              | 9 700                                              | 12 300 |
| 60BAR10H    | 60                    | 95  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 17,5                                    |                          | 0,397              | 11 000                                             | 13 600 |
| 60BTR10S    | 60                    | 95  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  | 22,4                  | 43,5                    | 25,8                                    | 40,4                     | 0,420              | 8 400                                              | 11 000 |
| 60BTR10H    | 60                    | 95  | 33,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 21,5                                    |                          | 0,397              | 9 700                                              | 12 300 |
| 65BAR10S    | 65                    | 100 | 33,0 | 1,1     | 0,6                  | 19,5                  | 41,5                    | 27,7                                    | 31,8                     | 0,447              | 9 100                                              | 11 600 |
| 65BAR10H    | 65                    | 100 | 33,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 19,0                                    |                          | 0,406              | 10 400                                             | 12 800 |
| 65BTR10S    | 65                    | 100 | 33,0 | 1,1     | 0,6                  | 23,1                  | 47,0                    | 27,3                                    | 42,5                     | 0,447              | 7 900                                              | 10 400 |
| 65BTR10H    | 65                    | 100 | 33,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 23,3                                    |                          | 0,406              | 9 100                                              | 11 600 |
| 70BAR10S    | 70                    | 110 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  | 26,9                  | 55,0                    | 37,5                                    | 34,7                     | 0,601              | 8 400                                              | 10 600 |
| 70BAR10H    | 70                    | 110 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 25,5                                    |                          | 0,561              | 9 500                                              | 11 700 |
| 70BTR10S    | 70                    | 110 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  | 32,0                  | 63,0                    | 35,0                                    | 46,3                     | 0,601              | 7 300                                              | 9 500  |
| 70BTR10H    | 70                    | 110 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 31,5                                    |                          | 0,561              | 8 400                                              | 10 600 |
| 75BAR10S    | 75                    | 115 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  | 27,3                  | 58,0                    | 39,0                                    | 36,1                     | 0,634              | 7 900                                              | 10 000 |
| 75BAR10H    | 75                    | 115 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 26,7                                    |                          | 0,592              | 9 000                                              | 11 100 |
| 75BTR10S    | 75                    | 115 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  | 32,5                  | 65,5                    | 36,5                                    | 48,4                     | 0,634              | 6 900                                              | 9 000  |
| 75BTR10H    | 75                    | 115 | 36,0 | 1,1     | 0,6                  |                       |                         | 33,0                                    |                          | 0,592              | 7 900                                              | 10 000 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Die Drehzahlgrenzen auf dieser Seite beziehen sich auf Lager in O-Anordnung (DB) mit extraleichter Vorspannung (EL).

Bei leichter Vorspannung (L) beträgt die Drehzahlgrenze 85% des in der Tabelle angegebenen Wertes.

**Anmerkung:** Lagerbauform BAR10: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$

Lagerbauform BTR10: Druckwinkel  $\alpha = 40^\circ$

Weitere Angaben: Seite

- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung ..... 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung ..... 146
- Vorspannung und Steifigkeit ..... 152
- Anschlussmaße ..... 186
- Position der Schmierdüse ..... 192
- Fettmenge ..... 175

# Reihe **BAR10** **BTR10** (Fortsetzung)

| Kurzzeichen      | Hauptabmessungen (mm) |          |           |                |                             | Tragzahl (kN)                |                                | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i> | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |        |
|------------------|-----------------------|----------|-----------|----------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|--------|
|                  | <i>d</i>              | <i>D</i> | <i>2B</i> | <i>r</i> (min) | <i>r</i> <sub>1</sub> (min) | <i>C</i> <sub>a</sub> (dyn.) | <i>C</i> <sub>0a</sub> (stat.) |                                         |                                 |                    | Fett                                               | Öl     |
| <b>80BAR10S</b>  | 80                    | 125      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         | 32,0                         | 68,5                           | 46,5                                    | 39,4                            | 0,875              | 7 400                                              | 9 300  |
| <b>80BAR10H</b>  | 80                    | 125      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         |                              |                                | 32,0                                    |                                 | 0,821              | 8 300                                              | 10 300 |
| <b>80BTR10S</b>  | 80                    | 125      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         | 38,0                         | 78,0                           | 43,0                                    | 52,7                            | 0,875              | 6 400                                              | 8 300  |
| <b>80BTR10H</b>  | 80                    | 125      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         |                              |                                | 39,0                                    |                                 | 0,821              | 7 400                                              | 9 300  |
| <b>85BAR10S</b>  | 85                    | 130      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         | 32,5                         | 71,5                           | 48,5                                    | 41,1                            | 0,971              | 7 000                                              | 8 900  |
| <b>85BAR10H</b>  | 85                    | 130      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         |                              |                                | 33,0                                    |                                 | 0,915              | 8 000                                              | 9 800  |
| <b>85BTR10S</b>  | 85                    | 130      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         | 38,5                         | 81,5                           | 50,5                                    | 55,2                            | 0,971              | 6 100                                              | 8 000  |
| <b>85BTR10H</b>  | 85                    | 130      | 40,5      | 1,1            | 0,6                         |                              |                                | 41,0                                    |                                 | 0,915              | 7 000                                              | 8 900  |
| <b>90BAR10S</b>  | 90                    | 140      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         | 42,5                         | 92,5                           | 62,5                                    | 44,4                            | 1,198              | 6 600                                              | 8 300  |
| <b>90BAR10H</b>  | 90                    | 140      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         |                              |                                | 43,0                                    |                                 | 1,124              | 7 400                                              | 9 200  |
| <b>90BTR10S</b>  | 90                    | 140      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         | 50,0                         | 105,0                          | 58,0                                    | 59,5                            | 1,198              | 5 700                                              | 7 400  |
| <b>90BTR10H</b>  | 90                    | 140      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         |                              |                                | 52,5                                    |                                 | 1,124              | 6 600                                              | 8 300  |
| <b>95BAR10S</b>  | 95                    | 145      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         | 43,0                         | 96,5                           | 65,0                                    | 45,5                            | 1,320              | 6 300                                              | 8 000  |
| <b>95BAR10H</b>  | 95                    | 145      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         |                              |                                | 44,5                                    |                                 | 1,231              | 7 100                                              | 8 800  |
| <b>95BTR10S</b>  | 95                    | 145      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         | 51,0                         | 110,0                          | 69,0                                    | 61,0                            | 1,320              | 5 500                                              | 7 100  |
| <b>95BTR10H</b>  | 95                    | 145      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         |                              |                                | 55,0                                    |                                 | 1,231              | 6 300                                              | 8 000  |
| <b>100BAR10S</b> | 100                   | 150      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         | 43,5                         | 100,0                          | 68,0                                    | 47,3                            | 1,399              | 6 000                                              | 7 600  |
| <b>100BAR10H</b> | 100                   | 150      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         |                              |                                | 46,5                                    |                                 | 1,307              | 6 800                                              | 8 400  |
| <b>100BTR10S</b> | 100                   | 150      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         | 51,5                         | 114,0                          | 66,5                                    | 63,7                            | 1,399              | 5 200                                              | 6 800  |
| <b>100BTR10H</b> | 100                   | 150      | 45,0      | 1,5            | 1,0                         |                              |                                | 57,0                                    |                                 | 1,307              | 6 000                                              | 7 600  |
| <b>105BAR10S</b> | 105                   | 160      | 49,5      | 2,0            | 1,0                         | 49,5                         | 115,0                          | 78,0                                    | 50,6                            | 1,740              | 5 700                                              | 7 200  |
| <b>105BAR10H</b> | 105                   | 160      | 49,5      | 2,0            | 1,0                         |                              |                                | 53,5                                    |                                 | 1,624              | 6 500                                              | 8 000  |
| <b>105BTR10S</b> | 105                   | 160      | 49,5      | 2,0            | 1,0                         | 58,5                         | 131,0                          | 84,0                                    | 68,0                            | 1,740              | 5 000                                              | 6 500  |
| <b>105BTR10H</b> | 105                   | 160      | 49,5      | 2,0            | 1,0                         |                              |                                | 65,5                                    |                                 | 1,624              | 5 700                                              | 7 200  |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Die Drehzahlgrenzen auf dieser Seite beziehen sich auf Lager in O-Anordnung (DB) mit extraleichter Vorspannung (EL).

Bei leichter Vorspannung (L) beträgt die Drehzahlgrenze 85 % des in der Tabelle angegebenen Wertes.

**Anmerkung:** Lagerbauform BAR10: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$ 

Lagerbauform BTR10: Druckwinkel  $\alpha = 40^\circ$



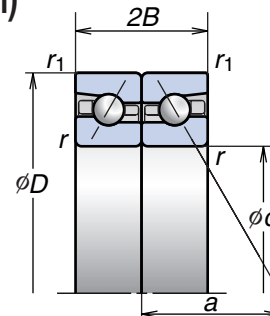
# 3. AXIAL-SCHRÄGKUGELLAGER

## Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager (ROBUST-Reihen)

Reihe **BAR10**

Reihe **BTR10**

Bohrungsdurchmesser 110 – 200 mm



| Kurzzeichen      | Hauptabmessungen (mm) |     |      |         |                      | Tragzahl (kN)         |                         | zulässige Axiallast <sup>(1)</sup> (kN) | Lastangriffspunkt (mm) a | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze <sup>(2)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |       |
|------------------|-----------------------|-----|------|---------|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------|-------|
|                  | d                     | D   | 2B   | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | C <sub>a</sub> (dyn.) | C <sub>0a</sub> (stat.) |                                         |                          |                    | Fett                                               | Öl    |
| <b>110BAR10S</b> | 110                   | 170 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  | 55,5                  | 131                     | 89,0                                    | 53,9                     | 2,110              | 5 400                                              | 6 800 |
| <b>110BAR10H</b> | 110                   | 170 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 60,5                                    |                          | 1,972              | 6 100                                              | 7 500 |
| <b>110BTR10S</b> | 110                   | 170 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  | 66,0                  | 148                     | 82,5                                    | 72,2                     | 2,110              | 4 700                                              | 6 100 |
| <b>110BTR10H</b> | 110                   | 170 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 74,5                                    |                          | 1,972              | 5 400                                              | 6 800 |
| <b>120BAR10S</b> | 120                   | 180 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  | 57,0                  | 141                     | 96,0                                    | 56,8                     | 2,262              | 5 000                                              | 6 400 |
| <b>120BAR10H</b> | 120                   | 180 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 65,5                                    |                          | 2,114              | 5 700                                              | 7 000 |
| <b>120BTR10S</b> | 120                   | 180 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  | 68,0                  | 160                     | 88,5                                    | 76,4                     | 2,262              | 4 400                                              | 5 700 |
| <b>120BTR10H</b> | 120                   | 180 | 54,0 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 80,5                                    |                          | 2,114              | 5 000                                              | 6 400 |
| <b>130BAR10S</b> | 130                   | 200 | 63,0 | 2,0     | 1,0                  | 72,5                  | 172                     | 117,0                                   | 63,4                     | 3,362              | 4 600                                              | 5 800 |
| <b>130BAR10H</b> | 130                   | 200 | 63,0 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 79,5                                    |                          | 3,148              | 5 200                                              | 6 400 |
| <b>130BTR10S</b> | 130                   | 200 | 63,0 | 2,0     | 1,0                  | 86,0                  | 195                     | 106,0                                   | 85,0                     | 3,362              | 4 000                                              | 5 200 |
| <b>130BTR10H</b> | 130                   | 200 | 63,0 | 2,0     | 1,0                  |                       |                         | 98,0                                    |                          | 3,148              | 4 600                                              | 5 800 |
| <b>140BAR10S</b> | 140                   | 210 | 63,0 | 2,0     | 1,0                  | 78,5                  | 200                     | 135,0                                   | 66,2                     | 3,558              | 4 300                                              | 5 500 |
| <b>140BTR10S</b> | 140                   | 210 | 63,0 | 2,0     | 1,0                  | 93,0                  | 227                     | 84,0                                    | 89,1                     | 3,558              | 3 800                                              | 4 900 |
| <b>150BAR10S</b> | 150                   | 225 | 67,5 | 2,1     | 1,1                  | 92,5                  | 234                     | 160,0                                   | 71,0                     | 4,354              | 4 000                                              | 5 100 |
| <b>150BTR10S</b> | 150                   | 225 | 67,5 | 2,1     | 1,1                  | 110,0                 | 267                     | 104,0                                   | 95,5                     | 4,354              | 3 500                                              | 4 600 |
| <b>160BAR10S</b> | 160                   | 240 | 72,0 | 2,1     | 1,1                  | 98,5                  | 250                     | 175,0                                   | 75,7                     | 5,640              | 3 800                                              | 4 800 |
| <b>160BTR10S</b> | 160                   | 240 | 72,0 | 2,1     | 1,1                  | 117,0                 | 284                     | 184,0                                   | 101,9                    | 5,640              | 3 300                                              | 4 300 |
| <b>170BAR10S</b> | 170                   | 260 | 81,0 | 2,1     | 1,1                  | 115,0                 | 295                     | 207,0                                   | 82,3                     | 7,900              | 3 500                                              | 4 500 |
| <b>170BTR10S</b> | 170                   | 260 | 81,0 | 2,1     | 1,1                  | 136,0                 | 335                     | 220,0                                   | 110,5                    | 7,900              | 3 100                                              | 4 000 |
| <b>180BAR10S</b> | 180                   | 280 | 90,0 | 2,1     | 1,1                  | 151,0                 | 385                     | 262,0                                   | 88,8                     | 10,200             | 3 300                                              | 4 200 |
| <b>180BTR10S</b> | 180                   | 280 | 90,0 | 2,1     | 1,1                  | 179,0                 | 440                     | 255,0                                   | 118,9                    | 10,200             | 2 900                                              | 3 700 |
| <b>190BAR10S</b> | 190                   | 290 | 90,0 | 2,1     | 1,1                  | 151,0                 | 390                     | 273,0                                   | 91,8                     | 10,700             | 3 200                                              | 4 000 |
| <b>190BTR10S</b> | 190                   | 290 | 90,0 | 2,1     | 1,1                  | 179,0                 | 445                     | 281,0                                   | 123,2                    | 10,700             | 2 800                                              | 3 600 |
| <b>200BAR10S</b> | 200                   | 310 | 99,0 | 2,1     | 1,1                  | 169,0                 | 444                     | 300,0                                   | 98,3                     | 13,800             | 3 000                                              | 3 800 |
| <b>200BTR10S</b> | 200                   | 310 | 99,0 | 2,1     | 1,1                  | 201,0                 | 505                     | 310,0                                   | 131,7                    | 13,800             | 2 600                                              | 3 400 |

<sup>(1)</sup> zulässige Axiallast siehe Seite 147.

<sup>(2)</sup> Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Die Drehzahlgrenzen auf dieser Seite beziehen sich auf Lager in O-Anordnung (DB) mit extraleichter Vorspannung (EL).

Bei leichter Vorspannung (L) beträgt die Drehzahlgrenze 85% des in der Tabelle angegebenen Wertes.

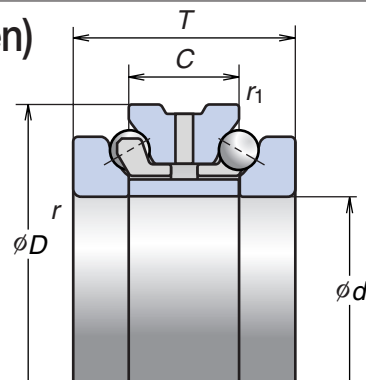
**Anmerkung:** Lagerbauform BAR10: Druckwinkel  $\alpha = 30^\circ$

Lagerbauform BTR10: Druckwinkel  $\alpha = 40^\circ$

# Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (TAC-Reihen)

## Reihe TAC29D Reihe TAC20D

Bohrungsdurchmesser 140 – 280 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |     |    |         |          | Tragzahl (kN) |             | Gewicht (kg) (ca.) | Drehzahlgrenze (¹) (min⁻¹) |       |
|-------------|-----------------------|-----|-----|----|---------|----------|---------------|-------------|--------------------|----------------------------|-------|
|             | d                     | D   | T   | C  | r (min) | r₁ (min) | Cₐ (dyn.)     | Cₐₐ (stat.) |                    | Fett                       | Öl    |
| 140TAC20X+L | 140                   | 210 | 84  | 42 | 2,0     | 1,0      | 145           | 525         | 8,750              | 2 600                      | 2 900 |
| 150TAC29D+L | 150                   | 210 | 72  | 36 | 2,0     | 1,0      | 116           | 465         | 6,600              | 2 500                      | 2 800 |
| 150TAC20X+L | 150                   | 225 | 90  | 45 | 2,1     | 1,1      | 172           | 620         | 10,700             | 2 400                      | 2 700 |
| 160TAC29D+L | 160                   | 220 | 72  | 36 | 2,0     | 1,0      | 118           | 490         | 7,000              | 2 400                      | 2 700 |
| 160TAC20X+L | 160                   | 240 | 96  | 48 | 2,1     | 1,1      | 185           | 680         | 13,000             | 2 300                      | 2 500 |
| 170TAC29D+L | 170                   | 230 | 72  | 36 | 2,0     | 1,0      | 120           | 520         | 7,350              | 2 300                      | 2 500 |
| 170TAC20X+L | 170                   | 260 | 108 | 54 | 2,1     | 1,1      | 218           | 810         | 17,700             | 2 100                      | 2 400 |
| 180TAC29D+L | 180                   | 250 | 84  | 42 | 2,0     | 1,0      | 158           | 655         | 10,700             | 2 100                      | 2 400 |
| 180TAC20X+L | 180                   | 280 | 120 | 60 | 2,1     | 1,1      | 281           | 1 020       | 23,400             | 2 000                      | 2 200 |
| 190TAC29D+L | 190                   | 260 | 84  | 42 | 2,0     | 1,0      | 161           | 695         | 11,200             | 2 000                      | 2 300 |
| 190TAC20D+L | 190                   | 290 | 120 | 60 | 2,1     | 1,1      | 285           | 1 060       | 24,400             | 1 900                      | 2 100 |
| 200TAC29D+L | 200                   | 280 | 96  | 48 | 2,1     | 1,1      | 204           | 855         | 15,700             | 1 900                      | 2 100 |
| 200TAC20D+L | 200                   | 310 | 132 | 66 | 2,1     | 1,1      | 315           | 1 180       | 31,500             | 1 800                      | 2 000 |
| 220TAC29D+L | 220                   | 300 | 96  | 48 | 2,1     | 1,1      | 210           | 930         | 17,000             | 1 800                      | 2 000 |
| 240TAC29D+L | 240                   | 320 | 96  | 48 | 2,1     | 1,1      | 213           | 980         | 18,300             | 1 700                      | 1 800 |
| 260TAC29D+L | 260                   | 360 | 120 | 60 | 2,1     | 1,1      | 315           | 1 390       | 31,500             | 1 500                      | 1 700 |
| 280TAC29D+L | 280                   | 380 | 120 | 60 | 2,1     | 1,1      | 320           | 1 470       | 33,500             | 1 400                      | 1 600 |

(¹) Die Drehzahlgrenzen auf dieser Seite beziehen sich auf die Standardvorspannung (C6 und C7)

Anmerkung: Lagerbauform TAC29D: Druckwinkel  $\alpha = 60^\circ$ 

Lagerbauform TAC20D: Druckwinkel  $\alpha = 60^\circ$

## 4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE



Werkzeugmaschinen

Reihe TAC B



Elektrisch angetriebene Spritzgussmaschinen

Reihen TAC 02 und 03



Werkzeugmaschinen

Lagereinheiten für Kugelgewindetriebe

## Lager für Kugelgewindetriebe

Axial-Schräggugellager für Kugelgewindetriebe .....108-113

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Lagertabellen

Für Werkzeugmaschinen

Reihe TAC B

Für elektrisch angetriebene Spritzgussmaschinen

Reihen TAC 02 und 03

Lagereinheiten für Kugelgewindetriebe .....114-115

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Tabellenübersicht für Lagereinheiten

# 4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

## Axial-Schräggugellager für Kugelgewindetriebe

### Eigenschaften

Die hochgenauen Axial-Schräggugellager zur Lagerung von Kugelgewindetrieben sind wesentlich leistungsfähiger als die bisher verwendeten Lagerungen mit Schräggugellagern oder Axiallagern. Sie sind besonders für Präzisionswerkzeugmaschinen aber auch für elektrisch angetriebene Kunststoff-Spritzgussmaschinen oder ähnliche Anwendungen geeignet.

### Reihe TAC B

Durch die große Anzahl von Kugeln und den Druckwinkel von  $60^\circ$  haben diese Lager eine hohe axiale Steifigkeit. Das Anlaufmoment ist geringer als bei Kegelrollen- oder Zylinderrollenlagern, so dass ein ruhigerer Lauf bei kleiner Antriebsleistung möglich ist.

Die TAC B-Lager sind mit dem neuen NSK Polyamidkäfig ausgestattet. Auch der hochreine EP-Stahl der Lagerringe trägt zur Steigerung der Gebrauchsdauer bei. Dieser EP-Stahl hat dank des kontrollierten Fertigungsprozesses einen sehr geringen Gehalt an nichtmetallischen Oxiden und ist absolut frei von größeren Einschlüssen. Die Reinheit ist sogar größer als bei im Vakuumlichtbogen umerschmolzenem Stahl (VAR).

In abgedichteter Ausführung sind die Lager mit einer DG-Dichtung versehen, die besonders staubdicht ist, aber gleichzeitig eine niedrige Dichtungsreibung aufweist. Befüllt sind die Lager mit dem besonders wasserbeständigen NSK Fett WHP. Dies ermöglicht eine einfache Lagermontage.

### Reihe TAC 02 und 03

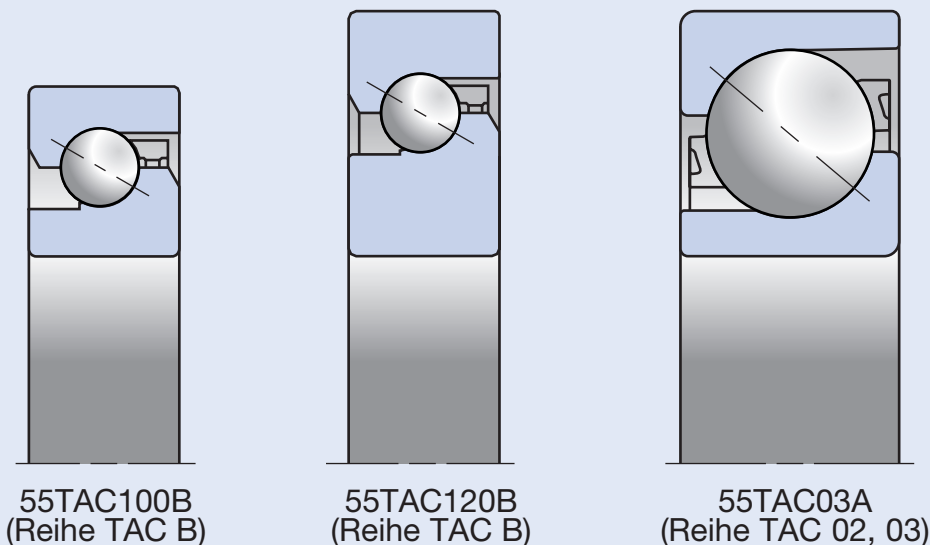
TAC 02 und 03 sind Schräggugellager zur Lagerung großer Kugelgewindetriebe unter hoher Belastung, z. B. in elektrisch angetriebenen Kunststoff-Spritzgussmaschinen. Durch eine optimierte Innenkonstruktion wurde das Lagerreibmoment minimiert. Mit diesen Lagern kann das Reibmoment gegenüber herkömmlichen Rollenlagern deutlich reduziert werden.

### Unterschiede zwischen TAC B und TAC 02 und 03

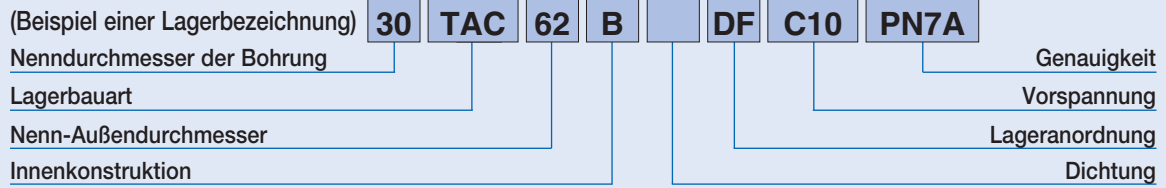
In elektrisch angetriebenen Spritzgussmaschinen werden die Axial-Lager für die Lagerung von Kugelgewindetrieben wesentlich höher belastet als in Werkzeugmaschinen. Genau für diese hohen Belastungen sind die TAC 02- und TAC 03-Lager ausgelegt.

Bei den TAC B-Lagern wurde die zulässige Last gegenüber früheren Konstruktionen durch eine größere Kugelanzahl erhöht. Entsprechend den Anforderungen in Werkzeugmaschinen wurde die Lagerkonstruktion auf Steifigkeit und Genauigkeit optimiert.

Abb. 4.1



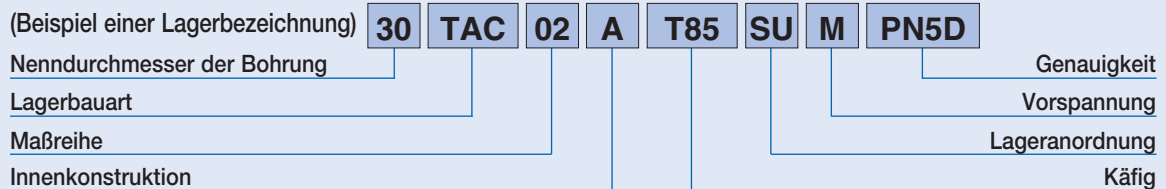
## Bezeichnungssystem für Axial-Schräggugellager für die Lagerung von Kugelgewindetrieiben (in Werkzeugmaschinen)



|             |                       |                                                                                                                                                                                             | Seite        |
|-------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>30</b>   | Nenn-Durchmesser      | Bohrungsdurchmesser (mm)                                                                                                                                                                    | 110-111      |
| <b>TAC</b>  | Lagerbauart           | Axial-Schräggugellager: Druckwinkel 60°                                                                                                                                                     | 30, 108      |
| <b>62</b>   | Nenn-Außendurchmesser | Außendurchmesser (mm)                                                                                                                                                                       | 110-111      |
| <b>B</b>    | Innenkonstruktion     |                                                                                                                                                                                             | –            |
|             | Dichtung              | ohne Kennzeichnung, nicht abgedichtet, DDG: schleifende Elastomerdichtung <sup>1)</sup>                                                                                                     | 30           |
| <b>DF</b>   | Anordnung             | SU: Universalausführung (einreihig) DU: Universalausführung (zweireihig) DB: O-Anordnung DF: X-Anordnung DT: Tandem-Anordnung DBD, DFD, DTD: Dreiersätze DBB, DFF, DBT, DFT, DTT: Viersätze | 148-151      |
| <b>C10</b>  | Vorspannung           | C10: Standardvorspannung C9: leichte Vorspannung (geringes Drehmoment)                                                                                                                      | 152-155, 168 |
| <b>PN7A</b> | Genauigkeit           | PN7A: NSK Standard für Lagersätze (entspricht etwa ISO-Klasse 4)<br>PN7B: NSK Standard für Universallager (entspricht etwa ISO-Klasse 4)                                                    | 183          |

<sup>1)</sup> Universalausführung SU und PN7B ist Standard für die abgedichtete Ausführung.

## Bezeichnungssystem für Axial-Schräggugellager für die Lagerung von Kugelgewindetrieiben (in elektrisch angetriebenen Spritzgussmaschinen)



|             |                   |                                                                          | Seite        |
|-------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>30</b>   | Nenn-Durchmesser  | Bohrungsdurchmesser (mm)                                                 | 112-113      |
| <b>TAC</b>  | Lagerbauart       | Axial-Schräggugellager: Druckwinkel siehe Abmessungstabellen (50 or 55°) | 31, 108      |
| <b>02</b>   | Maßreihe          | 02: Reihe 02, 03: Reihe 03                                               | 108          |
| <b>A</b>    | Innenkonstruktion |                                                                          | –            |
| <b>T85</b>  | Käfig             | T85: Polyamidkäfig M: Messingmassivkäfig                                 | 18-19        |
| <b>SU</b>   | Anordnung         | SU: Universalausführung (einreihig)                                      | 148-151      |
| <b>M</b>    | Vorspannung       | M: Standardvorspannung                                                   | 152-155, 168 |
| <b>PN5D</b> | Genauigkeit       | PN5D: Standardgenauigkeit (entspricht ISO-Klasse 5)                      | 183          |

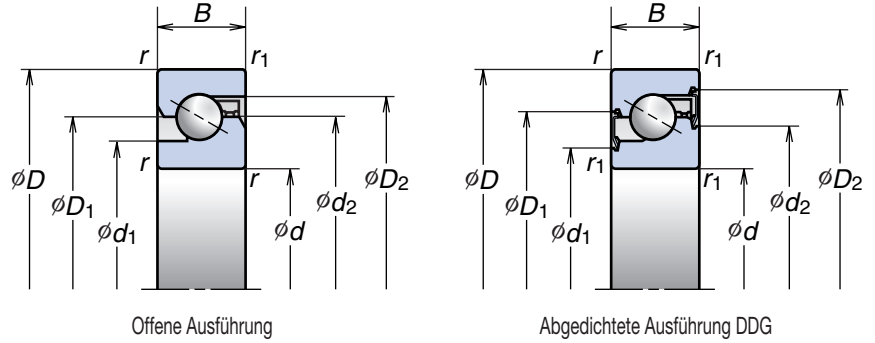


# 4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

Für Werkzeugmaschinen

## Reihe TAC B

Bohrungsdurchmesser 15 – 60 mm



Offene Ausführung

| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |         |                      | Anschlussmaße (mm) |                |                |                | Empfohlene Fettmenge (cm <sup>3</sup> ) | Drehzahlgrenze <sup>(1)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |       |
|-------------|-----------------------|-----|----|---------|----------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|-------|
|             | d                     | D   | B  | r (min) | r <sub>1</sub> (min) | d <sub>1</sub>     | d <sub>2</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> |                                         | Fett                                               | Öl    |
| 15 TAC 47B  | 15                    | 47  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 27,2               | 34             | 34             | 39,6           | 2,2                                     | 6 000                                              | 8 000 |
| 17 TAC 47B  | 17                    | 47  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 27,2               | 34             | 34             | 39,6           | 2,2                                     | 6 000                                              | 8 000 |
| 20 TAC 47B  | 20                    | 47  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 27,2               | 34             | 34             | 39,6           | 2,2                                     | 6 000                                              | 8 000 |
| 25 TAC 62B  | 25                    | 62  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 37,0               | 45             | 45             | 50,7           | 3,0                                     | 4 500                                              | 6 000 |
| 30 TAC 62B  | 30                    | 62  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 39,5               | 47             | 47             | 53,2           | 3,2                                     | 4 300                                              | 5 600 |
| 35 TAC 72B  | 35                    | 72  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 47,0               | 55             | 55             | 60,7           | 3,8                                     | 3 600                                              | 5 000 |
| 40 TAC 72B  | 40                    | 72  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 49,0               | 57             | 57             | 62,7           | 3,9                                     | 3 600                                              | 4 800 |
| 40 TAC 90B  | 40                    | 90  | 20 | 1,0     | 0,6                  | 57,0               | 68             | 68             | 77,2           | 8,8                                     | 3 000                                              | 4 000 |
| 45 TAC 75B  | 45                    | 75  | 15 | 1,0     | 0,6                  | 54,0               | 62             | 62             | 67,7           | 4,2                                     | 3 200                                              | 4 300 |
| 45 TAC 100B | 45                    | 100 | 20 | 1,0     | 0,6                  | 64,0               | 75             | 75             | 84,2           | 9,7                                     | 2 600                                              | 3 600 |
| 50 TAC 100B | 50                    | 100 | 20 | 1,0     | 0,6                  | 67,5               | 79             | 79             | 87,7           | 10,2                                    | 2 600                                              | 3 400 |
| 55 TAC 100B | 55                    | 100 | 20 | 1,0     | 0,6                  | 67,5               | 79             | 79             | 87,7           | 10,2                                    | 2 600                                              | 3 400 |
| 55 TAC 120B | 55                    | 120 | 20 | 1,0     | 0,6                  | 82,0               | 93             | 93             | 102,2          | 12,0                                    | 2 200                                              | 3 000 |
| 60 TAC 120B | 60                    | 120 | 20 | 1,0     | 0,6                  | 82,0               | 93             | 93             | 102,2          | 12,0                                    | 2 200                                              | 3 000 |

Abgedichtete Ausführung DDG

| Kurzzeichen     | Hauptabmessungen (mm) |     |    |     |                | Anschlussmaße (mm) |                |                |                | Drehzahlgrenze <sup>(1)</sup> (min <sup>-1</sup> ) |  |
|-----------------|-----------------------|-----|----|-----|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------------------------|--|
|                 | d                     | D   | B  | r   | r <sub>1</sub> | d <sub>1</sub>     | d <sub>2</sub> | D <sub>1</sub> | D <sub>2</sub> | Fett                                               |  |
| 15 TAC 47B DDG  | 15                    | 47  | 15 | 1,0 | 0,6            | 25,1               | 30,8           | 36,0           | 41,8           | 6 000                                              |  |
| 17 TAC 47B DDG  | 17                    | 47  | 15 | 1,0 | 0,6            | 25,1               | 30,8           | 36,0           | 41,8           | 6 000                                              |  |
| 20 TAC 47B DDG  | 20                    | 47  | 15 | 1,0 | 0,6            | 25,1               | 30,8           | 36,0           | 41,8           | 6 000                                              |  |
| 25 TAC 62B DDG  | 25                    | 62  | 15 | 1,0 | 0,6            | 34,3               | 40,5           | 46,5           | 52,9           | 4 500                                              |  |
| 30 TAC 62B DDG  | 30                    | 62  | 15 | 1,0 | 0,6            | 36,8               | 43,0           | 49,0           | 55,4           | 4 300                                              |  |
| 35 TAC 72B DDG  | 35                    | 72  | 15 | 1,0 | 0,6            | 44,3               | 50,5           | 56,5           | 62,9           | 3 600                                              |  |
| 40 TAC 72B DDG  | 40                    | 72  | 15 | 1,0 | 0,6            | 46,3               | 52,5           | 58,5           | 64,9           | 3 600                                              |  |
| 40 TAC 90B DDG  | 40                    | 90  | 20 | 1,0 | 0,6            | 54,0               | 64,0           | 70,0           | 79,4           | 3 000                                              |  |
| 45 TAC 100B DDG | 45                    | 100 | 20 | 1,0 | 0,6            | 61,0               | 71,0           | 77,0           | 86,4           | 2 600                                              |  |

<sup>(1)</sup> Die Drehzahlgrenzen auf dieser Seite beziehen sich auf die Vorspannung C10. Bei Vorspannung C9 ist die Drehzahlgrenze 1,3-mal der in der Tabelle angegebene Wert.

Die angegebenen Drehzahlgrenzen gelten für alle gezeigten Lageranordnungen

Anmerkung: Lagerbauform TAC B: Druckwinkel  $\alpha = 60^\circ$

| Dynamische Tragzahl $C_a$ |                                            |                                   | Grenzwert Axiallast <sup>(2)</sup> |                                            |                                   | Gewicht (kg) |
|---------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Eine Kugelreihe<br>DF, DB | Zwei Kugelreihen<br>DT, DFD, DBD, DFF, DBB | Drei Kugelreihen<br>DTD, DFT, DBT | Eine Kugelreihe<br>DF, DB          | Zwei Kugelreihen<br>DT, DFD, DBD, DFF, DBB | Drei Kugelreihen<br>DTD, DFT, DBT | (ca.)        |
| (kN)                      | (kN)                                       | (kN)                              | (kN)                               | (kN)                                       | (kN)                              |              |
| 21,9                      | 35,5                                       | 47,5                              | 26,6                               | 53,0                                       | 79,5                              | 0,144        |
| 21,9                      | 35,5                                       | 47,5                              | 26,6                               | 53,0                                       | 79,5                              | 0,144        |
| 21,9                      | 35,5                                       | 47,5                              | 26,6                               | 53,0                                       | 79,5                              | 0,135        |
| 28,5                      | 46,5                                       | 61,5                              | 40,5                               | 81,5                                       | 122                               | 0,252        |
| 29,2                      | 47,5                                       | 63,0                              | 43,0                               | 86,0                                       | 129                               | 0,224        |
| 31,0                      | 50,5                                       | 67,0                              | 50,0                               | 100,0                                      | 150                               | 0,310        |
| 31,5                      | 51,5                                       | 68,5                              | 52,0                               | 104,0                                      | 157                               | 0,275        |
| 59,0                      | 95,5                                       | 127,0                             | 89,5                               | 179,0                                      | 269                               | 0,674        |
| 33,0                      | 53,5                                       | 71,0                              | 57,0                               | 114,0                                      | 170                               | 0,270        |
| 61,5                      | 100,0                                      | 133,0                             | 99,0                               | 198,0                                      | 298                               | 0,842        |
| 63,0                      | 102,0                                      | 136,0                             | 104,0                              | 208,0                                      | 310                               | 0,778        |
| 63,0                      | 102,0                                      | 136,0                             | 104,0                              | 208,0                                      | 310                               | 0,714        |
| 67,5                      | 109,0                                      | 145,0                             | 123,0                              | 246,0                                      | 370                               | 1,230        |
| 67,5                      | 109,0                                      | 145,0                             | 123,0                              | 246,0                                      | 370                               | 1,160        |

| Dynamische Tragzahl $C_a$ |                                            |                                   | Grenzwert Axiallast <sup>(2)</sup> |                                            |                                   | Gewicht (kg) |
|---------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Eine Kugelreihe<br>DF, DB | Zwei Kugelreihen<br>DT, DFD, DBD, DFF, DBB | Drei Kugelreihen<br>DTD, DFT, DBT | Eine Kugelreihe<br>DF, DB          | Zwei Kugelreihen<br>DT, DFD, DBD, DFF, DBB | Drei Kugelreihen<br>DTD, DFT, DBT | (ca.)        |
| (kN)                      | (kN)                                       | (kN)                              | (kN)                               | (kN)                                       | (kN)                              |              |
| 21,9                      | 35,5                                       | 47,5                              | 26,6                               | 53,0                                       | 79,5                              | 0,144        |
| 21,9                      | 35,5                                       | 47,5                              | 26,6                               | 53,0                                       | 79,5                              | 0,144        |
| 21,9                      | 35,5                                       | 47,5                              | 26,6                               | 53,0                                       | 79,5                              | 0,135        |
| 28,5                      | 46,5                                       | 61,5                              | 40,5                               | 81,5                                       | 122,0                             | 0,252        |
| 29,2                      | 47,5                                       | 63,0                              | 43,0                               | 86,0                                       | 129,0                             | 0,224        |
| 31,0                      | 50,5                                       | 67,0                              | 50,0                               | 100,0                                      | 150,0                             | 0,310        |
| 31,5                      | 51,5                                       | 68,5                              | 52,0                               | 104,0                                      | 157,0                             | 0,275        |
| 59,0                      | 95,5                                       | 127,0                             | 89,5                               | 179,0                                      | 269,0                             | 0,674        |
| 61,5                      | 100,0                                      | 133,0                             | 99,0                               | 198,0                                      | 298,0                             | 0,842        |

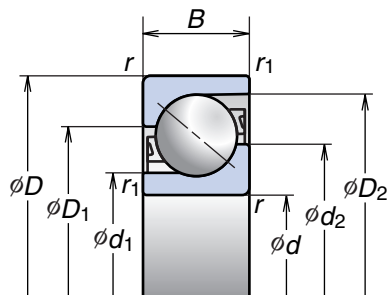
<sup>(2)</sup> Die zulässige Axiallast ist 0,7-mal dem Grenzwert der Axiallast.

# 4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

Für elektrisch angetriebene Spritzgussmaschinen

## Reihe TAC02 und 03

Bohrungsdurchmesser 15 – 120 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |         |          | Anschlussmaße (mm) |       |       |       | Empfohlene Fettmenge (cm³) | Druckwinkel (Grad) | Drehzahlgrenze (min⁻¹) für Fett und Öl |
|-------------|-----------------------|-----|----|---------|----------|--------------------|-------|-------|-------|----------------------------|--------------------|----------------------------------------|
|             | d                     | D   | B  | r (min) | r₁ (min) | d₁                 | d₂    | D₁    | D₂    |                            |                    |                                        |
| 15TAC02AT85 | 15                    | 35  | 11 | 0,6     | 0,3      | 19,5               | 23,5  | 26,5  | 31,9  | 0,98                       | 50                 | 12000                                  |
| 25TAC02AT85 | 25                    | 52  | 15 | 1,0     | 0,6      | 30,5               | 36,6  | 40,4  | 47,4  | 3,00                       | 50                 | 7700                                   |
| TAC35-2T85  | 35                    | 90  | 23 | 1,5     | 1,0      | 49,7               | 61,4  | 68,6  | 81,9  | 15,00                      | 50                 | 4600                                   |
| 40TAC03AT85 | 40                    | 90  | 23 | 1,5     | 1,0      | 49,7               | 61,4  | 68,6  | 81,9  | 15,00                      | 50                 | 4600                                   |
| 45TAC03AT85 | 45                    | 100 | 25 | 1,5     | 1,0      | 55,8               | 68,6  | 76,4  | 91,0  | 19,00                      | 50                 | 4100                                   |
| TAC45-2T85  | 45                    | 110 | 27 | 2,0     | 1,0      | 60,3               | 75,6  | 84,5  | 100,9 | 27,00                      | 50                 | 3700                                   |
| 50TAC03AT85 | 50                    | 110 | 27 | 2,0     | 1,0      | 60,3               | 75,6  | 84,5  | 100,9 | 27,00                      | 50                 | 3700                                   |
| 55TAC03AT85 | 55                    | 120 | 29 | 2,0     | 1,0      | 67,1               | 82,7  | 92,3  | 110,1 | 32,00                      | 50                 | 3400                                   |
| 60TAC03AT85 | 60                    | 130 | 31 | 2,1     | 1,1      | 72,1               | 89,8  | 100,2 | 119,4 | 54,00                      | 50                 | 3100                                   |
| 80TAC03AM   | 80                    | 170 | 39 | 2,1     | 1,1      | 94,0               | 118,5 | 131,5 | 152,5 | 82,00                      | 50                 | 2400                                   |
| 100TAC03CMC | 100                   | 215 | 47 | 3,0     | 1,1      | 122,5              | 156,9 | 158,1 | 188,1 | 120,00                     | 55                 | 1900                                   |
| 120TAC03CMC | 120                   | 260 | 55 | 3,0     | 1,1      | 153,0              | 189,3 | 190,7 | 223,5 | 170,00                     | 55                 | 1500                                   |

| Dynamische Tragzahl $C_a$ |                                            |                                   | Grenzwert Axiallast <sup>(1)</sup> |                                            |                                   |
|---------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| Eine Kugelreihe<br>DF, DB | Zwei Kugelreihen<br>DT, DFD, DBD, DFF, DBB | Drei Kugelreihen<br>DTD, DFT, DBT | Eine Kugelreihe<br>DF, DB          | Zwei Kugelreihen<br>DT, DFD, DBD, DFF, DBB | Drei Kugelreihen<br>DTD, DFT, DBT |
| (kN)                      | (kN)                                       | (kN)                              | (kN)                               | (kN)                                       | (kN)                              |
| 18,8                      | 30,5                                       | 40,5                              | 11,5                               | 22,9                                       | 34,5                              |
| 33,5                      | 54,5                                       | 72,0                              | 22,7                               | 45,5                                       | 68,0                              |
| 102,0                     | 166,0                                      | 220,0                             | 75,5                               | 151,0                                      | 226,0                             |
| 102,0                     | 166,0                                      | 220,0                             | 75,5                               | 151,0                                      | 226,0                             |
| 120,0                     | 195,0                                      | 259,0                             | 91,5                               | 183,0                                      | 274,0                             |
| 150,0                     | 243,0                                      | 325,0                             | 116,0                              | 232,0                                      | 350,0                             |
| 150,0                     | 243,0                                      | 325,0                             | 116,0                              | 232,0                                      | 350,0                             |
| 171,0                     | 278,0                                      | 370,0                             | 133,0                              | 266,0                                      | 400,0                             |
| 196,0                     | 320,0                                      | 425,0                             | 152,0                              | 305,0                                      | 455,0                             |
| 274,0                     | 445,0                                      | 590,0                             | 238,0                              | 475,0                                      | 715,0                             |
| 365,0                     | 595,0                                      | 795,0                             | 231,0                              | 460,0                                      | 690,0                             |
| 430,0                     | 700,0                                      | 930,0                             | 295,0                              | 590,0                                      | 885,0                             |

<sup>(1)</sup> Die zulässige Axiallast ist 0,7-mal dem Grenzwert der Axiallast.

# 4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

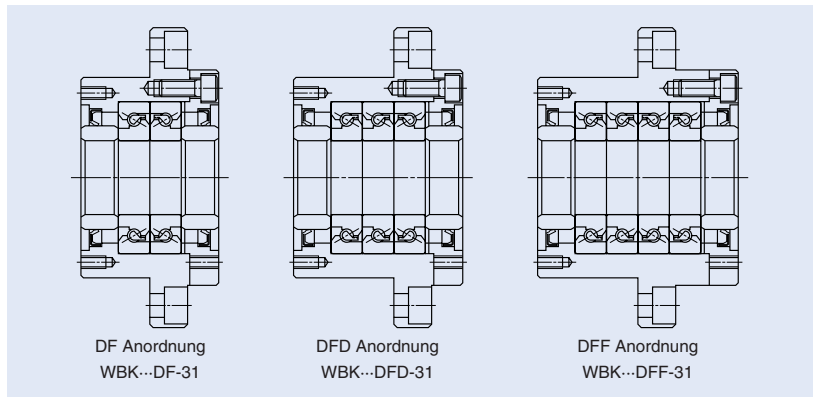
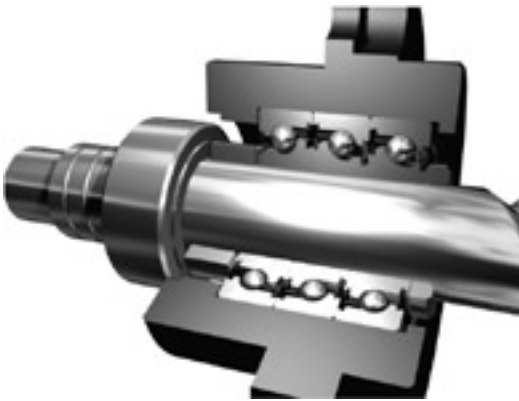
## Lagereinheiten für Kugelgewindetriebe



Die Lagereinheiten für hoch belastete Werkzeugmaschinen sind mit hoch genauen und extrem steifen Axialschräggugellagern für Kugelgewindetriebe (TAC-Serie) ausgerüstet. Damit ist eine optimale Funktion als Axiallager für Kugelgewindetriebe gewährleistet. Wie in der Übersicht gezeigt, sind drei verschiedene Lageranordnungen erhältlich:

### Vorteile

- Die staubgeschützte Ausführung erleichtert dem Konstrukteur die Gestaltung der Lagerseiten von Kugelgewindetrieben.
- Da die vorgespannten Schräggugellager bereits in der Einheit montiert sind, entfällt eine Montage von Lagern.



| Lagereinheit<br>Teile-Nr. | Lagereinheit-Abmessungen |     |       |       |     |       |       |     |     |     |      |      |         |       |       |       |       |
|---------------------------|--------------------------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-----|-----|------|------|---------|-------|-------|-------|-------|
|                           | $d$                      | $D$ | $D_1$ | $D_2$ | $L$ | $L_1$ | $L_2$ | $A$ | $W$ | $X$ | $Y$  | $Z$  | $d_1^*$ | $l^*$ | $V^*$ | $P^*$ | $Q^*$ |
| WBK17DF-31                | 17                       | 70  | 106   | 72    | 60  | 32    | 15    | 80  | 88  | 9   | 14,0 | 8,5  | 45      | 3     | 58    | M5    | 10    |
| WBK20DF-31                | 20                       | 70  | 106   | 72    | 60  | 32    | 15    | 80  | 88  | 9   | 14,0 | 8,5  | 45      | 3     | 58    | M5    | 10    |
| WBK25DF-31                | 25                       | 85  | 130   | 90    | 66  | 33    | 18    | 100 | 110 | 11  | 17,5 | 11,0 | 57      | 4     | 70    | M6    | 12    |
| WBK25DFD-31               |                          |     |       |       | 81  | 48    |       |     |     |     |      |      |         |       |       |       |       |
| WBK30DF-31                | 30                       | 85  | 130   | 90    | 66  | 33    | 18    | 100 | 110 | 11  | 17,5 | 11,0 | 57      | 4     | 70    | M6    | 12    |
| WBK30DFD-31               |                          |     |       |       | 81  | 48    |       |     |     |     |      |      |         |       |       |       |       |
| WBK35DF-31                | 35                       | 95  | 142   | 102   | 66  | 33    | 18    | 106 | 121 | 11  | 17,5 | 11,0 | 69      | 4     | 80    | M6    | 12    |
| WBK35DFD-31               |                          |     |       |       | 81  | 48    |       |     |     |     |      |      |         |       |       |       |       |
| WBK35DFF-31               |                          |     |       |       | 96  | 48    |       |     |     |     |      |      |         |       |       |       |       |
| WBK40DF-31                | 40                       | 95  | 142   | 102   | 66  | 33    | 18    | 106 | 121 | 11  | 17,5 | 11,0 | 69      | 4     | 80    | M6    | 12    |
| WBK40DFD-31               |                          |     |       |       | 81  | 48    |       |     |     |     |      |      |         |       |       |       |       |
| WBK40DFF-31               |                          |     |       |       | 96  | 48    |       |     |     |     |      |      |         |       |       |       |       |

#### Anmerkungen: 1. Axiale Steifigkeit

Die in der obigen Tabelle aufgeführten Steifigkeitswerte beziehen sich nur auf die Einfederung der Kugeln und Laufbahnen.

#### 2. Anlaufreibmoment

Die in der obigen Tabelle aufgeführten Anlaufreibmomente beziehen sich nur auf die vorgespannten Lager und beinhalten nicht die Anlaufreibmomente, die auf die Dichtungen zurückzuführen sind.

#### 4. Toleranzen der Spindelenden

Für die zu lagernden Spindelenden wird die Einhaltung der Toleranzen der Genauigkeitsklasse h5 empfohlen.

## Bezeichnungssystem der Lagereinheiten

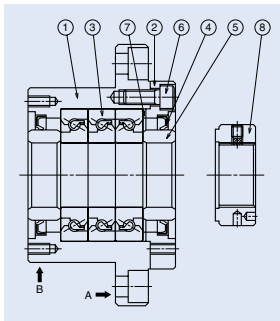
Bsp. einer Bezeichnung **WBK 30 DFD - 31**

Zeichen für Lagereinheit

Lagerbohrungsdurchmesser

Laufende Nummer

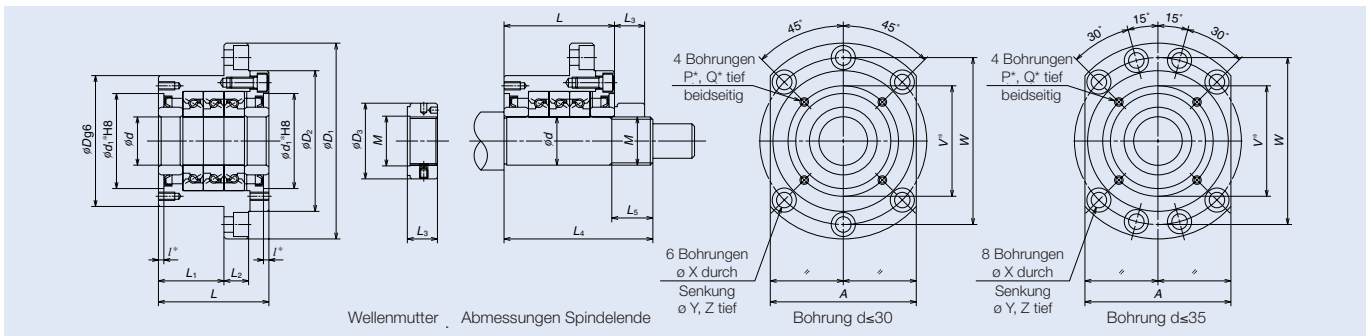
Lageranordnung  
 DF: Zweireihige X-Anordnung  
 DFD: Dreireihige X-Anordnung  
 DFF: Vierreihige X-Anordnung



Einzelteile einer Lagereinheit

| Teil | Bezeichnung      | Anzahl   |
|------|------------------|----------|
| ①    | Gehäuse          | 1        |
| ②    | Gehäusedeckel    | 1        |
| ③    | Schräggugellager | 1 Satz   |
| ④    | Staubdichtung    | 2        |
| ⑤    | Distanzhülse     | 2        |
| ⑥    | Flanschschraube  | 6 oder 8 |
| ⑦    | Distanzscheibe   | 1 Satz   |
| ⑧    | Wellenmutter     | 1        |

1. Beachten Sie die Kennzeichnung der Seitenflächen der Lagereinheiten A und B zur korrekten Montage am Maschinenbett.
  2. Zerlegen Sie die NSK-Lagereinheiten nicht. Die Vorspannung der Lager ist mit höchster Präzision eingestellt und die Einzelteile mit den Nummern ①, ②, ③, ④, ⑤ und ⑦ sind als zusammengehörige Einheit verbaut.
  3. Die Lager der Einheit sind befettet.
  4. Die Wellenmutter ⑧ ist speziell für die Anwendung konstruiert und gewährleistet eine exakt senkrechte Lage der Welle zur Lagereinheit, trotz der schiefen Steigung des Gewindes. Um ein Lösen der Wellenmutter zu verhindern, sichern Sie diese bitte mit kleinen Schrauben.
- Die Wellenmutter ist auch separat erhältlich. Axialschräggugellager für Kugelgewindetriebe finden Sie auf Seite 110.



| Einheit: mm                 |                     |             |                    |                       |              |       |       |                         |       |       |
|-----------------------------|---------------------|-------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| Dynamische Tragzahl (axial) | Zulässige Axiallast | Vorspannung | Axiale Steifigkeit | Anlaufreibungs-moment | Wellenmutter |       |       | Abmessungen Spindelende |       |       |
| $C_a$ (N)                   | (N)                 | (N)         | (N/μm)             | (N·cm)                | M            | $D_3$ | $L_3$ | d                       | $L_4$ | $L_5$ |
| 21 900                      | 26 600              | 2 150       | 750                | 14,0                  | M17×1        | 37    | 18    | 17                      | 81    | 23    |
| 21 900                      | 26 600              | 2 150       | 750                | 14,0                  | M20×1        | 40    | 18    | 20                      | 81    | 23    |
| 28 500                      | 40 500              | 3 150       | 1 000              | 23,0                  | M25×1.5      | 45    | 20    | 25                      | 89    | 26    |
| 46 500                      | 81 500              | 4 300       | 1 470              | 31,0                  |              |       |       |                         | 104   |       |
| 29 200                      | 43 000              | 3 350       | 1 030              | 24,0                  | M30×1.5      | 50    | 20    | 30                      | 89    | 26    |
| 47 500                      | 86 000              | 4 500       | 1 520              | 33,0                  |              |       |       |                         | 104   |       |
| 31 000                      | 50 000              | 3 800       | 1 180              | 28,0                  | M35×1.5      | 55    | 22    | 35                      | 92    | 30    |
| 50 500                      | 100 000             | 5 200       | 1 710              | 37,0                  |              |       |       |                         | 107   |       |
| 50 500                      | 100 000             | 7 650       | 2 350              | 55,0                  |              |       |       |                         | 122   |       |
| 31 500                      | 52 000              | 3 900       | 1 230              | 28,0                  | M40×1.5      | 60    | 22    | 40                      | 92    | 30    |
| 51 500                      | 104 000             | 5 300       | 1 810              | 38,0                  |              |       |       |                         | 107   |       |
| 51 500                      | 104 000             | 7 800       | 2 400              | 57,0                  |              |       |       |                         | 122   |       |

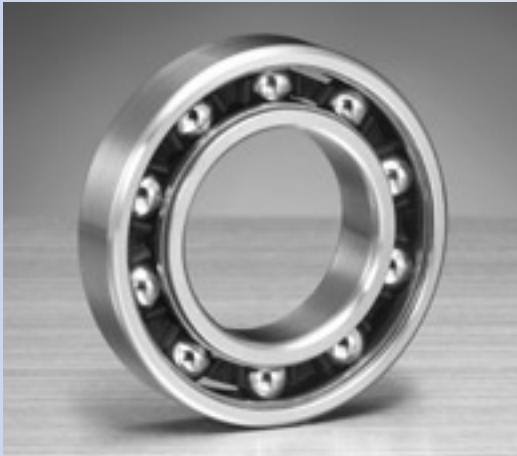
Anmerkungen: 5. Maße mit Sternchen (\*)

Die mit Sternchen markierten Maße beziehen sich auf Teile, die zum Einbau von Staubschutzeinrichtungen benutzt werden können.

### 6. Schmierung

Diese Lagereinheiten sind mit einer Fettfüllung versehen und erfordern keine Nachschmierung.

## 5. HOCHGENAUIGKEITS-RILLENKUGELLAGER



### Hochgenauigkeits-Rillenkugellager

Universalmotoren,  
Hochgeschwindigkeits-Spindelmotoren,  
Spindelmotoren für  
Holzbearbeitungsmaschinen



## Hochgenauigkeits-Rillenkugellager

Hochgenauigkeits-Rillenkugellager ..... 118–120

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Lagertabellen

Reihen 60, 62 und 63 (Polyamid-Käfige T1X und TYA)

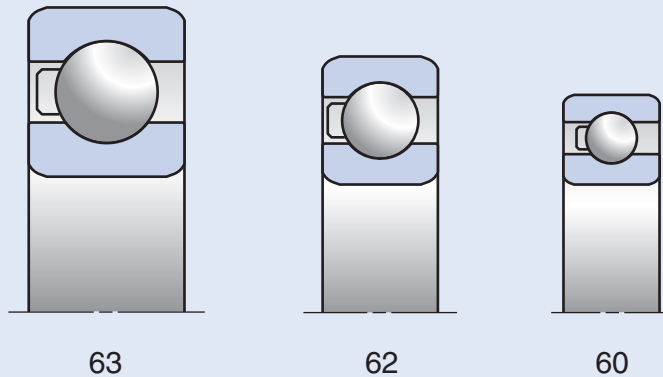
Reihen 60 und 62 (Hartgewebe-Käfige)

# 5. HOCHGENAUIGKEITS-RILLENKUGELLAGER

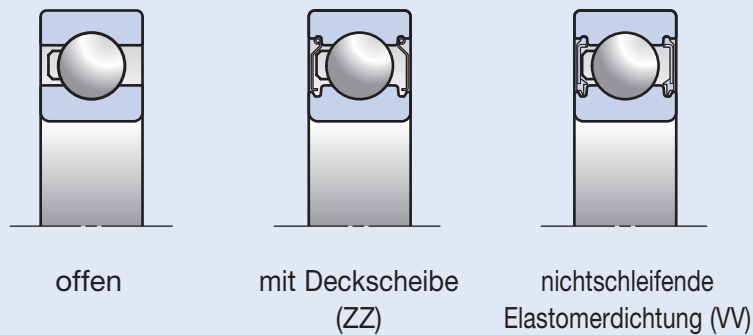
## Eigenschaften

- Für Radiallast und axiale Belastungen in beide Richtungen geeignet
- Geringes Reibmoment, hohe Drehzahleignung, vibrations- und geräuscharm
- Drei Ausführungen verfügbar: offen, mit Deckscheibe (Metall) oder mit Dichtscheibe (Elastomerdichtung)

## Maßreihen



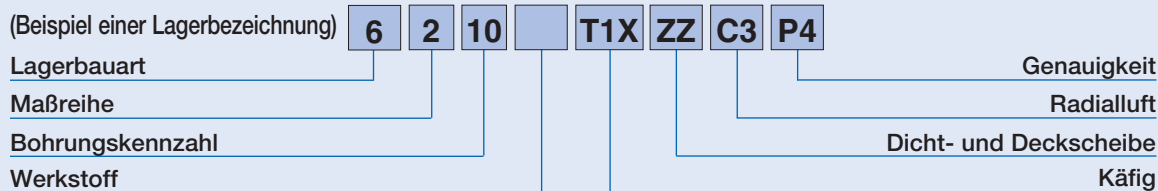
## Ausführungen



## Käfige

- T1X** Kugelgeführter Polyamidkäfig: äußerst verschleißfest für Universalmotoren
- TYA** Kugelgeführter Polyamidkäfig: Konstruktionsprinzip wie bei Hochgenauigkeits-Schräggugellagern, besonders für Hochgeschwindigkeitsmotoren geeignet
- T** Innenringgeführter Hartgewebekäfig

## Bezeichnungssystem für Hochgenauigkeits-Rillenkugellager



|            |                        |                                                                                                                                      | Seite   |
|------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>6</b>   | Lagerbauart            | Einreihiges Rillenkugellager                                                                                                         | 118     |
| <b>2</b>   | Maßreihe               | 0: Reihe 10, 2: Reihe 02, 3: Reihe 03                                                                                                | 118     |
| <b>10</b>  | Bohrungskennzahl       | 00 = 10 mm<br>01 = 12 mm<br>02 = 15 mm<br>03 = 17 mm<br>über 04: Bohrungsdurchmesser in mm = Bohrungskennzahl x 5                    | 120     |
|            | Werkstoff              | Ohne Kennzeichnung: Wälzlagerstahl (SUJ2) SN24: Kugeln aus Keramik ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )                                       | 14-17   |
| <b>T1X</b> | Käfig                  | T1X: kugelgeführter Polyamidkäfig<br>TYA: kugelgeführter Hochgeschwindigkeits-Polyamidkäfig<br>T: Innenringgeführter Hartgewebekäfig | 118     |
| <b>ZZ</b>  | Dicht- und Deckscheibe | Ohne Kennzeichnung: nicht abgedichtet ZZ: Metalldeckscheibe VV: nichtschleifende Elastomerdichtung                                   | 118     |
| <b>C3</b>  | Radialluft             | Ohne Kennzeichnung: Lagerluft Normal C3: Lagerluft größer als Normal CM: Sonderluft für Elektromotoren CG: Sonderradialluft          | –       |
| <b>P4</b>  | Genauigkeit            | P2: ISO-Klasse 2 P4: ISO-Klasse 4 P5: ISO-Klasse 5                                                                                   | 176-179 |

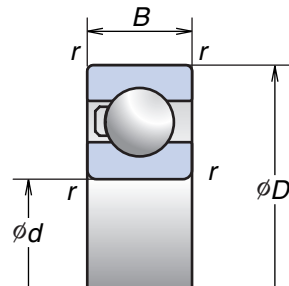
# 5. HOCHGENAUIGKEITS-RILLENKUGELLAGER

## Bauform T1X (Polyamidkäfig)

### Reihe 60, 62 und 63

Bohrungsdurchmesser 10 – 50 mm

offen      mit Deckscheibe      mit Dichtscheibe  
6000      ZZ      VV



| Kurzzeichen<br>( <sup>1)</sup> ) | Deckscheibe | Dichtscheibe | Hauptabmessungen<br>(mm) |    |    |     | Tragzahl<br>(kN)         |                            | Drehzahlgrenze ( <sup>2</sup> )<br>(min <sup>-1</sup> )<br>Fett |
|----------------------------------|-------------|--------------|--------------------------|----|----|-----|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                  |             |              | d                        | D  | B  | r   | C <sub>i</sub><br>(dyn.) | C <sub>0r</sub><br>(stat.) |                                                                 |
| 6000T1X                          | ZZ          | VV           | 10                       | 26 | 8  | 0,3 | 4,55                     | 1,87                       | 38 900                                                          |
| 6200T1X                          | ZZ          | VV           | 10                       | 30 | 9  | 0,6 | 5,10                     | 2,39                       | 35 000                                                          |
| 6001T1X                          | ZZ          | VV           | 12                       | 28 | 8  | 0,3 | 5,10                     | 2,37                       | 35 000                                                          |
| 6201T1X                          | ZZ          | VV           | 12                       | 32 | 10 | 0,6 | 6,80                     | 3,05                       | 31 900                                                          |
| 6301T1X                          | ZZ          | VV           | 12                       | 37 | 12 | 1,0 | 9,70                     | 4,20                       | 28 600                                                          |
| 6002T1X                          | ZZ          | VV           | 15                       | 32 | 9  | 0,3 | 5,60                     | 2,83                       | 29 800                                                          |
| 6202T1X                          | ZZ          | VV           | 15                       | 35 | 11 | 0,6 | 7,65                     | 3,75                       | 28 000                                                          |
| 6302T1X                          | ZZ          | VV           | 15                       | 42 | 13 | 1,0 | 11,40                    | 5,45                       | 24 600                                                          |
| 6003T1X                          | ZZ          | VV           | 17                       | 35 | 10 | 0,3 | 6,00                     | 3,25                       | 27 000                                                          |
| 6203T1X                          | ZZ          | VV           | 17                       | 40 | 12 | 0,6 | 9,55                     | 4,80                       | 24 600                                                          |
| 6303T1X                          | ZZ          | VV           | 17                       | 47 | 14 | 1,0 | 13,60                    | 6,65                       | 21 900                                                          |
| 6004T1X                          | ZZ          | VV           | 20                       | 42 | 12 | 0,6 | 9,40                     | 5,00                       | 22 600                                                          |
| 6204T1X                          | ZZ          | VV           | 20                       | 47 | 14 | 1,0 | 12,80                    | 6,60                       | 20 900                                                          |
| 6005T1X                          | ZZ          | VV           | 25                       | 47 | 12 | 0,6 | 10,10                    | 5,85                       | 19 500                                                          |
| 6205T1X                          | ZZ          | VV           | 25                       | 52 | 15 | 1,0 | 14,00                    | 7,85                       | 18 200                                                          |
| 6305T1X                          | ZZ          | VV           | 25                       | 62 | 17 | 1,5 | 20,60                    | 11,20                      | 16 100                                                          |
| 6006T1X                          | ZZ          | VV           | 30                       | 55 | 13 | 1,0 | 13,20                    | 8,30                       | 16 500                                                          |
| 6206T1X                          | ZZ          | VV           | 30                       | 62 | 16 | 1,0 | 19,50                    | 11,30                      | 15 300                                                          |
| 6306T1X                          | ZZ          | VV           | 30                       | 72 | 19 | 2,0 | 26,70                    | 14,10                      | 13 800                                                          |
| 6007T1X                          | ZZ          | VV           | 35                       | 62 | 14 | 1,0 | 16,00                    | 10,30                      | 14 500                                                          |
| 6207T1X                          | ZZ          | VV           | 35                       | 72 | 17 | 1,0 | 25,70                    | 15,30                      | 13 100                                                          |
| 6307T1X                          | ZZ          | VV           | 35                       | 80 | 21 | 2,5 | 33,50                    | 18,00                      | 12 200                                                          |
| 6008T1X                          | ZZ          | VV           | 40                       | 68 | 15 | 1,0 | 16,80                    | 11,50                      | 13 000                                                          |
| 6208T1X                          | ZZ          | VV           | 40                       | 80 | 18 | 1,0 | 29,10                    | 17,90                      | 11 700                                                          |
| 6308T1X                          | ZZ          | VV           | 40                       | 90 | 23 | 2,5 | 40,50                    | 22,60                      | 10 800                                                          |
| 6009T1X                          | ZZ          | VV           | 45                       | 75 | 16 | 1,0 | 20,90                    | 15,20                      | 11 700                                                          |
| 6209T1X                          | ZZ          | VV           | 45                       | 85 | 19 | 1,0 | 31,50                    | 20,40                      | 10 800                                                          |
| 6010T1X                          | ZZ          | VV           | 50                       | 80 | 16 | 1,0 | 21,80                    | 16,60                      | 10 800                                                          |

(<sup>1</sup>) Käfig TYA für Hochgeschwindigkeitsmotoren erhältlich. Bitte fragen Sie bei NSK nach.

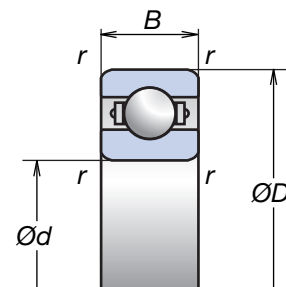
(<sup>2</sup>) Die Drehzahlgrenzen gelten für Käfig T1X.

Beim TYA-Käfig liegt die Drehzahlgrenze 15% höher.

# Bauform T (Hartgewebekäfig)

## Reihe 60 und 62

Bohrungsdurchmesser 20 – 120 mm



| Kurzzeichen | Hauptabmessungen (mm) |     |    |     | Tragzahl (kN)         |                         | Drehzahlgrenze (¹) (min-1) |        |
|-------------|-----------------------|-----|----|-----|-----------------------|-------------------------|----------------------------|--------|
|             | d                     | D   | B  | r   | C <sub>r</sub> (dyn.) | C <sub>0r</sub> (stat.) | Fett                       | Öl     |
| 6004T       | 20                    | 42  | 12 | 0,6 | 9,38                  | 5,03                    | 32 000                     | 48 000 |
| 6204T       | 20                    | 47  | 14 | 1,0 | 12,80                 | 6,58                    | 35 000                     | 44 000 |
| 6005T       | 25                    | 47  | 12 | 0,6 | 10,10                 | 5,85                    | 27 000                     | 45 200 |
| 6205T       | 25                    | 52  | 15 | 1,0 | 14,00                 | 7,83                    | 26 000                     | 42 800 |
| 6006T       | 30                    | 55  | 13 | 1,0 | 13,20                 | 8,27                    | 23 000                     | 40 000 |
| 6206T       | 30                    | 62  | 16 | 1,0 | 19,50                 | 11,30                   | 21 000                     | 37 300 |
| 6007T       | 35                    | 62  | 14 | 1,0 | 16,00                 | 10,30                   | 22 000                     | 35 800 |
| 6207T       | 35                    | 72  | 17 | 1,0 | 25,70                 | 15,30                   | 18 500                     | 32 700 |
| 6008T       | 40                    | 68  | 15 | 1,0 | 16,80                 | 11,50                   | 21 000                     | 32 400 |
| 6208T       | 40                    | 80  | 18 | 1,0 | 29,10                 | 17,90                   | 16 600                     | 26 700 |
| 6009T       | 45                    | 75  | 16 | 1,0 | 19,90                 | 14,00                   | 18 800                     | 29 000 |
| 6209T       | 45                    | 85  | 19 | 1,0 | 32,70                 | 20,40                   | 15 300                     | 26 000 |
| 6010T       | 50                    | 80  | 16 | 1,0 | 20,80                 | 15,40                   | 17 300                     | 26 700 |
| 6210T       | 50                    | 90  | 20 | 1,0 | 35,10                 | 23,20                   | 14 300                     | 24 200 |
| 6011T       | 55                    | 90  | 18 | 1,0 | 28,30                 | 21,20                   | 16 700                     | 23 800 |
| 6211T       | 55                    | 100 | 21 | 1,5 | 43,40                 | 29,20                   | 12 000                     | 21 900 |
| 6012T       | 60                    | 95  | 18 | 1,0 | 29,40                 | 23,20                   | 15 700                     | 21 900 |
| 6212T       | 60                    | 110 | 22 | 1,5 | 52,50                 | 36,00                   | 11 700                     | 19 700 |
| 6013T       | 65                    | 100 | 18 | 1,0 | 29,20                 | 23,50                   | 13 300                     | 20 600 |
| 6213T       | 65                    | 120 | 23 | 1,5 | 57,50                 | 40,00                   | 10 800                     | 17 800 |
| 6014T       | 70                    | 110 | 20 | 1,0 | 38,10                 | 30,90                   | 11 900                     | 18 400 |
| 6214T       | 70                    | 125 | 24 | 1,5 | 62,00                 | 44,00                   | 10 200                     | 16 700 |
| 6015T       | 75                    | 115 | 20 | 1,0 | 37,80                 | 31,20                   | 11 100                     | 17 200 |
| 6215T       | 75                    | 130 | 25 | 1,5 | 66,00                 | 49,00                   | 10 100                     | 15 600 |
| 6016T       | 80                    | 125 | 22 | 1,0 | 47,60                 | 39,70                   | 10 200                     | 15 700 |
| 6216T       | 80                    | 140 | 26 | 2,0 | 72,50                 | 53,00                   | 9 200                      | 14 300 |
| 6017T       | 85                    | 130 | 22 | 1,0 | 47,50                 | 40,00                   | 9 500                      | 14 700 |
| 6217T       | 85                    | 150 | 28 | 2,0 | 84,00                 | 62,00                   | 8 500                      | 13 100 |
| 6018T       | 90                    | 140 | 24 | 1,5 | 58,20                 | 49,60                   | 8 700                      | 13 500 |
| 6019T       | 95                    | 145 | 24 | 1,5 | 58,00                 | 50,00                   | 8 100                      | 12 600 |
| 6020T       | 100                   | 150 | 24 | 1,5 | 60,00                 | 54,00                   | 7 800                      | 12 000 |
| 6022T       | 110                   | 170 | 28 | 2,0 | 85,00                 | 73,00                   | 6 500                      | 10 100 |
| 6024T       | 120                   | 180 | 28 | 2,0 | 88,00                 | 80,00                   | 6 100                      | 9 400  |

(¹) Drehzahlgrenzen siehe Seite 170

## 6. ZUBEHÖR



## Zubehör

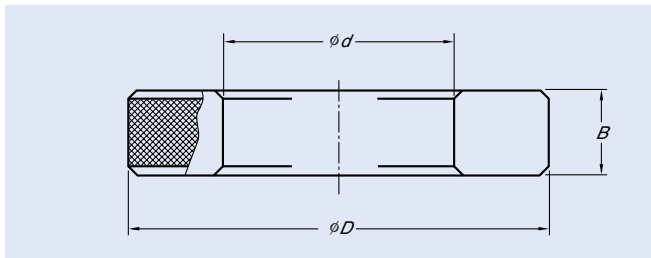
|                                            |         |
|--------------------------------------------|---------|
| Messgeräte und Lehren .....                | 124-127 |
| Maßringe GR                                |         |
| Eigenschaften                              |         |
| Bezeichnungssystem                         |         |
| Kegellehrringe GTR                         |         |
| Eigenschaften                              |         |
| Bezeichnungssystem                         |         |
| Hüllkreismessgeräte GN                     |         |
| Eigenschaften                              |         |
| Bezeichnungssystem                         |         |
| Bearing Monitor NB-4 .....                 | 128     |
| Induktives Anwärmgerät .....               | 129     |
| Fett-Nachschmiersystem .....               | 130-131 |
| Öl-Luft-Schmiersystem .....                | 132-133 |
| Abgedichtete Präzisionszwischenringe ..... | 134-135 |



# 6. ZUBEHÖR

## Maßringe der Reihe GR

### für die Kalibrierung von Bohrungsmessgeräten



Hochgenauigkeitslager können ihre volle Leistungsfähigkeit in der Werkzeugmaschinen-spindel nur erreichen, wenn die erforderlichen Bearbeitungstoleranzen von Welle und Gehäuse eingehalten werden.

Um dies zu erreichen, ist es erforderlich, Abmessungen von Wellendurchmesser und Gehäusebohrung genau zu messen.

NSK Maßringe der Reihe GR sind Referenzlehren für die Gehäusebohrung mit einer Genauigkeit von 0,001 mm.

#### Eigenschaften

- Die Ringkonstruktion ermöglicht eine exakte Einstellung des Bohrungsmessgeräts.
- Durch die große Ringstärke entstehen keine Verformungen durch die Messlast.
- Gehärtete Ringe garantieren die Maßhaltigkeit über einen langen Benutzungszeitraum.
- Eine genaue Einstellung des Messgeräts ist möglich, da die Abweichungen vom Nennmaß in Schritten von 1 µm in X- und Y-Richtung auf den Ringen vermerkt sind.

| Für Lager                |                |                         |                |                | Bezeichnung<br>des<br>Maßrings | Hauptabmessungen<br>(mm) |          |          | Gewicht<br>(kg)<br>(ca.) |
|--------------------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|
| 79<br>69<br>NN39<br>NN49 | BNR19<br>BER19 | 70<br>60<br>N10<br>NN30 | BNR10<br>BER10 | 72<br>62<br>N2 |                                | <i>d</i>                 | <i>D</i> | <i>B</i> |                          |
| —                        | —              | 00                      | —              | —              | GR 26                          | 26                       | 75       | 20       | 0,6                      |
| 02                       | —              | 01                      | —              | —              | GR 28                          | 28                       | 75       | 20       | 0,6                      |
| 03                       | —              | —                       | —              | 00             | GR 30                          | 30                       | 80       | 20       | 0,7                      |
| —                        | —              | 02                      | —              | 01             | GR 32                          | 32                       | 80       | 20       | 0,7                      |
| —                        | —              | 03                      | —              | 02             | GR 35                          | 35                       | 85       | 20       | 0,7                      |
| 04                       | —              | —                       | —              | —              | GR 37                          | 37                       | 85       | 20       | 0,7                      |
| —                        | —              | —                       | —              | 03             | GR 40                          | 40                       | 90       | 20       | 0,8                      |
| 05                       | —              | 04                      | —              | —              | GR 42                          | 42                       | 95       | 20       | 0,9                      |
| 06                       | —              | 05                      | —              | 04             | GR 47                          | 47                       | 95       | 20       | 0,8                      |
| 07                       | —              | —                       | —              | 05             | GR 52                          | 52                       | 100      | 20       | 0,9                      |
| —                        | —              | 06                      | 30             | —              | GR 55                          | 55                       | 100      | 20       | 0,9                      |
| 08                       | —              | 07                      | 35             | 06             | GR 62                          | 62                       | 100      | 20       | 0,8                      |
| 09                       | —              | 08                      | 40             | —              | GR 68                          | 68                       | 110      | 20       | 0,9                      |
| 10                       | 50             | —                       | —              | 07             | GR 72                          | 72                       | 115      | 20       | 1,0                      |
| —                        | —              | 09                      | 45             | —              | GR 75                          | 75                       | 115      | 20       | 0,9                      |
| 11                       | 55             | 10                      | 50             | 08             | GR 80                          | 80                       | 120      | 25       | 1,2                      |
| 12                       | 60             | —                       | —              | 09             | GR 85                          | 85                       | 130      | 25       | 1,5                      |
| 13                       | 65             | 11                      | 55             | 10             | GR 90                          | 90                       | 135      | 25       | 1,5                      |
| —                        | —              | 12                      | 60             | —              | GR 95                          | 95                       | 140      | 25       | 1,6                      |
| 14                       | 70             | 13                      | 65             | 11             | GR 100                         | 100                      | 145      | 25       | 1,7                      |
| 15                       | 75             | —                       | —              | —              | GR 105                         | 105                      | 150      | 25       | 1,8                      |
| 16                       | 80             | 14                      | 70             | 12             | GR 110                         | 110                      | 160      | 25       | 2,1                      |
| —                        | —              | 15                      | 75             | —              | GR 115                         | 115                      | 165      | 25       | 2,1                      |
| 17                       | 85             | —                       | —              | 13             | GR 120                         | 120                      | 170      | 25       | 2,2                      |
| 18                       | 90             | 16                      | 80             | 14             | GR 125                         | 125                      | 175      | 25       | 2,3                      |
| 19                       | 95             | 17                      | 85             | 15             | GR 130                         | 130                      | 180      | 25       | 2,4                      |
| 20                       | 100            | 18                      | 90             | 16             | GR 140                         | 140                      | 190      | 25       | 2,5                      |
| 21                       | 105            | 19                      | 95             | —              | GR 145                         | 145                      | 200      | 30       | 3,5                      |
| 22                       | 110            | 20                      | 100            | 17             | GR 150                         | 150                      | 205      | 30       | 3,6                      |
| —                        | —              | 21                      | 105            | 18             | GR 160                         | 160                      | 215      | 30       | 3,8                      |
| 24                       | 120            | —                       | —              | —              | GR 165                         | 165                      | 220      | 30       | 3,9                      |
| —                        | —              | 22                      | 110            | 19             | GR 170                         | 170                      | 225      | 30       | 4,0                      |
| 26                       | 130            | 24                      | 120            | 20             | GR 180                         | 180                      | 230      | 30       | 3,8                      |
| 28                       | 140            | —                       | —              | 21             | GR 190                         | 190                      | 240      | 30       | 4,0                      |
| —                        | —              | 26                      | 130            | 22             | GR 200                         | 200                      | 250      | 30       | 4,1                      |

# Kegellehrringe der Reihe GTR30

## Prüfmittel zur Kontrolle kegelliger Wellensitze



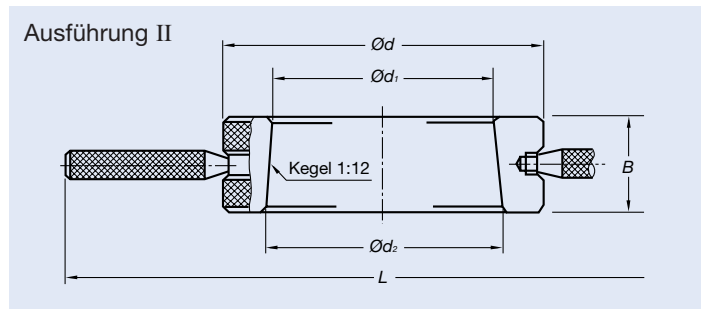
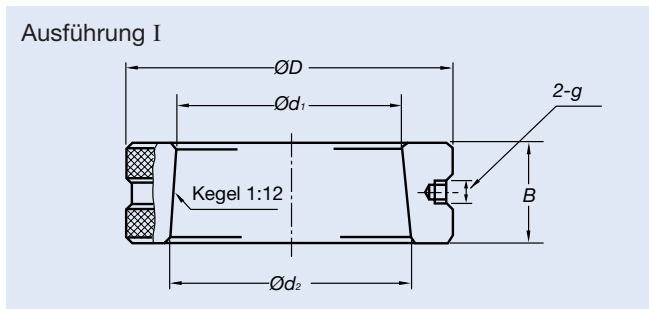
NN30XXKR bezeichnet zweireihige Zylinderrollenlager mit kegelliger Bohrung. Sie weisen eine hohe Steifigkeit auf und sind für hohe Drehzahlen geeignet. Deshalb werden sie häufig in Werkzeugmaschinen eingesetzt.

Dabei muss der Kegel der Lagerbohrung genau mit dem der Spindel übereinstimmen. Die Kegeligkeit der Lagerbohrung (1 : 12) wird in einem engen Toleranzbereich (KR) gefertigt und genau überprüft. Die Bohrung der Kegellehrringe GTR30 wird mit großer Genauigkeit auf dieselbe Kegelsteigung wie die der Lager gefertigt.

Wenn die Kegelfläche einer Spindel genau nach der Kegellehre bearbeitet wird, sitzt das Lager perfekt auf der Welle.

### Eigenschaften

- Durch die große Ringstärke entstehen keine Verformungen durch die Messlast.
- Gehärtete Ringe garantieren die Maßhaltigkeit über einen langen Benutzungszeitraum.

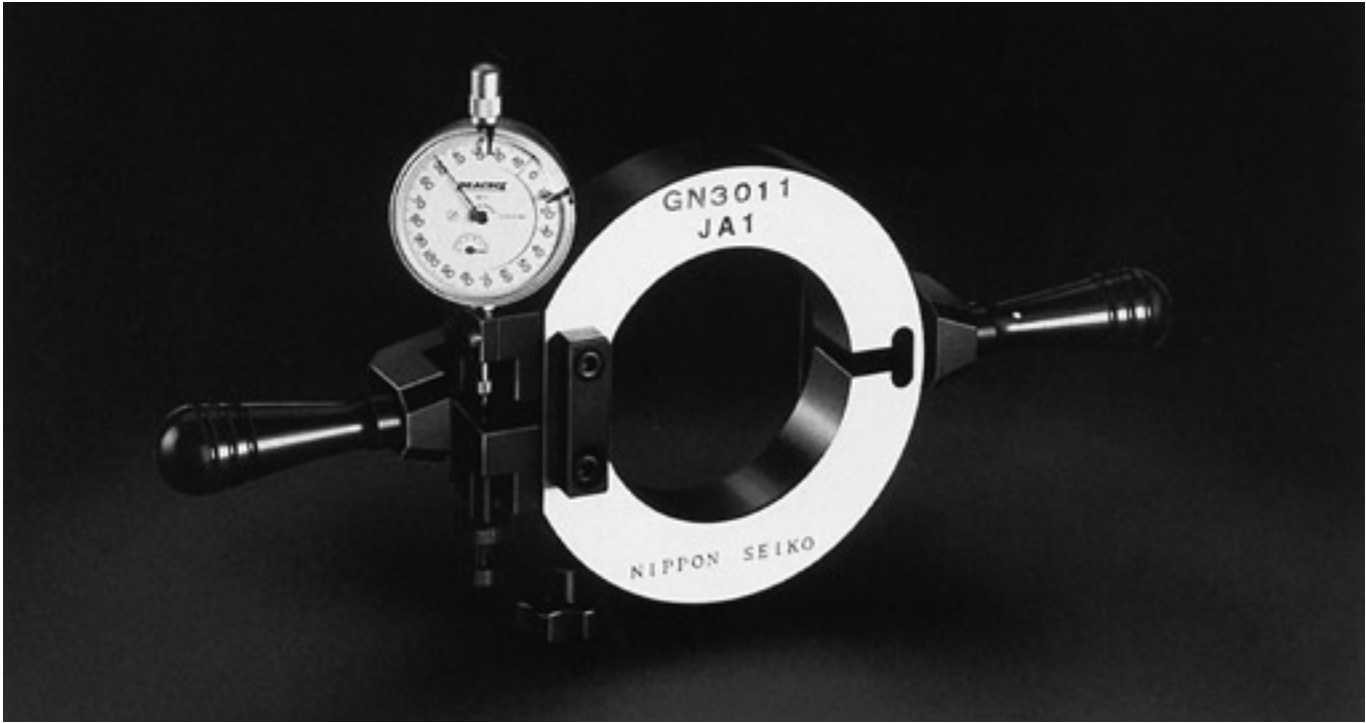


| Für Lager | Bezeichnung der Ringlehre | Ausführung | Hauptabmessungen (mm) |         |     |     |     |          | Gewicht (kg) (ca.) |
|-----------|---------------------------|------------|-----------------------|---------|-----|-----|-----|----------|--------------------|
|           |                           |            | $d_1$                 | $d_2$   | $D$ | $B$ | $L$ | $g$      |                    |
| NN3006KR  | GTR3006                   | I          | 30                    | 31,583  | 70  | 19  | —   | M3 × 0,5 | 0,5                |
| NN3007KR  | GTR3007                   | I          | 35                    | 36,667  | 75  | 20  | —   | M3 × 0,5 | 0,5                |
| NN3008KR  | GTR3008                   | I          | 40                    | 41,750  | 80  | 21  | —   | M3 × 0,5 | 0,6                |
| NN3009KR  | GTR3009                   | I          | 45                    | 46,917  | 85  | 23  | —   | M5 × 0,8 | 0,7                |
| NN3010KR  | GTR3010                   | I          | 50                    | 51,917  | 90  | 23  | —   | M5 × 0,8 | 0,8                |
| NN3011KR  | GTR3011                   | I          | 55                    | 57,167  | 95  | 26  | —   | M5 × 0,8 | 0,9                |
| NN3012KR  | GTR3012                   | I          | 60                    | 62,167  | 100 | 26  | —   | M5 × 0,8 | 1,0                |
| NN3013KR  | GTR3013                   | I          | 65                    | 67,167  | 105 | 26  | —   | M5 × 0,8 | 1,0                |
| NN3014KR  | GTR3014                   | I          | 70                    | 72,500  | 110 | 30  | —   | M5 × 0,8 | 1,3                |
| NN3015KR  | GTR3015                   | I          | 75                    | 77,500  | 115 | 30  | —   | M5 × 0,8 | 1,3                |
| NN3016KR  | GTR3016                   | I          | 80                    | 82,833  | 125 | 34  | —   | M5 × 0,8 | 1,8                |
| NN3017KR  | GTR3017                   | I          | 85                    | 87,833  | 130 | 34  | —   | M5 × 0,8 | 1,9                |
| NN3018KR  | GTR3018                   | II         | 90                    | 93,083  | 140 | 37  | 358 | —        | 2,5                |
| NN3019KR  | GTR3019                   | II         | 95                    | 98,083  | 145 | 37  | 363 | —        | 2,6                |
| NN3020KR  | GTR3020                   | II         | 100                   | 103,083 | 150 | 37  | 368 | —        | 2,7                |
| NN3021KR  | GTR3021                   | II         | 105                   | 108,417 | 160 | 41  | 376 | —        | 3,5                |
| NN3022KR  | GTR3022                   | II         | 110                   | 113,750 | 165 | 45  | 381 | —        | 4,0                |
| NN3024KR  | GTR3024                   | II         | 120                   | 123,833 | 170 | 46  | 386 | —        | 3,9                |
| NN3026KR  | GTR3026                   | II         | 130                   | 134,333 | 180 | 52  | 396 | —        | 4,6                |
| NN3028KR  | GTR3028                   | II         | 140                   | 144,417 | 190 | 53  | 406 | —        | 5,0                |
| NN3030KR  | GTR3030                   | II         | 150                   | 154,667 | 210 | 56  | 426 | —        | 7,0                |
| NN3032KR  | GTR3032                   | II         | 160                   | 165,000 | 220 | 60  | 436 | —        | 7,8                |

## 6. ZUBEHÖR

### Hüllkreismessgeräte der Reihe GN30

Mit Hüllkreismessgeräten wird die verbleibende Radialluft in zweireihigen Kegelrollenlagern (NN30XX) vermessen.



Beim Einbau eines zweireihigen Zylinderrollenlagers mit kegeliger Bohrung muss die Kegelsteigung von Welle und Lagerbohrung genau übereinstimmen. Außerdem muss die erforderliche Lagerluft nach der Montage genau eingestellt werden.

Bei zu großer Radialluft des Lagers hat die Hauptspindel Spiel, dies wirkt sich negativ auf ihre Bearbeitungs- genaugkeit aus. Bei zu geringer Lagerluft ist nur ein geringer Anstieg der Steifigkeit zu erwarten. Die Lagertemperatur steigt jedoch stark an, die Ermüdungslebensdauer wird erheblich verkürzt (siehe Seite 155).

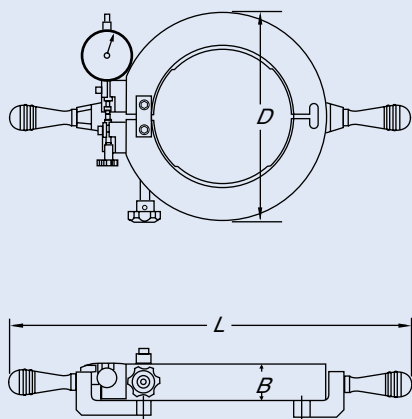
Im Werkzeugmaschinenbau werden immer höhere Geschwindigkeiten und größere Genauigkeiten gefordert, daher muss auch die Lagerluft nach dem Einbau genau eingestellt werden. Früher war das Messen der Lagerluft sehr aufwändig.

Mit den Hüllkreismessgeräten der Reihe GN lässt sich die Radialluft in zweireihigen Zylinderrollenlagern einfach und genau bestimmen. Die Lagermontage wird dadurch deutlich sicherer und einfacher. Bei der Verwendung von GN- Hüllkreismessgeräten ist gleichzeitig ein Maßring für die Bohrung erforderlich.

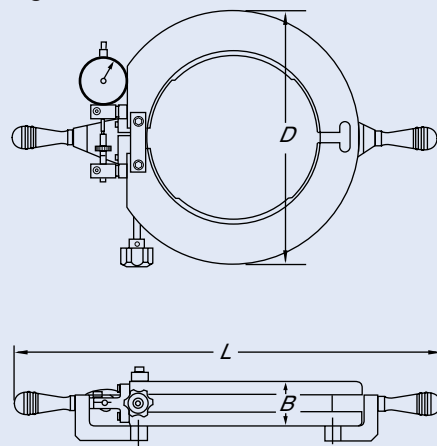
#### Eigenschaften

- Einfach, zuverlässig und genau in der Messung
- Es sind keine komplizierten Berechnungen von Korrekturen anhand der Überdeckung zwischen Gehäuse und Außenring mehr notwendig.
- Messung von Lagerluft oder Vorspannung ist möglich.
- Es sind sehr genaue Messungen möglich, weil alle GN-Hüllkreismessgeräte auf die jeweilige Messlast kalibriert sind.

Ausführung I



Ausföhrung II



| Für Lager | Bezeichnung des Hüllkreismessgeräts | Ausföhrung | Hauptabmessungen (mm) |     |     | Gewicht (kg) (ca.) |
|-----------|-------------------------------------|------------|-----------------------|-----|-----|--------------------|
|           |                                     |            | $D$                   | $B$ | $L$ |                    |
| NN3007    | GN3007                              | I          | 102                   | 23  | 292 | 1,3                |
| NN3008    | GN3008                              | I          | 108                   | 23  | 297 | 1,4                |
| NN3009    | GN3009                              | I          | 115                   | 23  | 305 | 1,5                |
| NN3010    | GN3010                              | I          | 120                   | 23  | 310 | 1,6                |
| NN3011    | GN3011                              | I          | 131                   | 26  | 324 | 2,1                |
| NN3012    | GN3012                              | I          | 138                   | 26  | 329 | 2,2                |
| NN3013    | GN3013                              | I          | 145                   | 26  | 335 | 2,4                |
| NN3014    | GN3014                              | I          | 156                   | 30  | 347 | 3,0                |
| NN3015    | GN3015                              | I          | 162                   | 30  | 353 | 3,1                |
| NN3016    | GN3016                              | I          | 175                   | 33  | 374 | 4,2                |
| NN3017    | GN3017                              | I          | 185                   | 33  | 381 | 4,3                |
| NN3018    | GN3018                              | I          | 195                   | 35  | 393 | 5,2                |
| NN3019    | GN3019                              | I          | 204                   | 35  | 399 | 5,6                |
| NN3020    | GN3020                              | I          | 210                   | 35  | 411 | 6,1                |
| NN3021    | GN3021                              | I          | 224                   | 39  | 419 | 7,1                |
| NN3022    | GN3022                              | I          | 233                   | 44  | 433 | 8,5                |
| NN3024    | GN3024                              | II         | 254                   | 44  | 470 | 7,5                |
| NN3026    | GN3026                              | II         | 280                   | 50  | 492 | 9,5                |
| NN3028    | GN3028                              | II         | 289                   | 50  | 500 | 9,5                |
| NN3030    | GN3030                              | II         | 314                   | 54  | 520 | 12,0               |
| NN3032    | GN3032                              | II         | 329                   | 54  | 540 | 13,0               |

# 6. ZUBEHÖR

## Bearing Monitor NB-4



Durch Mikroelektronik hat der NB-4 Bearing Monitor (ein Vibrationsmessgerät) eine praktische, handliche Größe. Seine hohe Empfindlichkeit und zahlreichen Funktionen erlauben eine schnelle und zuverlässige Erkennung ungewöhnlicher, abnormaler Schwingungen in Wälzlager oder Maschinen und weisen so auf mögliche Schäden hin.

### Merkmale

- Schwingungen können gemessen, aufgezeichnet und als Frequenzkurven angezeigt werden (von einem PC o.ä. Gerät).
- Dank der Hüllkurvenfunktion des NB-4 lassen sich Beschädigungen der Laufbahn des Wälzlagers erkennen.

### NB-4 Gehäuse

**Warnlicht**  
LED blinkt, wenn ein Lagerfehler vorliegt.

**Funktionsschalter**  
Zur Auswahl von Schwingweg, Geschwindigkeit oder Beschleunigung.

**Betriebswahlschalter**  
Zur Auswahl des effektiven Mittelwerts oder Spitzenwert-Anzeige und Ausgangssignalen.

**Empfindlichkeitsschalter**  
Zur Auswahl einer hohen oder niedrigen Empfindlichkeit oder zum Ausschalten.



**Spiralkabel**  
Der Schwingungsaufnehmer kann entweder direkt oder über ein dehnbares Kabel angeschlossen werden.



Spiralkabel  
angeschlossen  
an Handsonde

Optional  
Anschluß mittels Magnet oder Befestigungsschraube (wasserdicht)

### Sondenartige Aufnahme

**Flüssigkristalldisplay**  
Schwingungsdaten werden angezeigt. Auch eine zu geringe Batteriespannung, ein zu starkes Eingangssignal und die jeweils gewählte Betriebsart werden angezeigt.

**Halte-Taste**  
Die angezeigten Schwingungsdaten (LCD) werden konstant angezeigt.

**Kopfhörer-Ausgang**  
Das Schwingungsgeräusch kann mithilfe von Kopfhörern (Lautstärkesteuerung) gehört werden.

**Messwertausgang**  
Für die Anzeige der Frequenz- oder Hüllkurven.



**Hand-Schwingungsaufnehmer**  
Die hohe Empfindlichkeit ermöglicht eine frühzeitige Erkennung von Schäden im Wälzlager oder anderen Maschinenteilen.



NB-4 Hauptkörper  
angeschlossen an  
Schwingungsauf-  
nahme

# Wälzlageranwärmgerät



Ein Lageranwärmgerät dient der schnellen und gleichmäßigen Erwärmung eines Wälzlagers zur sauberen Montage auf eine Spindel ohne Öl.

Ein Lageranwärmgerät kann nicht nur zum Erwärmen von Wälzlagern sondern auch für ringförmige Metalleile wie Zahnräder eingesetzt werden.

## Merkmale

- Schnelle und gleichmäßige Erwärmung
- Kein Öl erforderlich, für befettete Lager geeignet
- Geeignet für Wälzlager mit Schrumpfsitz und Metallringe

## Benutzerfreundliche Bedientafel

In Verbindung mit einem kleinen, empfindlichen Temperaturfühler zeigt das Anwärmgerät auf einem digitalen Display in Echtzeit unabhängig von der Erwärmungsgeschwindigkeit und dem Meßbereich genaue Temperaturdaten an.

Das Anwärmgerät lässt sich per Knopfdruck an- und ausschalten.

Der Timer kann auf bis zu 100 Minuten eingestellt werden.

\*Externe Eingangs-/Ausgangsklemmen zur Online-Fernsteuerung werden standardmäßig mitgeliefert. Somit ist auch eine Automatisierung in der Fertigung möglich.

## Hoher Sicherheitsstandard

Das Anwärmgerät stellt sich automatisch aus, bei Betrieb ohne Einstellung des Temperaturfühlers oder bei einem Ausfall des Geräts.

## Für verschiedene Bohrungsgrößen geeignet

Durch Auswahl eines passenden I-Kerns kann das Anwärmgerät an die verschiedenen Lagerbohrungen angepasst werden.

## Automatisches Erwärmen unter optimalen Bedingungen

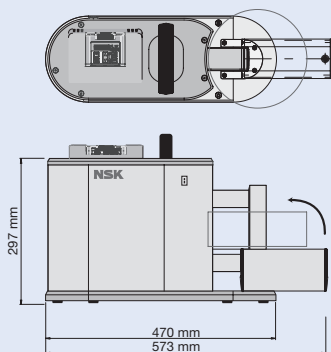
Die elektrischen Eigenschaften hängen vom jeweiligen Lagertyp und I-Kern ab. Das Anwärmgerät erkennt diese Änderungen automatisch und gibt immer optimale Wärme ab.

Da sich die Abgabe in 10%-Schritten von 50% bis 100% einstellen lässt, ist das Anwärmgerät ideal für empfindliche Wälzlager, die eine vorsichtige Erwärmung benötigen.



## Angaben zu der Abmessung

### 0110/0120

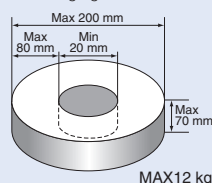


Typ/Kapazität Stromspannung

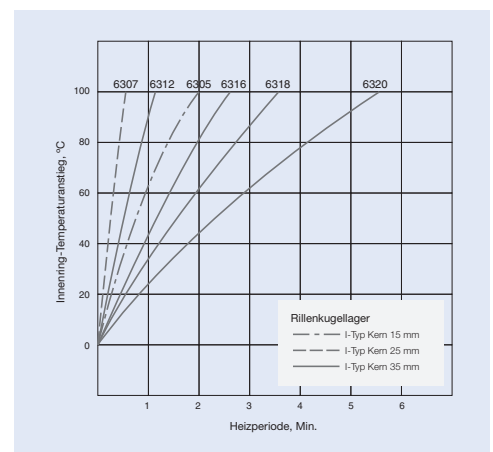
**0110** 100 V 1ø  
1KVA Üblich für 50/60 Hz

**0120** 200 V 1ø  
1KVA Üblich für 50/60 Hz

Passende Lagergrößen



## Heizleistungskurve (Beispiel)





# 6. ZUBEHÖR

## Fett-Nachschmiersystem FINE-LUB II



Bis vor Kurzem wurden Hochgeschwindigkeitsspindeln per Ölluft- oder Ölnebelschmierung geschmiert. Das derzeitige Bestreben nach umweltfreundlichen Technologien hat ein neues System erforderlich gemacht, das die Belastung durch Geräusch und Ölnebel reduziert und so zu einer sauberen Arbeitsumgebung und zum Energiesparen beiträgt. Um auf diese Anforderung einzugehen, hat NSK FINE-LUB II entwickelt, das erste Fettnachschmiersystem der Welt für Werkzeugmaschinen - Hochgeschwindigkeitsspindeln.

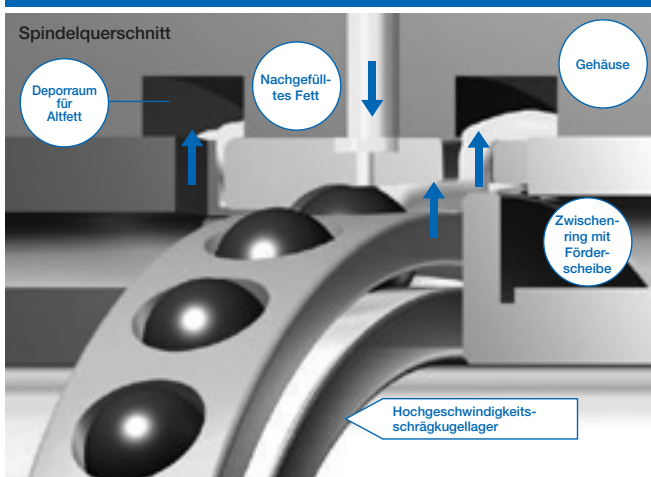
FINE-LUB II führt den Hochgeschwindigkeitslagern regelmäßig eine geringe Menge Fett zu und transportiert das Altfett über entsprechend ausgeführten Zwischenringen in Depoträume im Spindelgehäuse. Diese Technologie bietet das weltweit erste Fettschmiersystem für die Hochgeschwindigkeitsspindeln von Werkzeugmaschinen und verlängert gleichzeitig die Betriebsdauer der Maschinen. Dieses völlig neuartige Produkt revolutioniert das Konzept der Fettschmierung. FINE-LUB II bahnt den Weg zu einer neuen Art der Fettschmierung - schneller, genauer und bequemer.

### Merkmale

#### Längere Fettgebrauchsdauer

Bei einer konstanten Drehzahl mit einem Drehzahlkennwert von  $n \times d_m = 1,8 \text{ Mio}$  (Werkzeug - BT 40 / HSK 63 bei  $n = 20.000 \text{ min}^{-1}$ ) beträgt die Fettgebrauchsdauer nur mehrere hundert Stunden. FINE-LUB II wurde so konzipiert, dass stets die ideale Menge Fett für die jeweilige Drehzahl und Lagergröße abgegeben wird, um einen Ausfall zu vermeiden. Dadurch werden über 10 000 Stunden wartungsfreier Betrieb garantiert.

#### Der Mechanismus der Fettnachschmierung



#### Regulierung der Fettmenge um ein Ansteigen der Lagertemperatur zu vermeiden

Wenn zu viel Fett in dem Wälzlager zugeführt wird, kann die Temperatur aufgrund der Walkwirkung ansteigen. Um dies zu verhindern, liefert FINE-LUB II eine eingebaute Vorrichtung, die dafür sorgt, dass genau die richtige Menge Fett abgelassen wird.



Speziell zum Fettnachschmieren ausgelegte Lagerbauform

#### ● Fettnachschmierverfahren

In regelmäßigen Abständen wird durch eine Schmierbohrung in der Nähe der Außenringbahn eine geringe Menge Fett in das drehende Wälzlager gegeben.

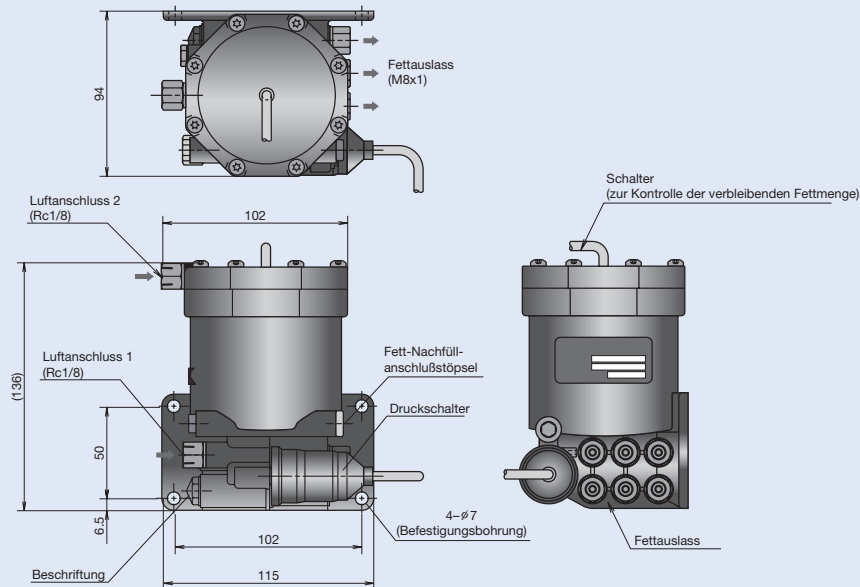
Das Fett wird in jeweils geringen Mengen zugeführt, damit die Lagertemperatur nicht ansteigt.

#### ● Fettabführung

Das verbrauchte Fett wird durch eine entsprechend geformte Förderscheibe an der Stirnseite des Wälzlagers in einen Depotraum gefördert, so dass es nicht wieder in das Wälzlager gelangen kann.



## Abmessungen



## Modellbezeichnung

**EGU** - **2P1** - **4P2**  
Zwei P1-Anschlüsse Vier P2-Anschlüsse

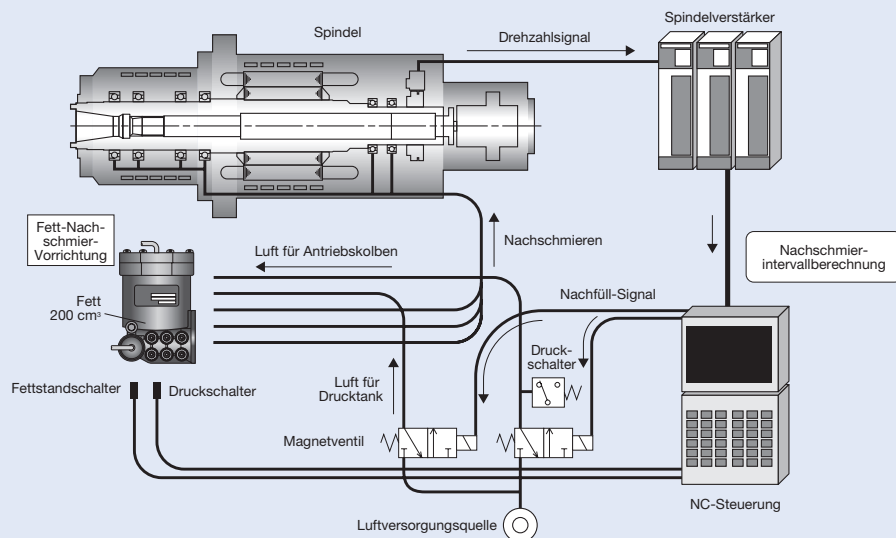
**EGU** - **6P1**  
Sechs P1-Anschlüsse

| Dosiermenge (cm³/Intervall) | Codenummer |
|-----------------------------|------------|
| 0.01                        | P1         |
| 0.02                        | P2         |

## Spezifikationen

| Artikel          | Spezifikation                                                                         |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Zufuhr-Luftdruck | 0,25 bis 0,4 MPa                                                                      |
| Dosiermenge      | 0,01 oder 0,02/Wälzlager in einer Reihe                                               |
| Tankkapazität    | 200 cm³                                                                               |
| Kontrollfunktion | Erkennung der verbleibenden Fettmenge, Druckerkennung (Überprüfung des Druckanstiegs) |
| Rohrlänge        | maximal 2,5 m                                                                         |
| Fetttyp          | MTE-Fett                                                                              |

## Systemschaubild



# 6. ZUBEHÖR

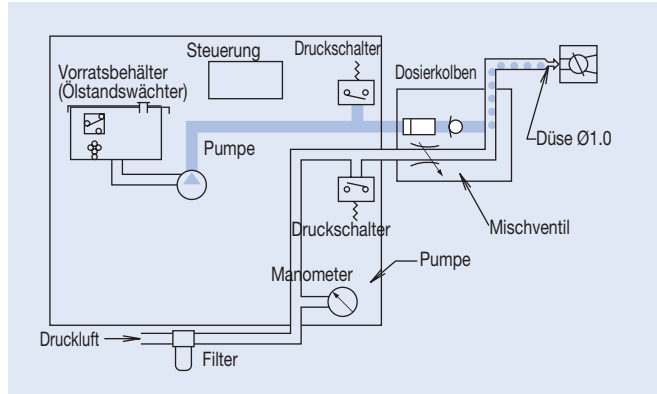
## ■ FINE-LUBE Öl-Luft-Schmiergeräte

### Eigenschaften

Bei den Werkzeugmaschinen steht die technische Entwicklung nicht still; insbesondere Motorspindeln werden mit immer höheren Drehzahlen betrieben. Parallel dazu werden Neuentwicklungen notwendig, um auch die Leistungsfähigkeit der Wälzlager und Schmier Systeme zu verbessern.

NSK hat viele Entwicklungen im Bereich der Luft-Öl-Schmierung und Ölzufuhranlagen vorangetrieben. 1984 wurde das FINE-LUBE Öl-Luft-Schmiergerät vorgestellt. Dank kontinuierlicher Weiterentwicklung und Auslegung für eine Vielzahl von Werkzeugmaschinen spindeln bewährt sich das Gerät wegen seiner ausgezeichneten Leistung und großen Zuverlässigkeit noch heute.

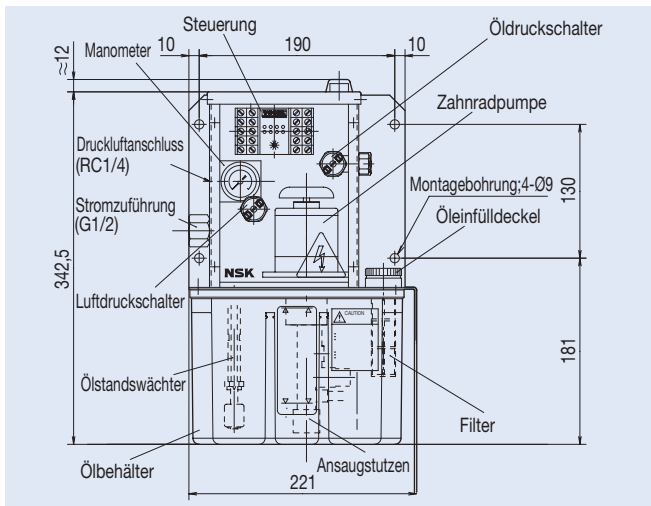
Das FINE-LUBE Öl-Luft-Schmiergerät ist führend im Bereich Öl-Luft-Schmierung. Die Systemlösung besteht aus einer Pumpe, dem Mischventil und einer Steuereinheit. Zusätzliche Sicherheitsvorrichtungen sorgen für Zuverlässigkeit im Betrieb.



### [Sicherheitshinweise]

- Nur saubere, trockene Druckluft mit einem Druck von 0,2 bis 0,4 MPa verwenden
- Frisches, sauberes Schmieröl einer Viskosität von ISO VG 10 oder höher verwenden. Bei verunreinigtem Schmieröl kann das Gerät beschädigt werden.
- Verwenden Sie für die Ölleitungen zwischen Pumpe und Mischventil entsprechende Qualitätsprodukte. Bitte fragen Sie bei NSK nach, wenn eine Ölleitung mit einer Länge von mehr als 5 Metern notwendig ist.
- Die Länge der Ölleitungen vom Mischventil zur Spindel sollte zwischen 1,5 bis 5 Meter betragen.

## ■ Pumpeneinheit OAEG



Bezeichnung  
OAEG (mit Steuereinheit)  
OAEG-N (ohne Steuereinheit)

- Schmierstoff: Spindel- und Turbinenöle
- Stromanschluss: 100 V
- Fassungsvermögen des Ölbehälters: 2,7 l
- Nutzbares Ölmenge: 1,7 l

### Eigenschaften

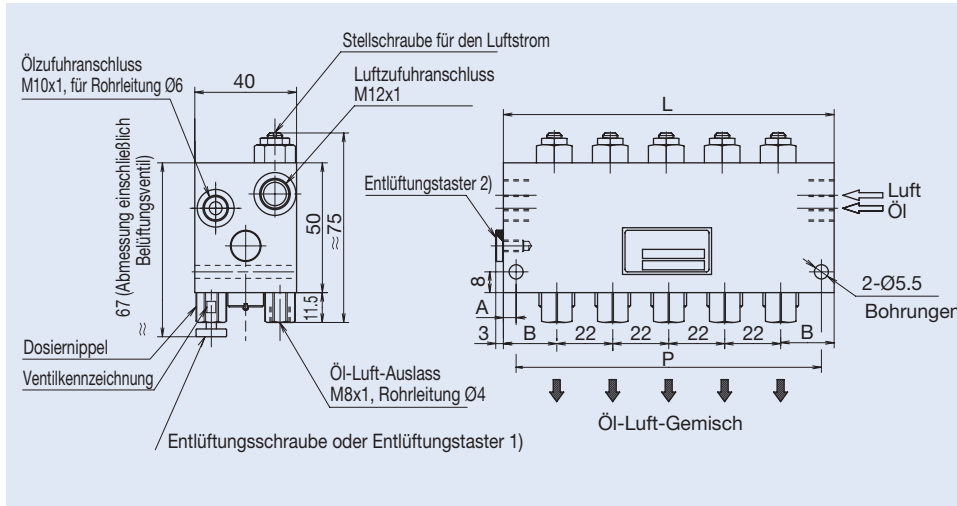
- Die Pumpenbaugruppe OAEG ist mit einer neuentwickelten Zahnradpumpe für niederviskoses Öl ausgerüstet. (Ölviskosität 10 bis 68 cSt)
- Mit einer speziellen Steuereinheit kann das Schmierintervall auf 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64 oder 128 Minuten eingestellt werden.
- Sicherheitsvorrichtungen:
  - ① Ölstandswächter
  - ② Alarm bei Unterbrechung der Stromversorgung
  - ③ Luftdruckschalter
  - ④ Öldruckschalter

- Bauteile der Pumpeneinheit: Steuereinheit, Luftdruckschalter, Öldruckschalter und Schwimmschalter

NSK bietet auch eine kostengünstigere Pumpeneinheit mit CE-Zeichen an.

Diese Pumpe kann über die Steuereinheit der NC-Werkzeugmaschine angesteuert werden.

## Mischventil MVF



### Eigenschaften

- Kolbensteuerung zur Abgabe kleiner, genau bemessener Ölmengen
- Ölmenge von 0,01 cm<sup>3</sup>; 0,03 cm<sup>3</sup> oder 0,06 cm<sup>3</sup> pro Hub wählbar
- Anzahl der Auslässe für das Öl-Luft-Gemisch und Durchflussmenge für die jeweilige Anwendung wählbar

| Bezeichnung | Anzahl der Ventile | L   | A    | P   | B    |
|-------------|--------------------|-----|------|-----|------|
| MVF1        | 1                  | 42  | 10,0 | 22  | 21,0 |
| MVF2        | 2                  | 64  | 9,5  | 45  | 21,0 |
| MVF3        | 3                  | 86  | 8,0  | 70  | 21,0 |
| MVF4        | 4                  | 108 | 6,5  | 95  | 21,0 |
| MVF5        | 5                  | 130 | 5,0  | 120 | 21,0 |
| MVF6        | 6                  | 155 | 5,0  | 145 | 22,5 |

### Anmerkungen

<sup>1)</sup> Für die Entlüftung bei einer Ölmenge 0,01 cm<sup>3</sup>/Hub die Entlüftungsschraube verwenden. Bei einer Ölmenge 0,03 oder 0,06 cm<sup>3</sup>/Hub sollte für die Entlüftung eine Entlüftungstaste anstelle der Entlüftungsschraube montiert werden.

<sup>2)</sup> Bei einer Ölmenge 0,03 oder 0,06 cm<sup>3</sup>/Hub sollte die Entlüftungstaste an dieser Stelle in Betrieb montiert werden.

| Abgabemenge (cm <sup>3</sup> /Hub) | Ventilkennzeichnung | Bezeichnung |
|------------------------------------|---------------------|-------------|
| 0,01                               | 1                   | P1          |
| 0,03                               | 3                   | P2          |
| 0,06                               | 6                   | P3          |

## Zubehör

### [Druckschalter]

#### OAG

- Warnt bei einem Anstieg des Luftdrucks und bei jeder Veränderung des Öldrucks (bei Gerät OAEg)



### [Öl-Luft-Sensor]

- Durch Überwachung des Ölflusses vom Dosierventil zum Lager wird die Betriebssicherheit verbessert.
- An bestehenden Systemen kann die Einheit nachträglich an den Ölleitungen angebracht werden.



### [Ölfilter]

#### OAV-02/03

- Entfernt kleinste Schmutzpartikel aus dem Öl
- Zwei Filtereinheiten verfügbar: 3 µm oder 20 µm



### [Entlüftungsventil]

#### OAV-01

- Ermöglicht einfaches Entlüften der Leitungen für Wartungsarbeiten



# 6. ZUBEHÖR

## Abgedichtete Präzisions-Zwischenringe für Werkzeugmaschinenspindeln



### Merkmale

Bisher wurden Labyrinthzwischenringe genutzt, um das Eindringen von Fremdkörpern in das Wälzlager in einer Spindel zu vermeiden. Durch das große Spiel zwischen Innen- und Außenring lässt sich das Eindringen von Fremdkörpern jedoch nicht vollständig vermeiden. NSK hat es geschafft, diese Lücke durch das Anbringen von Dichtungen an den Zwischenringen zu verkleinern. Die Doppelstruktur einer Labyrinthdichtung plus Dichtungsscheibe verbessern die Zuverlässigkeit des Zwischenrings.

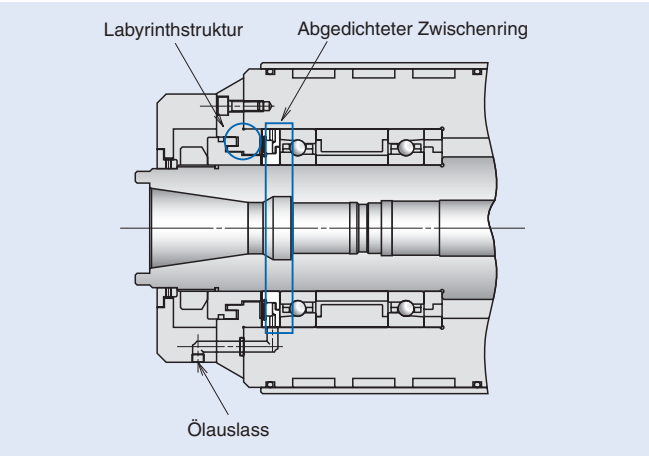
- Umweltfreundlich

Die angebrachten Dichtungen verhindern Fettaustritt

- Besonders zuverlässig

Für die Fettschmierung bietet die zweischichtige Struktur einer Labyrinthdichtung eine höhere Sicherheit gegen das Eindringen von Staub und Kühlflüssigkeit.

### Ausführungsbeispiel

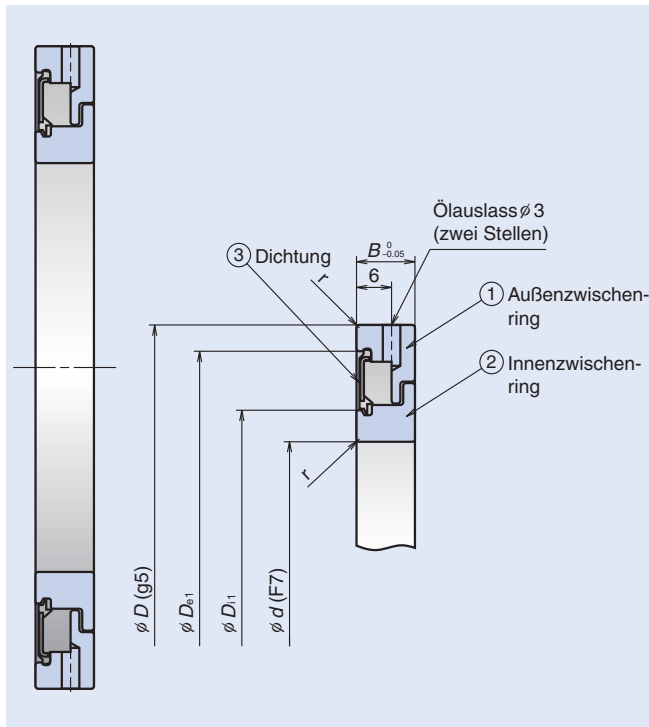


In dem Beispiel in der Abbildung links ist eine dreifache Dichtungsausführung zu sehen. Die Labyrinthdichtung besteht dabei aus dem Gehäusedeckel und dem Innenzwischenring als erster Dichtung, gefolgt von dem abgedichteten Präzisionszwischenring mit einer zusätzlichen integrierten Labyrinthdichtung.

### Abmessungen (Reihe 19)

| Bestellnummer | Bohrung $\varnothing d$<br>(mm) | Außendurchmesser $\varnothing D$<br>(mm) | Breite $B$<br>(mm) | $D_{i1}$<br>(mm) | $D_{e1}$<br>(mm) | Kantenkürzung $r$<br>(mm) |
|---------------|---------------------------------|------------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| X30-MTV19     | 30                              | 47                                       | 10                 | 34,3             | 43,0             | 0,3                       |
| X35-MTV19     | 35                              | 55                                       | 10                 | 39,2             | 50,5             | 0,6                       |
| X40-MTV19     | 40                              | 62                                       | 10                 | 46,4             | 58,0             | 0,6                       |
| X45-MTV19     | 45                              | 68                                       | 10                 | 50,0             | 63,5             | 0,6                       |
| X50-MTV19     | 50                              | 72                                       | 10                 | 55,2             | 67,4             | 0,6                       |
| X55-MTV19     | 55                              | 80                                       | 10                 | 61,7             | 74,6             | 1,0                       |
| X60-MTV19     | 60                              | 85                                       | 10                 | 66,0             | 80,0             | 1,0                       |
| X65-MTV19     | 65                              | 90                                       | 10                 | 71,7             | 84,0             | 1,0                       |
| X70-MTV19     | 70                              | 100                                      | 10                 | 77,5             | 93,0             | 1,0                       |
| X75-MTV19     | 75                              | 105                                      | 10                 | 82,2             | 98,5             | 1,0                       |
| X80-MTV19     | 80                              | 110                                      | 10                 | 87,5             | 103,0            | 1,0                       |
| X85-MTV19     | 85                              | 120                                      | 10                 | 94,8             | 111,6            | 1,1                       |
| X90-MTV19     | 90                              | 125                                      | 10                 | 98,8             | 118,0            | 1,1                       |
| X95-MTV19     | 95                              | 130                                      | 10                 | 103,8            | 122,8            | 1,1                       |
| X100-MTV19    | 100                             | 140                                      | 10                 | 111,0            | 131,0            | 1,1                       |

## Spezifikation



|                        |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| Material für Außenring | SUJ2                              |
| Material für Innenring | SUJ2                              |
| Dichtungsmaterial      | Nitrilkautschuk<br>Stahlarmierung |

Sicherheitshinweise zur Handhabung

Beachten Sie, dass Innen- und Außenzwischenring teilbar sind.

Die Gummidichtung darf bei der Handhabung nicht beschädigt oder entfernt werden.

Verwenden Sie Universallager (s. S. 150-151) mit abgedichteten Präzisionszwischenringen.

## Bezeichnung

Beispiel:

**X 65 - MTV 10**

Abmessungen

10: Reihe 10

19: Reihe 19

Symbol Zwischenring

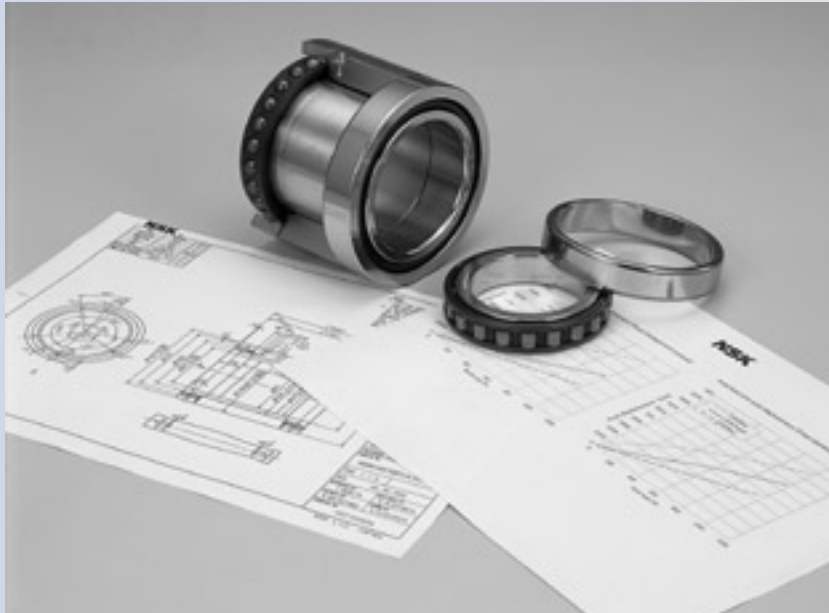
Nennmaß Bohrung

Symbol Typ

## Abmessungen (Reihe 10)

| Bestellnummer | Bohrung $\varnothing d$<br>(mm) | Außendurchmesser $\varnothing D$<br>(mm) | Breite $B$<br>(mm) | $D_{i1}$<br>(mm) | $D_{e1}$<br>(mm) | Kantenkürzung $r$<br>(mm) |
|---------------|---------------------------------|------------------------------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| X30-MTV10     | 30                              | 55                                       | 10                 | 36,8             | 49,2             | 0,5                       |
| X35-MTV10     | 35                              | 62                                       | 10                 | 41,6             | 56,0             | 0,5                       |
| X40-MTV10     | 40                              | 68                                       | 10                 | 47,5             | 62,0             | 0,5                       |
| X45-MTV10     | 45                              | 75                                       | 10                 | 53,5             | 69,0             | 0,5                       |
| X50-MTV10     | 50                              | 80                                       | 10                 | 58,5             | 74,0             | 0,5                       |
| X55-MTV10     | 55                              | 90                                       | 10                 | 64,4             | 82,0             | 0,5                       |
| X60-MTV10     | 60                              | 95                                       | 10                 | 69,4             | 87,0             | 0,5                       |
| X65-MTV10     | 65                              | 100                                      | 10                 | 73,0             | 92,0             | 0,5                       |
| X70-MTV10     | 70                              | 110                                      | 10                 | 80,8             | 101,0            | 0,5                       |
| X75-MTV10     | 75                              | 115                                      | 10                 | 85,8             | 106,0            | 0,5                       |
| X80-MTV10     | 80                              | 125                                      | 10                 | 91,4             | 114,6            | 0,5                       |
| X85-MTV10     | 85                              | 130                                      | 10                 | 96,4             | 119,6            | 0,5                       |
| X90-MTV10     | 90                              | 140                                      | 10                 | 103,0            | 127,8            | 0,8                       |
| X95-MTV10     | 95                              | 145                                      | 10                 | 108,5            | 134,5            | 0,8                       |
| X100-MTV10    | 100                             | 150                                      | 10                 | 112,5            | 137,8            | 0,8                       |

# TECHNISCHE INFORMATIONEN



|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Lebensdauer . . . . .                                          | 138 – 145 |
| Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt und nominelle Tragzahl        |           |
| Neue Lebensdauertheorie                                           |           |
| 2. Statische Tragzahl und statisch äquivalente Lagerbelastung . . | 146 – 147 |
| 3. Lagersätze von Schrägkugellagern . . . . .                     | 148 – 151 |
| Eigenschaften                                                     |           |
| Universalausführung                                               |           |
| 4. Vorspannung und Steifigkeit. . . . .                           | 152 – 169 |
| Arten von Vorspannung und Steifigkeit                             |           |
| Tabellen: Vorspannung und Steifigkeit                             |           |
| 5. Drehzahlgrenze . . . . .                                       | 170 – 171 |
| 6. Schmierung . . . . .                                           | 172 – 175 |
| 7. Toleranzen . . . . .                                           | 176 – 183 |
| Radiallager                                                       |           |
| Kegelige Bohrung                                                  |           |
| Axial-Schrägkugellager                                            |           |
| 8. Ausführung von Welle und Gehäuse . . . . .                     | 184 – 188 |
| Wellen- und Gehäusepassung                                        |           |
| Bearbeitungstoleranzen von Welle und Gehäuse                      |           |
| Anschlussmaße                                                     |           |
| Kantenabstände und -radien                                        |           |
| 9. Zwischenringe . . . . .                                        | 189 – 193 |
| Abmessungen der Zwischenringe                                     |           |
| Position der Schmierdüse                                          |           |



# 1. LEBENSDAUER

## Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt und Tragzahl

### Lagerlebensdauer

An Wälzlager werden entsprechend den Anwendungen unterschiedliche Anforderungen gestellt, die über die gesamte Laufzeit erfüllt werden sollen. Auch wenn die Lager richtig montiert und unter angemessenen Betriebsbedingungen laufen, ist irgendwann mit einem Lagerausfall durch Vibration, mangelnde Laufgenauigkeit, Schmierstoffausfall oder Beschädigung der Laufbahnen zu rechnen.

Die Lebensdauer kann generell als der Zeitraum bezeichnet werden, in dem das Lager den gestellten Anforderungen gerecht wird.

Somit kann die Lebensdauer eines Lagers nach dem Geräuschniveau, dem Verschleiß der Funktionsflächen, der Fettgebrauchsdauer oder der Ermüdungslebensdauer definiert werden.

Neben diesen normalen, zeitabhängigen Ausfallursachen können Lagerausfälle aber auch durch Heißlaufen, Bruch oder Fressen der Ringe, Verschleiß der Dichtungen oder durch andere Schadensursachen erfolgen. Diese Ausfälle werden als "nicht normale" Lagerausfälle bezeichnet, weil sie durch falsche Lagerauswahl, ungeeignete Konstruktionen oder Lagerumgebungen, Fehler bei der Lagermontage oder unzureichende Wartung verursacht werden.

### Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt und nominelle Lebensdauer

Wenn Wälzlager unter Last laufen, entstehen an den Laufbahnen und Wälzkörpern schwellende Spannungen. Wegen der Ermüdung des Werkstoffes treten an Laufbahnen und Wälzkörpern Abschälungen mit Grübchenbildung auf, die als "Pittings" bezeichnet werden.

Die Ermüdungslebensdauer wird durch die Anzahl der Umdrehungen, bis eine Grübchenbildung entsteht, dargestellt. Auch bei scheinbar gleichen Lagern, von der gleichen Lagertypen, gleichem Material, gleicher Wärmebehandlung und Bearbeitung schwankt die Ermüdungslebensdauer sehr stark unter den exakt gleichen Betriebsbedingungen. Dies entsteht dadurch, dass die Werkstoffermüdung von vielen Faktoren abhängig ist. Deshalb wird die Lebensdauer, die die Werkstoffermüdung zur Ursache hat, mit dem statistischen Mittel berechnet. Nehmen wir an, eine Anzahl von Lagern der gleichen Type läuft unter exakt den gleichen Betriebsbedingungen. Nach einer bestimmten Zeit sind 10% der Lager durch Ermüdungsschäden ausgefallen. Die Gesamtzahl der Umdrehungen zu diesem Zeitpunkt wird als Lebensdauer definiert. Bei konstanter Drehzahl wird die Lebensdauer auch häufig in Stunden angegeben, bis 10% der Lager durch

Pittings betriebsunfähig werden. Bei der Bestimmung der Lagerlebensdauer wird häufig nur die Ermüdungslebensdauer betrachtet. Es sind jedoch auch noch andere Faktoren zu berücksichtigen: Bei fettgeschmierten Lagern ist zum Beispiel die Fettgebrauchsdauer abzuschätzen. Seitdem Lagergeräusch und Verschleiß für bestimmte Anwendungen spezifiziert sind, müssen auch die entsprechenden Werte durch empirische Versuche ermittelt werden.

### Dynamische Tragzahl

Die dynamische Tragzahl ist die konstante Belastung eines Lagers mit drehendem Innenring, bei dem eine Lebensdauer von 1 Million Umdrehungen durch einen größeren Kollektiv mit 90%iger Wahrscheinlichkeit erreicht wird. Die dynamische Tragzahl ist bei Radiallagern eine zentrische, nach Größe und Richtung konstante Radiallast und bei den Axiallagern eine entsprechende Axiallast.

Die Tragzahlen sind als " $C_r$ " für Radiallager und als " $C_a$ " für Axiallager in den jeweiligen Maßtabellen aufgeführt.

### Nominelle Lebensdauer

Zwischen Lagerbelastung und Lebensdauer besteht folgender Zusammenhang:

Kugellager 
$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^3 \quad (10^6 \text{ Umdrehungen})$$

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

Rollenlager 
$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^{10/3} \quad (10^6 \text{ Umdrehungen})$$

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

mit  $L_{10}$ : Nominelle Lebensdauer (in  $10^6$  Umdrehungen oder Stunden)  
 $P$ : äquivalente Lagerbelastung (in N) (siehe Seite 139)  
 $C$ : Dynamische Tragzahl (in N) bei Radiallagern als  $C_r$ , für Axiallager als  $C_a$  angegeben  
 $n$ : Drehzahl (in  $\text{min}^{-1}$ )

Bei konstanter Drehzahl ist es üblich, die nominelle Lebensdauer in Stunden anzugeben.

## Dynamisch äquivalente Lagerbelastung

In manchen Fällen wirken auf ein Lager nur reine Axial- oder Radialkräfte ein. Meist jedoch liegen kombinierte Lasten vor, also Lasten, die sich aus axialen wie radialen Komponenten zusammensetzen. Zusätzlich sind bei solchen Belastungen meist auch noch Größe und Richtung veränderlich.

In solchen Fällen kann man die tatsächlich auf das Lager einwirkenden Kräfte nicht zur Berechnung der Lebensdauer heranziehen; sondern eine gedachte Belastung, die zentrisch, nach Größe und Richtung konstante Radialkraft auf das Lager wirkt, die aber vom Grad der Lagerbelastung der wirklichen Beanspruchung entspricht. Eine solche hypothetische Belastung wird als dynamisch äquivalente Belastung bezeichnet.

Mit der Annahme der Formelzeichen Radiallast =  $F_r$ , Axiallast =  $F_a$  und äquivalente Radialbelastung =  $P_r$  lässt sich folgende Näherungsformel für die Berechnung der äquivalenten Radiallast aus der Lagerbelastung festlegen:

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

mit  $\left. \begin{array}{l} X : \text{Radialfaktor des Lagers} \\ Y : \text{Axialfaktor des Lagers} \end{array} \right\} \text{ siehe Tabelle 1.1}$

Der Axialfaktor richtet sich nach dem Druckwinkel. Bei einreihigen Rillenkugellagern und Schrägkugellagern nimmt der Druckwinkel mit zunehmender Axiallast zu. Eine solche Veränderung des Druckwinkels lässt sich durch das Verhältnis von Axialbelastung  $F_a$  und statischer Tragzahl  $C_{0r}$  ausdrücken. Tabelle 1.1 zeigt den Axialfaktor des Lagers bei einem Druckwinkel, der diesem Verhältnis entspricht. Bei Schrägkugellagern kann unter normalen Bedingungen die Auswirkung einer Veränderung des Druckwinkels auf den Lastfaktor vernachlässigt werden, selbst wenn der Druckwinkel 25°, 30° oder sogar 40° beträgt.

In einem Axiallager mit einem Druckwinkel von  $\alpha \neq 90^\circ$  mit gleichzeitig wirkender Radial- und Axiallast errechnet sich die äquivalente Axiallast  $P_a$  wie folgt:

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

Tabelle 1.1: Werte des Faktors X und Y

| Nominaler Druckwinkel | if $\cdot F_a^*$<br>$C_{0r}$ | e    | Einzellager, DT  |   |               |      | DB oder DF       |      |               |      |
|-----------------------|------------------------------|------|------------------|---|---------------|------|------------------|------|---------------|------|
|                       |                              |      | $F_a/F_r \leq e$ |   | $F_a/F_r > e$ |      | $F_a/F_r \leq e$ |      | $F_a/F_r > e$ |      |
|                       |                              |      | X                | Y | X             | Y    | X                | Y    | X             | Y    |
| 15                    | 0,178                        | 0,38 |                  |   |               | 1,47 |                  | 1,65 |               | 2,39 |
|                       | 0,357                        | 0,40 |                  |   |               | 1,40 |                  | 1,57 |               | 2,28 |
|                       | 0,714                        | 0,43 |                  |   |               | 1,30 |                  | 1,46 |               | 2,11 |
|                       | 1,070                        | 0,46 |                  |   |               | 1,23 |                  | 1,38 |               | 2,00 |
|                       | 1,430                        | 0,47 | 1                | 0 | 0,44          | 1,19 | 1,00             | 1,34 | 0,72          | 1,93 |
|                       | 2,140                        | 0,50 |                  |   |               | 1,12 |                  | 1,26 |               | 1,82 |
|                       | 3,570                        | 0,55 |                  |   |               | 1,02 |                  | 1,14 |               | 1,66 |
|                       | 5,350                        | 0,56 |                  |   |               | 1,00 |                  | 1,12 |               | 1,63 |
| 18                    | –                            | 0,57 | 1                | 0 | 0,43          | 1,00 | 1,00             | 1,09 | 0,70          | 1,63 |
| 25                    | –                            | 0,68 | 1                | 0 | 0,41          | 0,87 | 1,00             | 0,92 | 0,67          | 1,41 |
| 30                    | –                            | 0,80 | 1                | 0 | 0,39          | 0,76 | 1,00             | 0,78 | 0,63          | 1,24 |
| 40                    | –                            | 1,14 | 1                | 0 | 0,35          | 0,57 | 1,00             | 0,55 | 0,57          | 0,93 |
| 50                    | –                            | 1,49 | –                | – | 0,73          | 1,00 | 1,37             | 0,57 | 0,73          | 1,00 |
| 55                    | –                            | 1,79 | –                | – | 0,81          | 1,00 | 1,60             | 0,56 | 0,81          | 1,00 |
| 60                    | –                            | 2,17 | –                | – | 0,92          | 1,00 | 1,90             | 0,55 | 0,92          | 1,00 |

\*i = 2 bei Anordnung DB und DF, 1 bei Anordnung DT:

Tabelle 1.2: Tragzahl von Schrägkugellagern in Lagersätzen

| Zweiersatz |          | Dreiersatz |          | Vierersatz |          |
|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| $C_r$      | $C_{0r}$ | $C_r$      | $C_{0r}$ | $C_r$      | $C_{0r}$ |
| 1,62       | 2        | 2,15       | 3        | 2,64       | 4        |

Umrechnungsfaktor ausgehend von der Tragzahl des einreihigen Lagers

# 1. LEBENSDAUER

## Lebensdauerberechnung mehrreihiger Lagersätze in einem Lagerungssystem

Wenn in einer Maschine verschiedene Wälzlager eingesetzt werden, lässt sich ihre jeweilige Lebensdauer berechnen, wenn die Belastung jedes einzelnen Lagers bekannt ist. Die Maschine fällt jedoch aus, wenn auch nur ein Lager ausfällt. Daher ist es durchaus wichtig, die Lebensdauer aller Lager in der Maschine als Gesamtsystem zu kennen.

Die Ermüdungslebensdauer von Lagern schwankt sehr stark und unsere Ermüdungslebensdauer-Gleichung ergibt die Lebensdauer  $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$ , die 90% aller Lager erreichen. Auch als nominelle Lebensdauer bezeichnet; diese gibt die Anzahl der Umdrehungen oder Betriebsstunden an, die 90% einer Gruppe gleichartiger Lager unter gleichen Betriebsbedingungen erreichen.

Mit anderen Worten: Ein Lager erreicht seine rechnerische Lebensdauer mit einer Wahrscheinlichkeit von 90%. Da die Dauerfestigkeit eines Systems von Lagern über einen bestimmten Zeitraum ein Produkt der Lebensdauerwahrscheinlichkeit der Einzellager über diesen Zeitraum ist, ist die rechnerische Ermüdungslebensdauer eines Systems von Lagern nicht nur durch die kürzeste Ermüdungslebensdauer aus dieser Gruppe bestimmt. Die Lebensdauer des Systems ist im Gegenteil wesentlich kürzer, als die kürzeste rechnerische Ermüdungslebensdauer eines dieser Lager.

Mit einer rechnerischen Ermüdungslebensdauer der einzelnen Lager von  $L_1, L_2, L_3 \dots L_n$  und einer rechnerischen Ermüdungslebensdauer der gesamten Lagergruppe als  $L$  ergibt sich die unten stehende Gleichung:

$$\frac{1}{L^e} = \frac{1}{L_1^e} + \frac{1}{L_2^e} + \frac{1}{L_3^e} + \dots + \frac{1}{L_n^e}$$

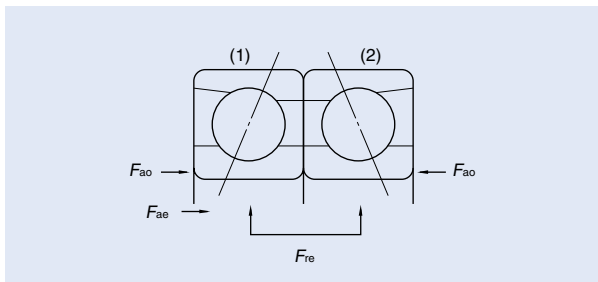
mit  $e = 1,1$  (für Kugel- wie Rollenlager)

## Lebensdauerberechnung vorgespannter Schrägkugellager

Zur Bestimmung der radialen ( $F_r$ ) und axialen ( $F_a$ ) Lastkomponenten jedes Lagers in einer Anordnung vorgespannter Schrägkugellager müssen die äußeren Radial- ( $F_{re}$ ) und Axiallasten ( $F_{ae}$ ), die axiale Vorspannung ( $F_{ap}$ ) und deren Lastverteilung berücksichtigt werden. Die Lastverteilung ergibt sich aus der Einfederung der Wälzkörper in der Laufbahn, die proportional zum Ausdruck (Belastungskraft)<sup>2/3</sup> ist.

Im Folgenden werden die Gleichungen für die häufigsten Lageranordnungen angegeben.

### O-Anordnung, Satz aus zwei Lagern



Bei externer Radialbelastung ( $F_{re}$ ), errechnet sich die gesamte Vorspannung ( $F_{ap}$ ) wie folgt:

$$F_{ap} = \frac{F_{re} \cdot 1,2 \cdot \tan \alpha + F_{ao}}{2}$$

wenn  $F_{ap} < F_{ao}$ , dann  $F_{ap} = F_{ao}$

Die gesamte Axialkomponente von  $F_{a1}$  und  $F_{a2}$  mit der aufgetragenen Axialbelastung jeweils auf Lager 1 und 2 ist:

$$\begin{aligned} F_{a1} &= 2/3 F_{ae} + 1/3 F_{ap} \\ F_{a2} &= F_{ap} - 1/3 F_{ae} \end{aligned}$$

wenn  $F_{a2} < 0$ , liegt keine Vorspannung mehr vor  $F_{a1} = F_{ae}$ , und  $F_{a2} = 0$

Die anteilige Radialkomponente der Belastung  $F_r$  jedes Lagers entspricht dem Verhältnis der auf das jeweilige Lager wirkenden Axiallast zur gesamten Axiallast, jeweils mit dem Exponenten 2/3:

$$\begin{aligned} F_{r1} &= \frac{F_{a1}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \cdot F_{re} \\ F_{r2} &= \frac{F_{a2}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \cdot F_{re} \end{aligned}$$

Die dynamisch äquivalente Radiallast  $P_{r1}$  und  $P_{r2}$  für jedes Lager errechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned} P_{r1} &= X \cdot F_{r1} + Y \cdot F_{a1} \\ P_{r2} &= X \cdot F_{r2} + Y \cdot F_{a2} \end{aligned}$$

Die Werte  $X$  und  $Y$  sind aus Tabelle 1.1 (Seite 139) zu entnehmen.

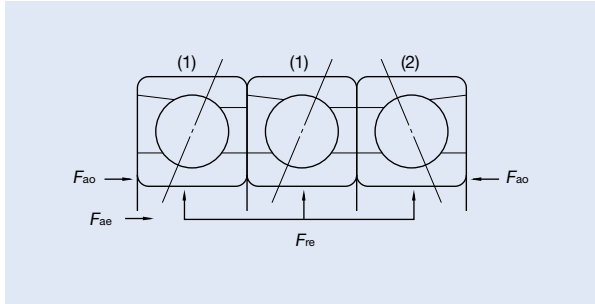
Die rechnerische Lebensdauer  $L_{10}$  jedes Lagers ist

$$\begin{aligned} L_{10(1)} &= \frac{16667}{n} \left( \frac{C}{P_{r1}} \right)^3 \quad (\text{Stunden}) \\ L_{10(2)} &= \frac{16667}{n} \left( \frac{C}{P_{r2}} \right)^3 \quad (\text{Stunden}) \end{aligned}$$

Die beiden Lager können als Einheit betrachtet werden und nach der Wahrscheinlichkeitstheorie ist die Lebensdauer der Einheit, also des Lagerpaars, kürzer, als die kürzeste nominelle Lebensdauer der Einzellager. So ergibt sich

$$L_{10} \text{ der Einheit} \dots = \frac{1}{\left( \frac{1}{L_{10(1)}^{1,1}} + \frac{1}{L_{10(2)}^{1,1}} \right)^{1/1,1}} \quad (\text{Stunden})$$

## Lageranordnung DBB



Bei externer Radialbelastung  $F_{re}$  errechnet sich die gesamte Vorspannung  $F_{ap}$  wie folgt:

$$F_{ap1} = \frac{F_{re} \cdot 1,2 \cdot \tan \alpha + F_{ao}}{4}$$

$$F_{ap2} = \frac{F_{re} \cdot 1,2 \cdot \tan \alpha + F_{ao}}{2}$$

wenn  $F_{ap1} < F_{ao}/2$ , dann  $F_{ap1} = F_{ao}/2$   
 und  $F_{ap2} < F_{ao}$ , dann  $F_{ap2} = F_{ao}$

Die gesamte Axialkomponente von  $F_{a1}$  und  $F_{a2}$  mit der aufgetragenen Axialbelastung jeweils auf Lager 1 und 2 ist:

$$F_{a1} = 0,4 \cdot F_{ae} + 1 \cdot F_{ap1}$$

$$F_{a2} = F_{ap2} - 0,2 \cdot F_{ae}$$

Wenn  $F_{a2} < 0$ , liegt keine Vorspannung mehr vor, so dass:

$$F_{a1} = \frac{F_{ae}}{2} \text{ und } F_{a2} = 0$$

Der Radiallastanteil des Einzellers aus der äußeren Radialbelastung:

$$F_{r1} = \frac{F_{a1}^{2/3}}{2F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times F_{re}$$

$$F_{r2} = \frac{F_{a2}^{2/3}}{2F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times F_{re}$$

Die dynamisch äquivalente Radiallast  $P_{r1}$  und  $P_{r2}$  für jedes Lager errechnet sich wie folgt:

$$P_{r1} = X \cdot F_{r1} + Y \cdot F_{a1}$$

$$P_{r2} = X \cdot F_{r2} + Y \cdot F_{a2}$$

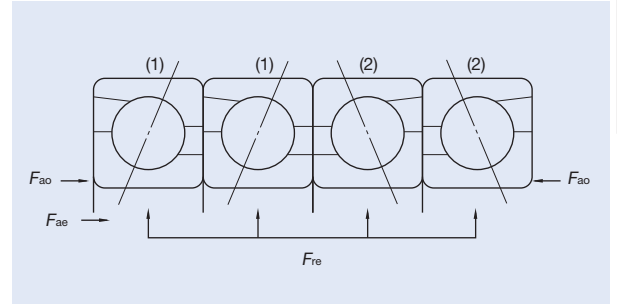
Die Werte  $X$  und  $Y$  sind aus Tabelle 1.1 (Seite 139) zu entnehmen. Die rechnerische Lebensdauer  $L_{10}$  jedes Lagers ist

$$L_{10(1)} = \frac{16667}{n} \left( \frac{C_r}{P_{r1}} \right)^3 \text{ (Stunden)}$$

$$L_{10(2)} = \frac{16667}{n} \left( \frac{C_r}{P_{r1}} \right)^3 \text{ (Stunden)}$$

$$L_{10} \text{ der Lagerung} = \frac{1}{\left( \frac{2}{L_{10(1)}^{1.1}} + \frac{1}{L_{10(2)}^{1.1}} \right)^{1/1.1}} \text{ (Stunden)}$$

## Lageranordnung DBB



Bei externer Radialbelastung  $F_{re}$  errechnet sich die gesamte Vorspannung  $F_{ap}$  wie folgt:

$$F_{ap} = \frac{F_{re} \cdot 1,2 \cdot \tan \alpha + F_{ao}}{4}$$

wenn  $F_{ap} < F_{ao}/2$ , dann  $F_{ap} = F_{ao}/2$

Die gesamte Axialkomponente von  $F_{a1}$  und  $F_{a2}$  mit der aufgetragenen Axialbelastung jeweils auf Lager 1 und 2 ist:

$$F_{a1} = 1/3 \cdot F_{ae} + F_{ap}$$

$$F_{a2} = F_{ap} - 1/6 \cdot F_{ae}$$

Wenn  $F_{a2} < 0$ , liegt keine Vorspannung mehr vor, so dass:

$$F_{a1} = \frac{F_{ae}}{2} \text{ und } F_{a2} = 0$$

Der Radiallastanteil des Einzellers aus der äußeren Radialbelastung:

$$F_{r1} = \frac{F_{a1}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times \frac{F_{re}}{2}$$

$$F_{r2} = \frac{F_{a2}^{2/3}}{F_{a1}^{2/3} + F_{a2}^{2/3}} \times \frac{F_{re}}{2}$$

Die dynamisch äquivalente Radiallast  $P_{r1}$  und  $P_{r2}$  für jedes Lager errechnet sich wie folgt:

$$P_{r1} = X \cdot F_{r1} + Y \cdot F_{a1}$$

$$P_{r2} = X \cdot F_{r2} + Y \cdot F_{a2}$$

Die Werte  $X$  und  $Y$  sind aus Tabelle 1.1 (Seite 139) zu entnehmen. Die rechnerische Lebensdauer  $L_{10}$  jedes Lagers ist

$$L_{10(1)} = \frac{16667}{n} \left( \frac{C_r}{P_{r1}} \right)^3 \text{ (Stunden)}$$

$$L_{10(2)} = \frac{16667}{n} \left( \frac{C_r}{P_{r2}} \right)^3 \text{ (Stunden)}$$

$$L_{10} \text{ der Lagerung} = \frac{1}{\left( \frac{2}{L_{10(1)}^{1.1}} + \frac{2}{L_{10(2)}^{1.1}} \right)^{1/1.1}} \text{ (Stunden)}$$

# 1. LEBENSDAUER

## Die neue Lebensdauertheorie

### Einführung

Die Wälzlagertechnik hat sich in den letzten Jahren schnell weiterentwickelt, insbesondere in Bezug auf die Maßgenauigkeit der Teile und die Reinheit der Werkstoffe. Entsprechend können Lager jetzt bei sauberer Umgebung eine längere Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt erreichen, als nach der ISO-Formel zur Lebensdauerberechnung zu erwarten wäre. Auch Fortschritte z.B. bei Reinheit und Filterung des Schmierstoffs tragen zu einer längeren Lebensdauer bei.

Die herkömmliche Lebensdauerformel, die auf der Theorie von G. Lundberg und A. Palmgren beruht, betrachtet nur Schäden, die unter der Laufbahnoberfläche entstehen. Dabei bilden sich aufgrund dynamischer Schubbeanspruchungen Risse unmittelbar unter der Lauffläche, die sich zur Oberfläche in Form von Schälungen (Pittings) ausbreiten.

$$\ln \frac{1}{S} \sim \frac{\tau_o \cdot N^e \cdot V}{Z_o^h}$$

Die neue Lebensdauerformel von NSK geht davon aus, dass die Entstehung des Wälzlagerschadens sowohl unter der Laufbahnoberfläche als auch von der Laufbahnoberfläche erfolgen kann.

### Die neue NSK Lebensdauerformel

(1) Schäden, die unter der Oberfläche entstehen

Die Voraussetzung dafür, dass der Schadensverlauf unter der Oberfläche beginnt, ist die vollständige Trennung der Oberflächen durch einen Schmierfilm. Dies setzt voraus, dass der Schmierstoff sauber ist.

Abb. 1.1 zeigt die Lebensdauer  $L_{10}$  für verschiedene Prüfbedingungen als Funktion der maximalen Flächenpressung ( $P_{\max}$ ) und der Anzahl der aufgetragenen Belastungszyklen.

Dabei ist die mit „ $L_{10}$  theoretisch“ bezeichnete Linie die theoretische Lebensdauer, die sich nach der herkömmlichen Formel ergibt. Mit abnehmender maximaler Flächenpressung entfernt sich die Linie der tatsächlichen Lebensdauer von der theoretischen Linie in Richtung einer längeren Lebensdauer. Dies weist auf das Vorliegen einer Ermüdungsgrenzbelastung  $P_u$  hin, unterhalb der keine Ermüdung auftritt. Dies wird in Abb. 1.2 noch deutlicher.

Abb. 1.1: Lebensdauertest bei sauberer Schmierung

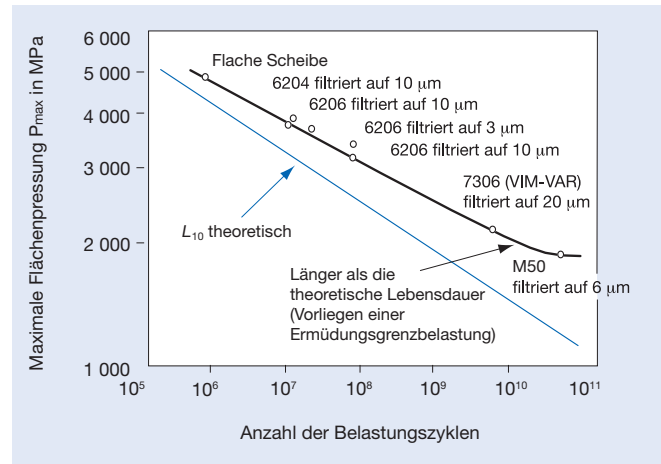
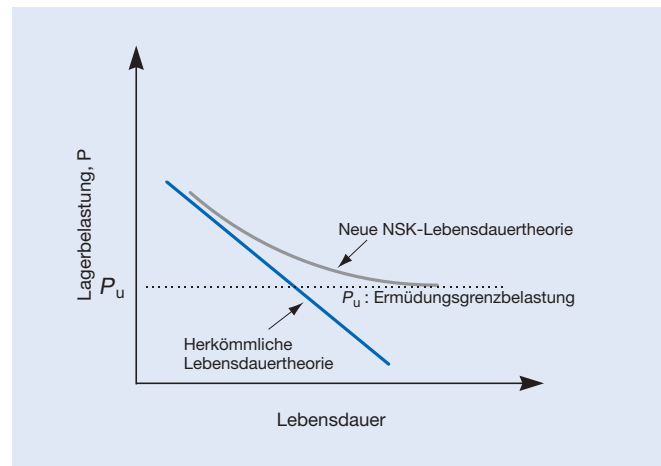


Abb. 1.2: Die neue NSK Lebensdauertheorie unter Berücksichtigung der Dauerfestigkeit



(2) Schäden, die von der Oberfläche her entstehen

In der Praxis ist der Schmierstoff häufig mit Fremdstoffen wie Metallspänen, abgetrennten Graten, Formsand usw. verunreinigt.

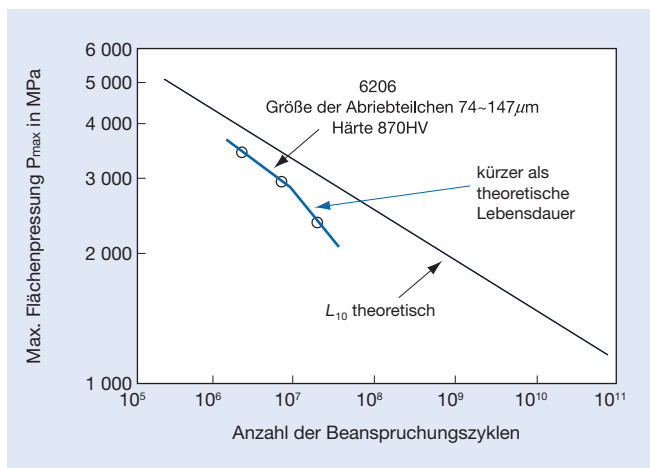
Diese Fremdkörper im Schmierstoff werden im Lager von den Wälzkörpern überrollt und in die Oberfläche von Laufbahn und Wälzkörper eingewalzt. An den Kanten dieser Eindrückungen liegen Spannungskonzentrationen vor, es entstehen feine Risse, die sich zu Ausbrüchen auf den Laufbahnen und Wälzkörpern weiterentwickeln.

Wie Abb. 1.3 zeigt, ist bei verunreinigtem Schmierstoff und bei geringer maximaler Flächenpressung die tatsächliche Lebensdauer kürzer als die herkömmlich berechnete. Die Kurve der tatsächlichen Lebensdauer liegt unter der Kurve der theoretisch berechneten Lebensdauerwerte. Es zeigt sich außerdem, dass sich der Unterschied zur tatsächlichen Lebensdauerkurve bei verunreinigtem Schmierstoff mit abnehmender maximaler Flächenpressungen noch weiter vergrößert.

Tabelle 1.3: Verunreinigungsbeiwert  $a_c$ 

|                     | Sehr sauber                                                              | Sauber                                                                                                                                          | Normal                                                  | Verunreinigt                                                                                    | Stark verunreinigt                                            |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Faktor $a_c$        | 1                                                                        | 0,8                                                                                                                                             | 0,5                                                     | 0,4 bis 0,1                                                                                     | 0,05                                                          |
| Anwendung           | Gefiltert auf ca. 10 $\mu\text{m}$                                       | Gefiltert auf 10 bis 30 $\mu\text{m}$                                                                                                           | Gefiltert auf 30 bis 100 $\mu\text{m}$                  | Gefiltert auf mehr als 100 $\mu\text{m}$ oder ohne Filtrierung (Ölbad, Ölumlaufschmierung usw.) | Keine Filtrierung, Vorliegen zahlreicher feiner Fremdteilchen |
| Anwendungsbeispiele | Abgedichtete fettgeschmierte Lager für Elektrogeräte, Rechentechnik usw. | Abgedichtete fettgeschmierte Lager für Elektromotoren. Abgedichtete fettgeschmierte Lager für Eisenbahn-Radsatzlager und Werkzeugmaschinen usw. | Normaler Einsatz, Radlagerungen in Kraftfahrzeugen usw. | Lager für Kraftfahrzeug-getriebe. Lager für Industriegetriebe, Lager für Baumaschinen usw.      | —                                                             |

Abb. 1.3: Lebensdauertest bei verunreinigtem Schmierstoff



Die neue NSK Lebensdauerrechnung berücksichtigt den Verlauf der Lebensdauerwerte aus den Tests bei sauberem Schmierstoff und geringer Belastung.

Entsprechend ist die neue Lebensdauergleichung eine Funktion des Ausdrucks  $(P-P_v)/C$ , der von den jeweiligen Schmierbedingungen in der Anwendung abhängig ist. Er wird mittels des Beiwertes für den Schmierstoff in die neue Lebensdauerformel eingebracht. Es ist anzunehmen, dass Art und Form der Verunreinigungen, stark beeinflusst von den Belastungsverhältnissen und der Schmierstoffanwesenheit, eine Auswirkung haben und dass dieser Zusammenhang mittels eines Lastfaktors in der Gleichung berücksichtigt werden kann. In der neuen Lebensdauerformel wird dieser Zusammenhang als  $(P-P_v)/C \cdot 1/a_c$  wiedergegeben.

Damit lautet die Formel für den Fall, dass der Schadensverlauf von der Oberfläche ausgeht, wie folgt:

$$\ln \frac{1}{S} \sim N^e \int_v \frac{(\tau - \tau_w)^c}{Z_o^h} dV \times \left\{ \frac{1}{f(a_c, a_L)} - 1 \right\}$$

$V$  = Größe der Spannungen

Der Beiwert für die Verunreinigung, abhängig von der Sauberkeit der Schmierung, ist Tabelle 1.3 zu entnehmen. Bei fettgeschmierten Kugel- und Rollenlagern bei sauberem Schmierstoff ergibt sich eine um das Vielfache längere Gebrauchsdauer als die mit verunreinigtem Schmierstoff errechnete Lebensdauer. Wenn ein Fremdkörper im Lager aber härter als 350 HV ist, spielt auch die Härte eine Rolle, weil dann beim Überrollen ein Eindruck in der Laufbahn entsteht. Die Ermüdungsschäden aufgrund solcher Eindrücke können sich innerhalb kürzester Zeit zu Ausbrüchen weiterentwickeln. In Tests, in denen Schmierstoff mit Fremdkörpern verunreinigt ist, beträgt die Gebrauchsdauer nur 1/3 bis 1/10 der mit der herkömmlichen Formel errechneten Lebensdauer. Aufgrund dieser Ergebnisse hat NSK für die neue Lebensdauerberechnung einen Beiwert  $a_c$  für die Verunreinigung in fünf Stufen festgelegt.

### (3) Die neue Lebensdauerformel

In der neuen NSK Formel zur Berechnung der Lagerlebensdauer sind beide Arten des Schadensbeginns – unter der Laufbahnoberfläche oder von der Lagersoberfläche ausgehend – verreinigt.

$$\ln \frac{1}{S} \sim N^e \int_v \frac{(\tau - \tau_w)^c}{Z_o^h} dV \times \left\{ \frac{1}{f(a_c, a_L)} \right\}$$

$$L_{\text{able}} = a_1 \cdot a_{\text{NSK}} \cdot L_{10}$$

# 1. LEBENSDAUER

## Der Beiwert $a_{NSK}$

Der Beiwert  $a_{NSK}$  hängt vom Schmierungsparameter  $(P \cdot P_u)/(C \cdot 1/a_c)$  ab, wie unten ersichtlich.

$$a_{NSK} \sim f \left\{ a_L, \left( \frac{P \cdot P_u}{C \cdot a_c} \right) \right\}$$

Die neue NSK Lebensdauertheorie berücksichtigt die lebensdauerverlängernde Wirkung verbesserter Werkstoffe und Wärmebehandlung durch eine Abänderung des Beiwerts für die Verschmutzung  $a_c$ . Die Lebensdauertheorie verwendet das Viskositätsverhältnis  $\kappa$  ( $\kappa = \nu/\nu_1$ , mit  $\nu$  = Betriebsviskosität und  $\nu_1$  = erforderlichen Viskosität), weil der Schmierungsparameter  $a_L$  von der Ausbildung des Schmierfilms abhängig ist. Dieser ist wiederum abhängig vom verwendeten Schmierstoff und der Betriebstemperatur. Das bedeutet, je besser die Schmierverhältnisse (größer  $\kappa$ ) sind, desto länger ist die Lebensdauer.

Die Diagramme in Abb. 1.4 und 1.5 zeigen den Beiwert  $a_{NSK}$  als Funktion über der neuen Lebensdauergleichung. Punkt- und Linienberührung für Kugel- und Rollenlager werden getrennt behandelt.

## Die neue Lebensdauerformel $L_{able}$

Das Konzept einer neuen Lebensdauerberechnung wird in einem Beiwert zusammengefasst. Die herkömmliche Lebensdauerformel ( $L_{10}$ ) wird mit dem Beiwert ( $a_{NSK}$ ) und dem Beiwert für die Zuverlässigkeit ( $a_1$  nach Tabelle 1.4) multipliziert.

$$L_{able} = a_1 \cdot a_{NSK} \cdot L_{10}$$

Tabelle 1.4: Beiwert für die Zuverlässigkeit

| Zuverlässigkeit (%)                        | 90,00 | 95,00 | 96,00 | 97,00 | 98,00 | 99,00 |
|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Beiwert für die Erlebenswahrscheinlichkeit | 1,00  | 0,62  | 0,53  | 0,44  | 0,33  | 0,21  |

Abb. 1.4: Neue Lebensdauerberechnung für Kugellager

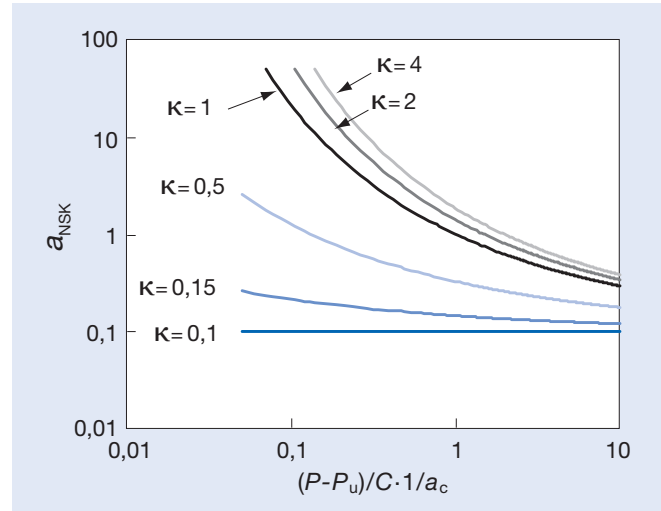
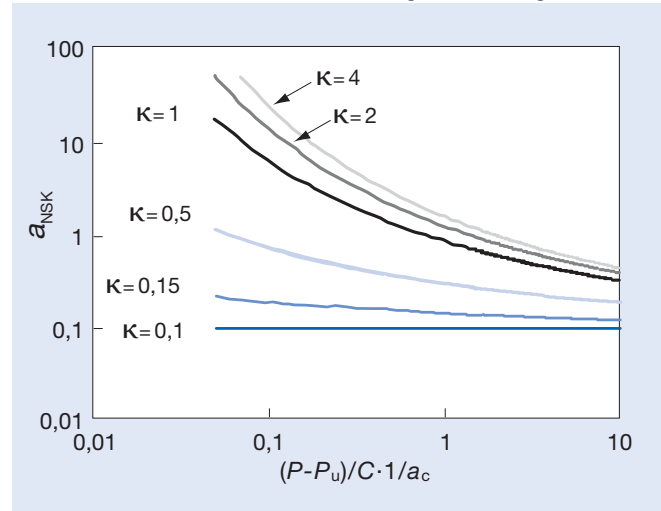


Abb. 1.5: Neue Lebensdauerberechnung für Rollenlager



Die Diagramme beziehen sich auf NSK Genauigkeitslager aus Standard-Z-Stahl mit Fettschmierung oder mit Schmierstoff der Viskosität VG22 bis VG68 in sauberer Umgebung.

## Zugriff auf die NSK-Rechenprogramme

Unsere Rechenprogramme finden Sie auf der Internetseite [http://: www.nskeurope.com](http://www.nskeurope.com)  
(Link/Button zu navi-focus calculations)



## Lebensdauer schnelllaufender Lagern

Wenn Lager mit hohen Drehzahlen betrieben werden, ist neben der äußeren Belastung noch die interne Belastung durch die Fliehkraft der Wälzkörper zu berücksichtigen.

Die Belastungen eines Lagers bei hohen Drehzahlen (über  $n \times d_m = 800.000$ ) lassen sich nur mit einem Computerprogramm berechnen.

Die Gesamtheit der auf die Wälzkörper und Laufringe einwirkenden Kräfte und die Veränderungen des Druckwinkels werden mithilfe von Näherungsverfahren bestimmt, die auf den Kraftverhältnissen im Lager basieren (Radiallast, Axiallast, Fliehkraft der Wälzkörper usw.).

Zunächst wird dabei die Lebensdauer jedes einzelnen Wälzkörpers unter Last berechnet, daraus ergibt sich dann die Lebensdauer der Kugelreihe.

Bemerkung: Mithilfe der Näherungsverfahren kann NSK die auf die Kugeln wirkende Fliehkraft äußerst genau bestimmen und Berechnungen der Kräfte für die einzelnen Wälzkörper durchführen.

Bei der Berechnung der Lebensdauer schnelllaufender Lager ist Ihnen NSK gerne behilflich.

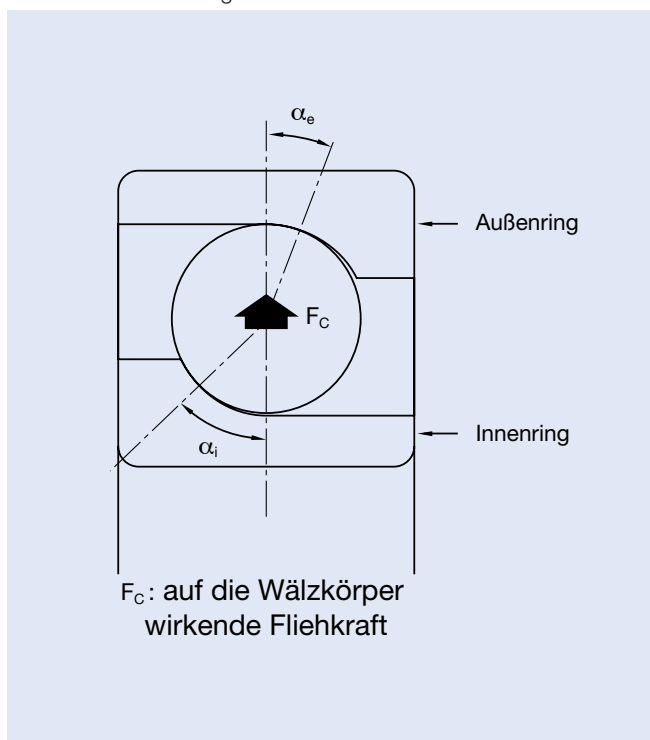
## Lebensdauer von Hybridlagern

In der Norm ISO 281 sind für Lager mit Wälzkörpern aus Keramik keine Werte für  $C_r$ ,  $C_{or}$  und  $L_{10}$  vorgesehen.

Hybridlager haben aber unter denselben Betriebsbedingungen eine längere Lebensdauer als Lager mit Stahlkugeln.

Dies gilt besonders für Anwendungen, in denen Fliehkräfte auf die Wälzkörper die Lebensdauer beeinflussen.

Abb. 1.6: Veränderung des Druckwinkels durch die Fliehkraft



## 2. STATISCHE TRAGZAHL UND STATISCH ÄQUIVALENTE LAGERBELASTUNG

### Statische Tragzahl

Ist ein Wälzlager einer übermäßig hohen Belastung oder einer starken Stoßbelastung ausgesetzt, entsteht eine bleibende (plastische) Verformung an Wälzkörper und Laufbahnen, wenn der Grenzwert der elastischen Verformung überschritten wird.

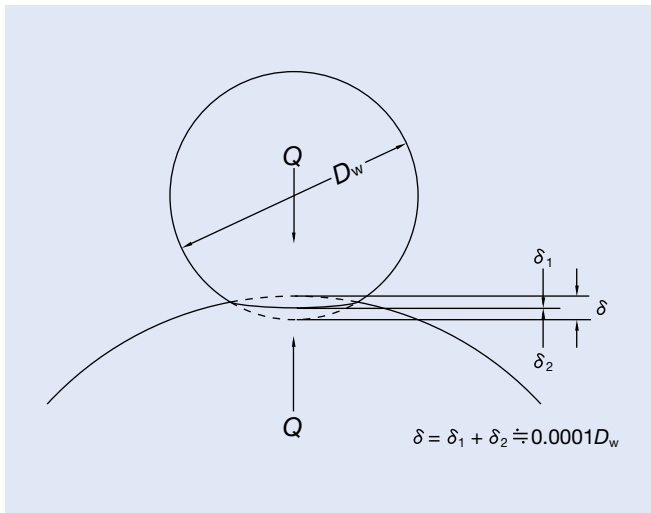
Sie ist umso größer und tiefer, je höher die Belastung ist, und ab einem bestimmten Grenzwert wird das Lager beschädigt, weil Leichtgängigkeit und Laufruhe nicht mehr den Anforderungen genügen.

Als statische Tragzahl wurde die statische Belastung definiert, bei der in dem Wälzkörper mit der maximalen Belastung und in der Mitte der Berührungsfläche zwischen Wälzkörper und Laufbahn die folgende maximale Flächenpressung erzeugt wird:

|              |           |
|--------------|-----------|
| Kugellager:  | 4.200 MPa |
| Rollenlager: | 4.000 MPa |

In dem Bereich mit der maximalen Belastung entspricht die Summe der bleibenden Verformung von Wälzkörper und Laufbahn etwa 0,0001-mal dem Durchmesser des Wälzkörpers. Die statische Tragzahl  $C_o$  wird in den Lagertabellen für Radiallager mit  $C_{or}$  und für Axiallager mit  $C_{oa}$  angegeben.

Abb. 2.1: Zusammenhang zwischen Verformungen und statischer Tragzahl



### Statisch äquivalente Belastung

Die statisch äquivalente Lagerbelastung ist eine gedachte Belastung, die eine Flächenpressung erzeugt, die unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen der oben angeführten maximalen Flächenpressung entspricht.

Die statisch äquivalente Belastung in einem Radiallager entspricht einer zentrisch angreifenden statischen Radiallast, in einem Axiallager einer statischen Axiallast in der Richtung der Hauptachse des Lagers.

### Statisch äquivalente Belastung von Radiallagern

Der größere der beiden Werte  $P_o$  aus den unten stehenden Gleichungen ist für die Berechnung als die statisch äquivalente Belastung des betreffenden Radiallagers zu verwenden.

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

$$P_o = F_r$$

### Statisch äquivalente Belastung von Axiallagern

$$P_o = X_o F_r + F_a \quad \alpha \neq 90^\circ$$

Tabelle 2.1: Statisch äquivalente Belastung  $P_o = X_o F_r + Y_o F_a$  mit

| Druckwinkel | Einzellager, DT |       | DB or DF |       |
|-------------|-----------------|-------|----------|-------|
|             | $X_o$           | $Y_o$ | $X_o$    | $Y_o$ |
| 15          | 0,5             | 0,46  | 1        | 0,92  |
| 18          | 0,5             | 0,42  | 1        | 0,84  |
| 25          | 0,5             | 0,38  | 1        | 0,76  |
| 30          | 0,5             | 0,33  | 1        | 0,66  |
| 40          | 0,5             | 0,26  | 1        | 0,52  |

$P_o$  : statisch äquivalente Belastung (N)  
 $F_r$  : Radiallast (N)  
 $F_a$  : Axiallast (N)  
 $X_o$  : statischer Radialfaktor  
 $Y_o$  : statischer Axialfaktor

Bei Einzellagern oder DT-Anordnung wenn

$$F_r > 0,5 \cdot F_{r1} + Y_o \cdot F_a, \text{ dann } P_o = F_r$$

### Statische Tragsicherheit

Die zulässige statisch äquivalente Belastung eines Lagers hängt von der statischen Tragzahl und der Anwendung und den Betriebsbedingungen ab.

Die statische Tragsicherheit ist ein Sicherheitsfaktor für die statische Tragzahl. Er errechnet sich wie folgt:

$$f_s = (C_o / P_o)$$

mit

$C_o$  : statische Tragzahl (N)

$P_o$  : statisch äquivalente Lagerbelastung (N)

Tabelle 2.2: Richtwerte für die statische Tragsicherheit  $f_s$

| Betriebsbedingungen              | Unterer Grenzwert von $f_s$ |             |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------|
|                                  | Kugellager                  | Rollenlager |
| Ruhiger Lauf erforderlich        | 2,0                         | 3,0         |
| Schwingungen und Stoßbelastungen | 1,5                         | 2,0         |
| Normale Bedingungen              | 1,0                         | 1,5         |

## Zulässige Axiallast

Für eine optimale Lageranwendung hat NSK die zulässige Axiallast mit zwei verschiedenen Annahmen bestimmt:

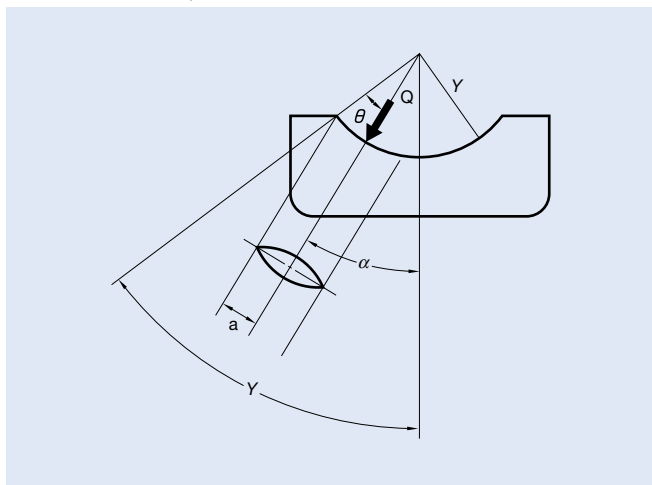
1. Der Grenzbelastung, bei der die Druckellipse zwischen Kugel und Laufbahn unter der vorliegenden Axialbelastung und der damit verbundenen Änderung des Druckwinkels über die Laufbahnschulter hinauslaufen würde.
2. Der statisch äquivalenten Belastung  $P_o$ , die aus der statischen Tragzahl  $C_o$  und dem Axialfaktor  $Y_o$  des Lagers bestimmt wird.

Die zulässige Axiallast ist gleich dem kleineren der beiden oben genannten Werte.

Dies hat sich in der Praxis bewährt.

Die zulässigen Axialbelastungen können Sie den Lagertabellen entnehmen.

Abb. 2.2: Druckellipse und Grenzwert der Axiallast



# 3. LAGERSÄTZE VON SCHRÄGKUGELLAGERN

## Mögliche Anordnungen von Schrägkugellagern

NSK liefert gepaarte Schrägkugellager normalerweise als Lagersätze bestehend aus zwei, drei oder vier Lagern. Als Festlager einer Spindellagerung werden üblicherweise zwei (Anordnung DB), drei (DBD) oder vier (DBB) Lager zusammen verbaut. In einem Dreiersatz verteilt sich jedoch die Vorspannung nicht gleichmäßig auf die Lager, so dass sich nur ein kleiner Bereich mit optimaler Vorspannung ergibt. Eine solche Anordnung ist daher für hohe Drehzahlen nicht geeignet.

Gepaarte Lager werden im Satz bearbeitet, so dass sich nach dem Einbau automatisch die gewünschte Vorspannung einstellt. Die Schwankungen von Bohrung und Außendurchmesser ist bei gepaarten Lagern auf weniger als 1/3 der zulässigen Toleranz eingeengt.

Tabelle 3.1: Eigenschaften der einzelnen Lageranordnungen

|                     | DB | DF | DT | DBD | DBB |
|---------------------|----|----|----|-----|-----|
| Lastrichtung        | ↔  | ↔  | →  | ↔   | ↔   |
| Momentensteifigkeit | ◎  | ○  | △  | ◎   | ◎   |
| Drehzahleignung     | ◎  | ◎  | ◎  | △   | ○   |
| Eigenerwärmung      | ◎  | ◎  | ◎  | △   | ○   |
| Steifigkeit         | ○  | ○  | △  | ◎   | ◎   |

◎ ausgezeichnet    ◎ sehr gut    ○ gut    △ ausreichend    → nur eine Richtung    ↔ beide Richtungen

### Die Eigenschaften der einzelnen Lageranordnungen

#### ● O-Anordnung DB

Nimmt Radiallasten und Axiallasten in beiden Richtungen auf. Großer Abstand zwischen den Lastangriffspunkten, daher für Momentenbelastungen geeignet. Wenn aber das Gehäuse nicht die erforderliche Genauigkeit aufweist und eine Schiefstellung der Spindel erfolgt, können die inneren Belastungskräfte so groß werden, dass die Lager vorzeitig ausfallen.

#### ● X-Anordnung DF

Im Gegensatz zur DB-Anordnung ist der Abstand zwischen den Lastangriffspunkten gering. Daher können nur geringere Momente aufgenommen werden als bei Anordnung DB.

Andererseits ist diese Anordnung auch für Gehäuse mit weniger großer Fluchtungsgenauigkeit oder größerer Wellendurchbiegung aufgrund einer geringeren Biegefestigkeit der Welle geeignet.

#### ● Tandem-Anordnung DT

Nimmt Axiallasten in einer Richtung und Radiallasten auf. Da die Steifigkeit in axialer Richtung doppelt so hoch wie bei einem Einzellager ist, sind Lager in dieser Anordnung die ideale Lösung bei hohen Axialbelastungen in nur einer Richtung.

#### ● Anordnung aus drei Lagern DBD

Nimmt Radiallasten und Axiallasten in beiden Richtungen auf.

Die Vorspannung verteilt sich jedoch nicht gleichmäßig auf die drei Lager: Auf der Satzseite mit nur einem Lager ist sie doppelt so groß wie auf der Seite mit den zwei Lagern.

Wegen des großen Anstiegs der inneren Belastung im Einzellager, was zu Frühausfällen führen kann, ist diese Lageranordnung nicht für Anwendungen bei hohen Drehzahlen geeignet.

#### ● Anordnung aus vier Lagern DBB

Nimmt Radiallasten sowie Axiallasten in beiden Richtungen auf.

Bei gleicher Axialluft wie bei Anordnung DB sind Vorspannung und Steifigkeit doppelt so hoch. Eine Anordnung aus vier Lagern kann auch eine größere Axiallast als eine DB-Anordnung aufnehmen.

Abb. 3.1: Abstand zwischen den Lastangriffspunkten bei O- und Y-Anordnung

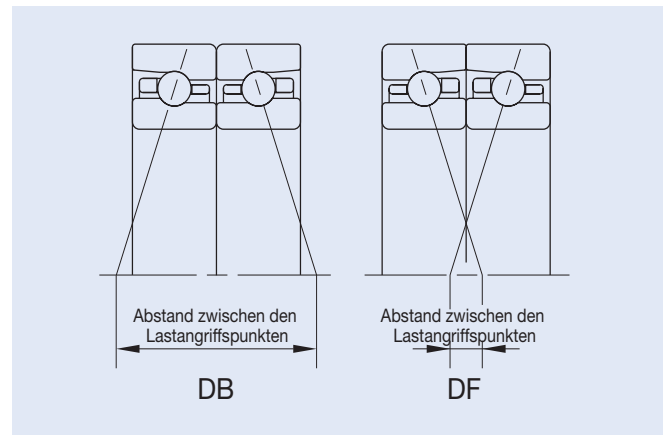


Abb. 3.2: Lastrichtung bei O- und Tandem-Anordnung

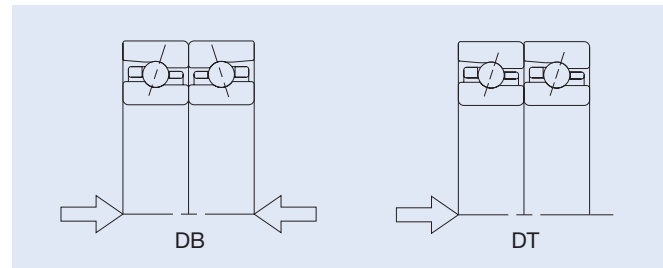
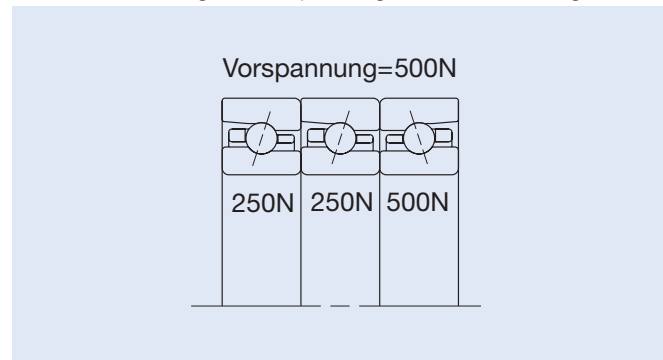


Abb. 3.3: Aufteilung der Vorspannung in DBD-Anordnung



## Wellendurchbiegung in O- und X-Anordnung

Die Momentensteifigkeit einer O- und einer X-Anordnung unterscheidet sich erheblich, wie das folgende Rechenbeispiel zur Wellendurchbiegung zeigt. Hierbei sind Schrägkugellager (75BNR10XET) in DB- und DF-Anordnung als vordere Spindellagerung eingebaut. Bei einer Radialkraft von 1000 N an der Spindelnase ergeben sich folgende Radialverschiebungen:

$$\sigma_{DB} = 2.4079 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$\sigma_{DF} = 2.9853 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Dies zeigt, welchen Einfluss der Abstand der Lastangriffspunkte auf die Durchbiegung der Spindel hat.

## Paaren von Schrägkugellagern

Bei gepaarten Lagern muss unbedingt die Reihenfolge der Lager und die Belastungsrichtung beachtet werden. Wie rechts abgebildet, tragen die Lager auf jedem Außenring einen Teil einer V-förmigen Markierung. Nur wenn auf dem eingebauten Lagersatz das „V“ zu erkennen ist, sind die Lager richtig ausgerichtet.

Auf der Innenringstirnfläche kennzeichnet ein „O“ die Position des größten Radialschlags. Die Lagerung weist im Betrieb die größte Laufgenauigkeit auf, wenn die Lager so eingebaut werden, dass das „O“ diametral zur Stelle mit der größten Exzentrizität der Welle eingebaut wird.

Die V-Markierung kennzeichnet zusätzlich die Stelle des größten Radialschlags am Außenring.

Die höchste Genauigkeit wird erreicht, wenn alle Markierungen in einem Lagersatz in einer Linie verbaut werden.

Abb. 3.5: Markierung des größten Radialschlags

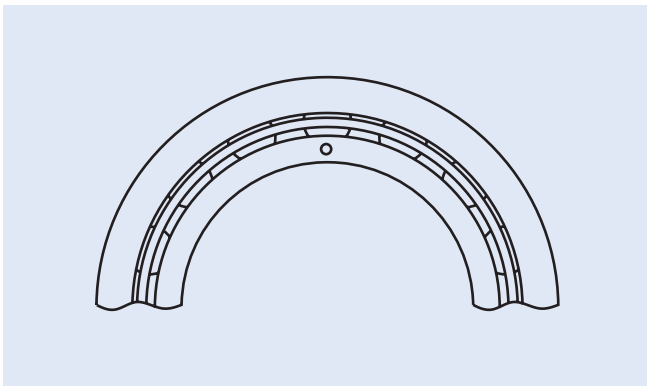


Abb. 3.4: Spindeldurchbiegung

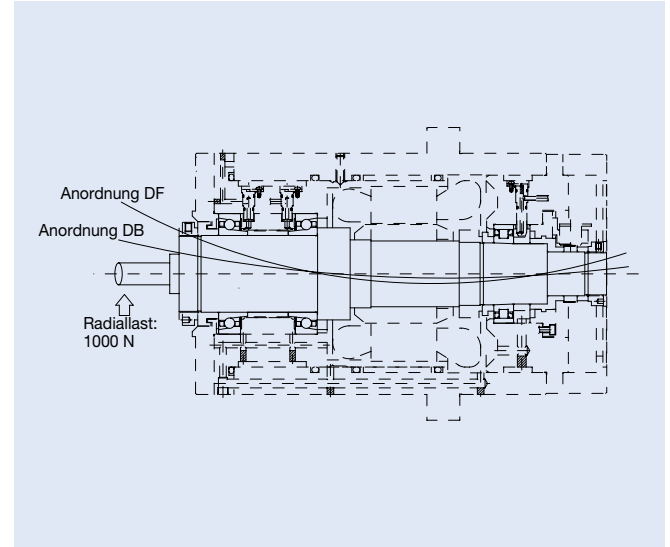
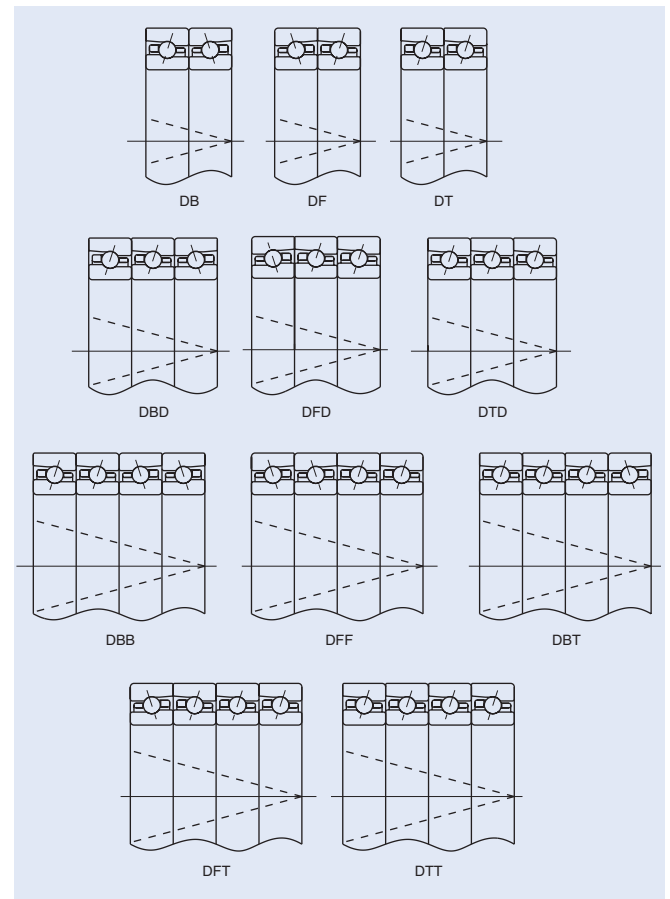


Abb. 3.6: Anordnungen von Schrägkugellagern

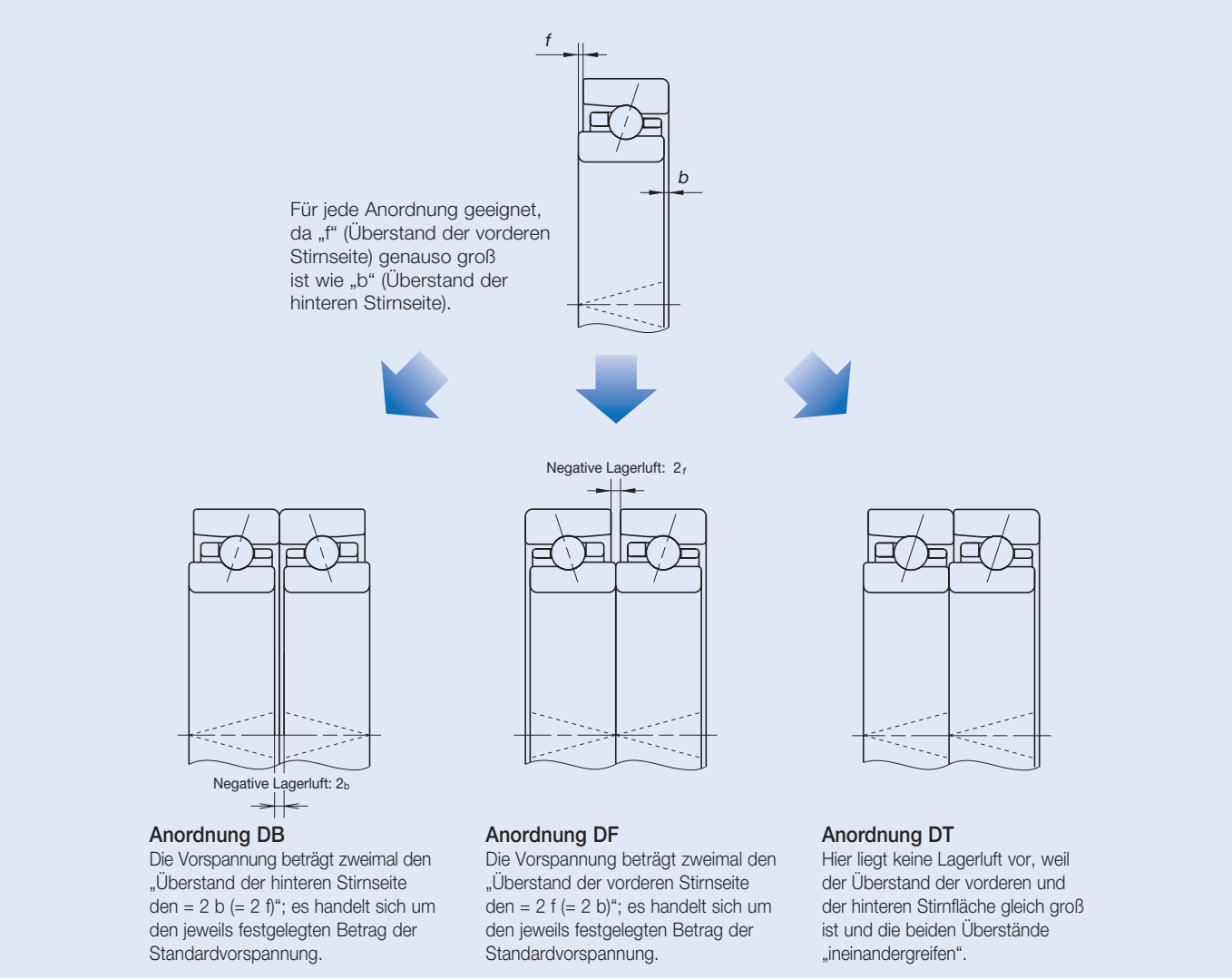


# 3. LAGERSÄTZE VON SCHRÄGKUGELLAGERN

## Universalausführung

NSK liefert Schrägkugellager in Universalausführung, die auf beiden Stirnseiten den gleichen Ringversatz aufweisen. Wenn Universallager gleicher Lagertyp zusammen verbaut werden, ergibt sich automatisch die geforderte Vorspannung. Bei Lagern in Universalausführung zeigt die Markierung auf den Außenringen die Richtung des Druckwinkels an und soll den Einbau erleichtern und Fehler vermeiden.

Abb. 3.7: Universalausführung



## Unterschied zwischen SU- und DU-Lagern

Die beiden Arten von NSK Universallagern sind in der Tabelle gegenübergestellt.

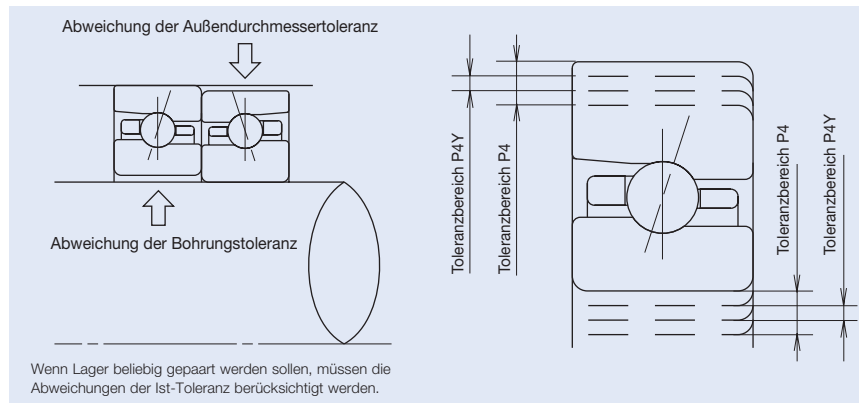
Tabelle 3.2: Eigenschaften der SU- und DU-Lager

|                                                       | SU | DU                            |
|-------------------------------------------------------|----|-------------------------------|
| Lageranzahl                                           | 1  | 2                             |
| Schwankung von Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz | –  | auf 1/3 der Toleranz eingengt |

### Hinweis zur Verwendung von Einzeluniversallagern (SU)

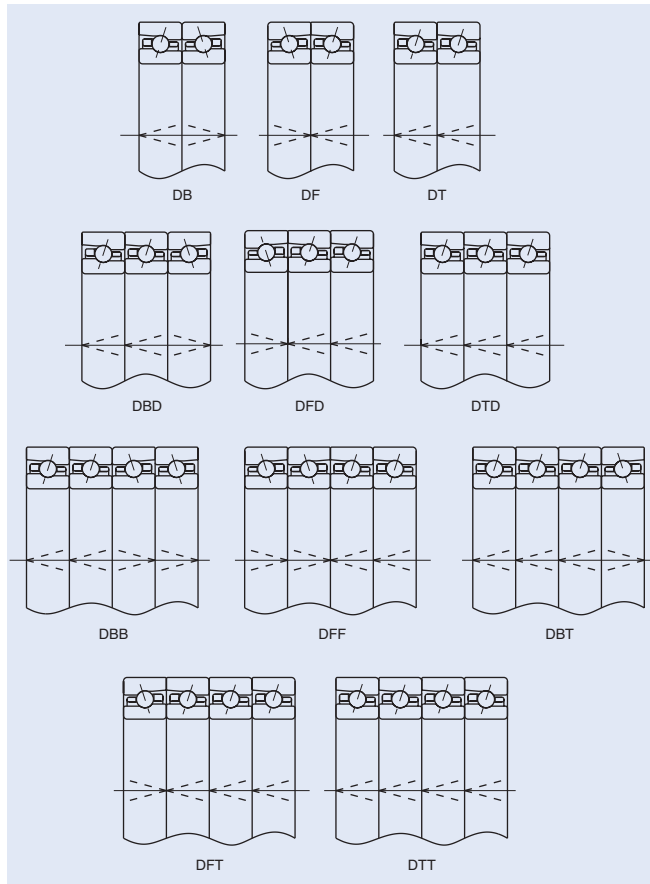
- Wenn diese Lager in einem Lagersatz verbaut werden sollen, ist es empfehlenswert, die Ist-Abweichungen von Bohrungs- und Außendurchmesser der einzelnen Lager zueinander auf 1/3 der Gesamttoleranz einzugrenzen.
- NSK fertigt auch Sonderlager mit Sondergenauigkeit „P4Y“, die nur kleine Abweichungen von Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz aufweisen. Die Toleranz „P4Y“ bedeutet dieselbe Laufgenauigkeit wie P4, aber engere Bohrungs- und Außendurchmessertoleranzen als P4. Sie ist für Lager in Universalausführung zum beliebigen Paaren geeignet.
- Lager in Universalausführung mit Genauigkeit „P4Y“ können beliebig zusammengestellt werden. Wenn sie mit Drehzahlen über 1.500.000 n x dm laufen, kann es jedoch vorkommen, dass auch kleine Abweichungen der Wellen- oder Gehäusepassung zu einer ungleichmäßigen Lastverteilung in den einzelnen Lagerreihen und dann zum Ausfall führen. Sollten solche Lager in schnelllaufenden Anwendungen vorgesehen werden, ist darauf besonders zu achten.

Abb. 3.8: Toleranz P4 und Genauigkeit P4Y



### Markierung und Zusammenstellung von Lagern in Universalausführung

Abb. 3.9: Anordnungen von Lagern in Universalausführung



### Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz (Genauigkeit P4Y)

Tabelle 3.3: Toleranz der Innenringbohrung

Einheit 1 µm

| Bohrungsdurchmesser |     | P4   |         | P4Y (auf Mittelwert eingeschränkt) |         |
|---------------------|-----|------|---------|------------------------------------|---------|
| von                 | bis | hoch | niedrig | hoch                               | niedrig |
| 30                  | 50  | 0    | -6      | -1                                 | -3      |
| 50                  | 80  | 0    | -7      | -2                                 | -5      |
| 80                  | 120 | 0    | -8      | -3                                 | -6      |
| 120                 | 150 | 0    | -10     | -3                                 | -7      |

\* Die Toleranzen für Lager mit weniger als 30 mm Bohrungsdurchmesser sind gleich den Werten mit einem Bohrungsdurchmesser von 30 bis 50 mm.

Tabelle 3.4: Toleranz des Außenring-Außendurchmessers

Einheit: 1 µm

| Außendurchmesser |                 | P4   |         | P4Y (auf Mittelwert eingeschränkt) |         |
|------------------|-----------------|------|---------|------------------------------------|---------|
| von              | bis             | hoch | niedrig | hoch                               | niedrig |
| 50               | 80              | 0    | -7      | -2                                 | -6      |
| 80               | 120             | 0    | -8      | -2                                 | -6      |
| 120              | 150             | 0    | -9      | -3                                 | -7      |
| 150              | 180             | 0    | -10     | -3                                 | -7      |
| 180              | 200             | 0    | -11     | -4                                 | -9      |
| 200              | weniger als 215 | 0    | -11     | -2                                 | -9      |

\* Die Toleranzen für Lager mit weniger als 50 mm Außendurchmesser sind gleich den Werten für Lager mit einem Außendurchmesser von 50 bis 80 mm.



# 4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

Wenn man die Steifigkeit einer Werkzeugmaschinenspindel betrachtet, kann man sich die Lager als Federn vorstellen. Die axiale Einfederung der Spindel bei Belastung mit Axialkraft hängt von der axialen Steifigkeit der Festlager ab. Beim Aufbringen einer Radialkraft entsteht die radiale Formänderung zwar vor allem durch die Wellendurchbiegung, aber die Einfederung des Lagers darf man dabei auch nicht außer Acht lassen.

Wenn eine hohe radiale Steifigkeit gefordert ist, werden normalerweise Zylinderrollenlager verwendet. Bei Axialbelastungen kommen nur Schrägkugellager in Frage. Je größer der Druckwinkel in einem Schrägkugellager ist, desto höher ist auch seine axiale Steifigkeit. Bei zwei Lagern mit gleichem Bohrungsdurchmesser ist das Lager steifer, welches über die größere Anzahl von Wälzkörpern verfügt (Maßreihe 0 oder 9, Reihe BNR10 oder BNR19), auch wenn der Kugeldurchmesser kleiner ist.

Normalerweise werden vorgespannte Lager eingesetzt, um der Lagerung und damit der Werkzeugmaschinenspindel eine größere Steifigkeit zu verleihen. Wenn die Vorspannung allerdings zu groß ist, kann das zu Schäden wie Ausbrüchen an den Laufbahnen oder sogar zum Blockieren des Lagers führen. Um eine größere Steifigkeit zu erzielen, wird häufig eine Lagerung aus zwei oder mehr Schrägkugellagern verwendet – insbesondere bei Axiallagern für Kugelgewindetriebe, die eine hohe axiale Steifigkeit aufweisen müssen. Diese haben einen großen Druckwinkel und eine höhere Vorspannung als normale Spindellager. Axialbelastungen werden meist von zwei oder drei Lagern aufgenommen.

## Zweck

Die Vorspannung der Lager in einer Werkzeugmaschinenspindel verfolgt mehrere Ziele:

- die Laufgenauigkeit der Welle zu verbessern und auf hohem Niveau konstant zu halten
- den Lagern eine höhere Steifigkeit zu verleihen
- die Laufgeräusche aufgrund von Axialschwingungen und Resonanzen zu verringern
- Riffelbildung zu verhindern
- Gleitungen zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen zu verhindern
- die kinematischen Verhältnisse im Lager konstant halten

Normalerweise wird die Vorspannung durch gegenseitiges Anstellen von zwei oder mehr Lagern – Schrägkugellagern oder Kegelrollenlagern – in einem Lagersatz aufgebracht. Zylinderrollenlager können auch vorgespannt werden, indem die Radialluft kleiner als Null eingestellt wird.

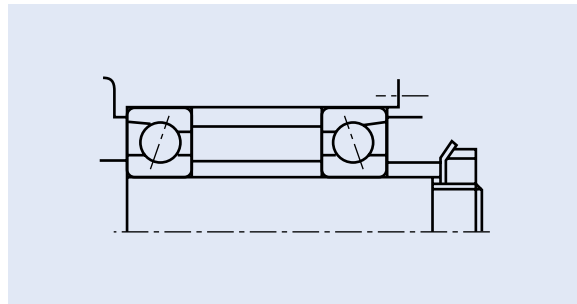
## (1) Starre Vorspannung

Eine starre Vorspannung ergibt sich, wenn zwei axiale Lager im Betrieb in einer unveränderlichen Position zueinander axial angestellt werden. In der Praxis erzielt man eine starre Vorspannung mit einer der drei Methoden:

1. durch Einbau eines Zweier-Lagersatzes mit vorher festgelegten Werten der Vorspannung durch den Versatz der Lagerstirnflächen.
2. durch Verwendung von Zwischenringen oder Ausgleichsscheiben mit der richtigen Breite bzw. Breitendifferenz für die gewünschte Vorspannung (siehe Abb. 4.1).
3. durch die manuelle Einstellung der axialen Vorspannung mithilfe von Schrauben oder Muttern. Dabei muss zunächst das Anlaufdrehmoment gemessen werden. Dieses Verfahren

ist jedoch für Spindeln und Präzisionswerkzeugmaschinen nicht zu empfehlen, weil sich die richtige Vorspannung nur schwierig bestimmen lässt und die Gefahr einer vertikalen Verschiebung (Verkipfung) des Lagers besteht.

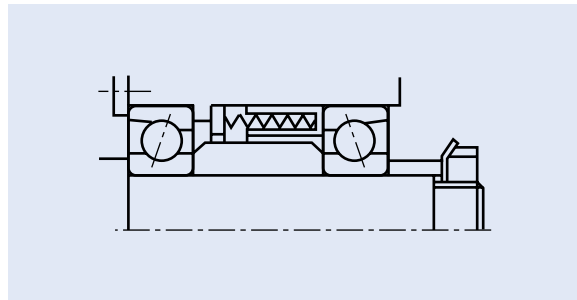
Abb. 4.1: Starre Vorspannung



## (2) Federvorspannung

Eine Federvorspannung wird mithilfe von Schrauben- oder Blattfedern aufgebracht. Selbst wenn sich die Position der Lager zueinander im Betrieb verändert, bleibt die Vorspannung im Wesentlichen gleich. Abb. 4.2 zeigt eine Lagerung mit zwei Schrägkugellagern für eine Anwendung bei hohen Drehzahlen.

Abb. 4.2: Federvorspannung



## Veränderung der Steifigkeit durch Änderung der Vorspannung

### Starre Vorspannung und axiale Steifigkeit

Bei der Montage eines Lagersatzes, wie in Abb. 4.3 gezeigt, wird der Spalt  $\delta_{ao}$  zwischen den Innenringen eliminiert, dadurch ergibt sich für Lager A und Lager B eine Einfederung von  $\delta_{aoA}$  bzw.  $\delta_{aoB}$ . In diesem Fall wirkt eine Vorspannung  $F_{ao}$  auf jedes der beiden Lager. Das Verhältnis zwischen einer äußeren Axiallast  $F_a$  und den Einfederungen in dem Zweiersatz können Sie Abb. 4.4 entnehmen. In Abb. 4.5 und 4.6 sind die gleichen Verhältnisse für einen Dreiersatz DBD dargestellt.

#### O-Anordnung (DB)

Abb. 4.3: Lageranordnung DB mit starrer Vorspannung

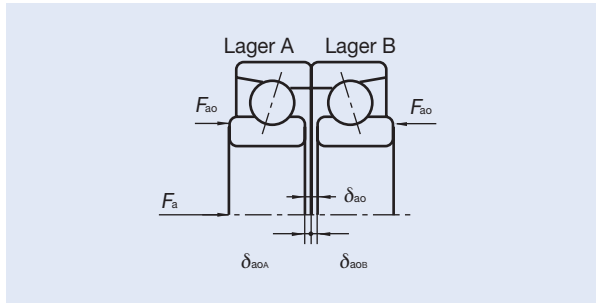
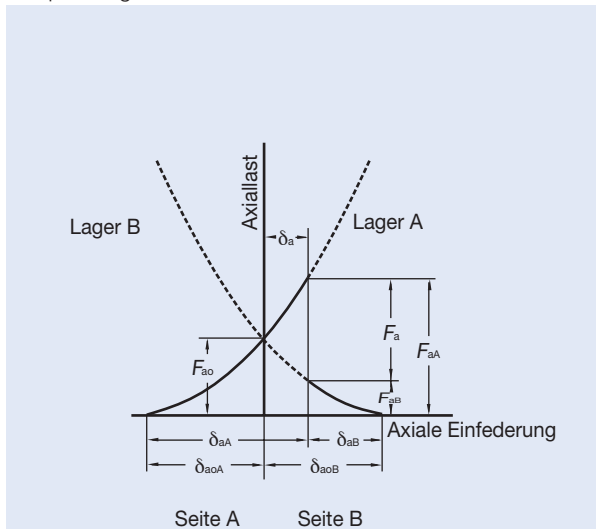


Abb. 4.4: Axiale Einfederung einer DB-Lageranordnung mit Vorspannung



- $F_a$  : äußere Axiallast
- $F_{aA}$  : Axiallast des Lagers A
- $F_{aB}$  : Axiallast des Lagers B
- $\delta_a$  : Einfederung des Zweiersatzes
- $\delta_{aA}$  : Einfederung des Lagers A
- $\delta_{aB}$  : Einfederung des Lagers B

#### Anordnung DBD

Abb. 4.3: Lageranordnung DBD mit Vorspannung

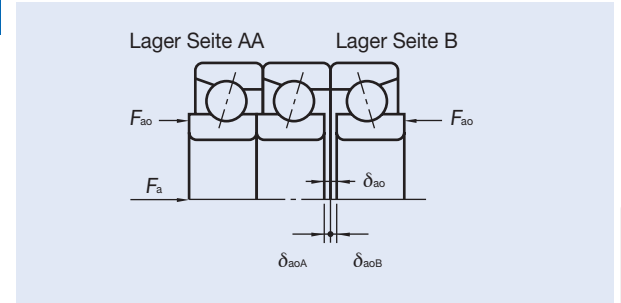
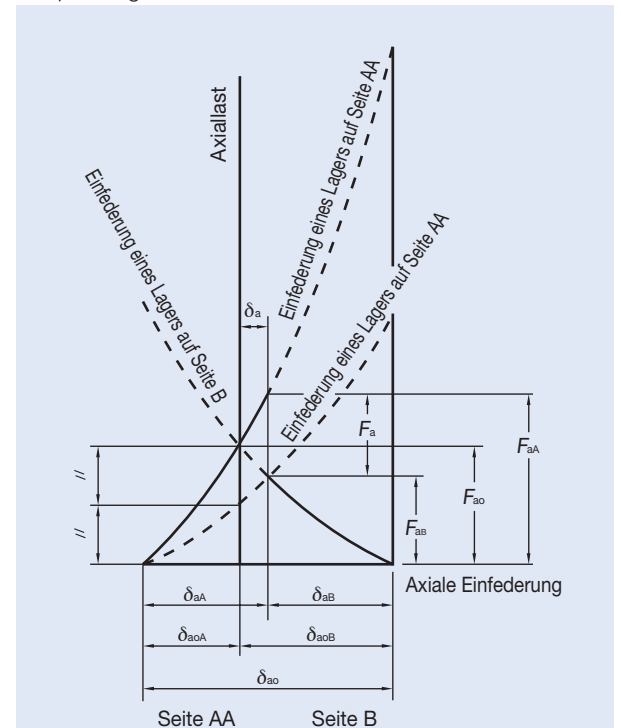


Abb. 4.4: Axiale Einfederung einer DBD-Lageranordnung mit Vorspannung



- $F_a$  : äußere Axiallast
- $F_{aA}$  : Axiallast eines Lagers AA
- $F_{aB}$  : Axiallast des Lagers B
- $\delta_a$  : Einfederung des Dreiersatzes
- $\delta_{aA}$  : Einfederung eines Lagers AA
- $\delta_{aB}$  : Einfederung des Lagers B

# 4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

## Federvorspannung und axiale Steifigkeit

Abb. 4.7 zeigt einen Zweiersatz mit Federvorspannung. Die Kennlinie der Feder verläuft praktisch parallel zur X-Achse, weil die Federn eine geringere Steifigkeit als die Lager aufweisen. Entsprechend ist die Steifigkeit eines Lagers mit Federvorspannung ungefähr genauso groß wie die eines Einzellagers und einer aufgebrachtten Vorspannkraft von  $F_{a0}$ .

Abb. 4.8. vergleicht die Steifigkeiten von Lagern mit starrer Vorspannung und Federvorspannung.

Abb. 4.7: Axiale Einfederung bei Federvorspannung

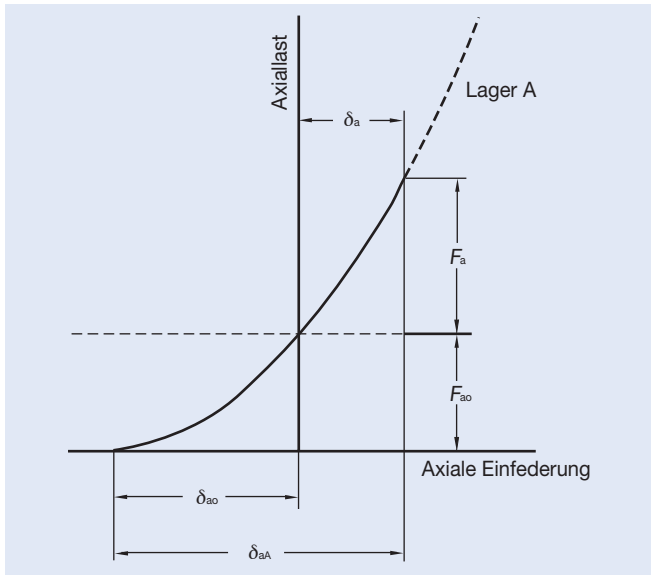
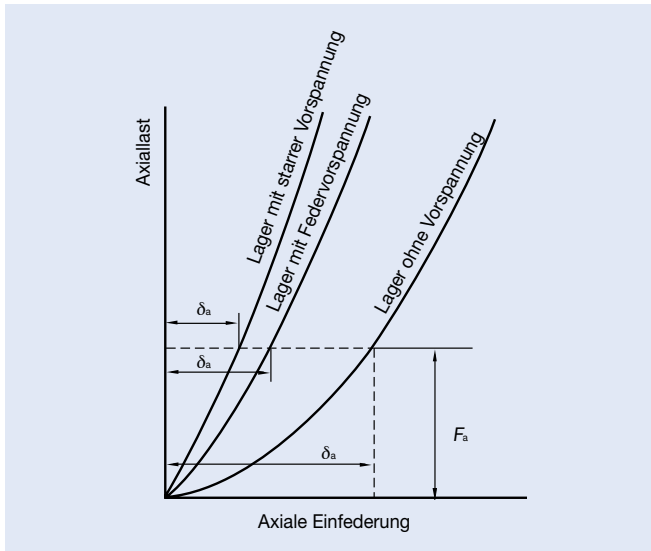


Abb. 4.8: Vergleich von Steifigkeit zu Vorspannung



## Vergleich der Vorspannungsarten

Im Vergleich stellen sich die starre Vorspannung und die Federvorspannung wie folgt dar:

- (1) Bei gleicher Größe der Vorspannung hat der Lagersatz mit der starren Vorspannung eine größere Steifigkeit. Mit anderen Worten: Die Einfederung aufgrund einer externen Belastung ist bei Lagern mit starrer Vorspannung geringer.
- (2) Bei starrer Vorspannung ändert sich diese in Abhängigkeit von Faktoren wie unterschiedlicher axialer Ausdehnung aufgrund eines Temperaturunterschieds zwischen Welle und Gehäuse, unterschiedlicher radialer Ausdehnung wegen eines Temperaturunterschieds zwischen Innen- und Außenring und Einfederung unter Belastung. Mit konstanter Federvorspannung kann man die Änderung der Vorspannkraft minimieren, weil die Schwankungen der Federvorspannkraft bei maßlichen Änderungen der Welle relativ gering sind.

Aus der vorgegangenen Erläuterung wird deutlich, dass eine starre Vorspannung im Allgemeinen die Steifigkeit erhöht, während eine Federvorspannung besser für Anwendungen bei hohen Drehzahlen geeignet ist.

## Höhe der Vorspannung

Höhere Vorspannung bedeutet auch größere Steifigkeit. Wenn die Vorspannung aber größer als tatsächlich erforderlich ist, entsteht im Betrieb zu viel Wärme, die wiederum die Ermüdungslebensdauer der Lager verkürzt. Im Extremfall kann das zu übermäßigem Verschleiß oder sogar zum Blockieren der Lager führen. Die Höhe der Vorspannung muss daher genau bestimmt und darf keinesfalls zu hoch gewählt werden. Dazu sind die Art der Anwendung und die Betriebsbedingungen zu berücksichtigen.

## Lager bei hohen Drehzahlen und Vorspannung

In schnelllaufenden Lagern steigt die Flächenpressung zwischen Kugeln und Innen- und Außenring wegen der steigenden inneren Axialbelastung aufgrund der Fliehkräfte der Kugeln und des Temperaturunterschieds zwischen Innen- und Außenring. In Kugellagern mit einem Druckwinkel, wie in Schrägkugellagern, liegt keine reine Abrollbewegung der Wälzkörper vor. Bei den Kugeln entsteht eine Bohr-/Roll-Bewegung mit Gleitanteilen. Die Temperatur steigt mit zunehmenden Gleitanteilen. Entsprechend entsteht an den Berührungsflächen mehr Wärme und die Viskosität des Schmieröls nimmt ab. Dies kann zum Abreißen des Schmierfilms und nachfolgend zum Blockieren des Lagers führen. Anders ausgedrückt: Bei gleicher Flächenpressung bei niedrigen und hohen Drehzahlen, wird die Wärmeentwicklung aufgrund des Gleitanteils bei hohen Drehzahlen größer. Diese Verhältnisse können durch den Wert „PV“ dargestellt werden. „P“ bezeichnet die Flächenpressung und „V“ den Gleitanteil. Der Wert von „PV“ gilt für den Wälzkontakt im Lager. Mit konstantem „PV“ ist die Gleitung bei höheren Drehzahlen größer als bei niedrigen. Bei höherer Drehzahl allerdings

muss die Vorspannung für eine geringere Flächenpressung gewählt werden. NSK verfügt über ein Computerprogramm zur Berechnung der Flächenpressung und des Gleitanteils bei hohen Drehzahlen. Anhand der vorliegenden Erfahrungswerte und Praxisergebnisse lässt sich die Vorspannung anhand von Grenzwertfaktoren bestimmen, die von der Art der Schmierung und der Drehzahl abhängen. Bei Drehzahlen von mehr als 800.000 n x dm hilft Ihnen NSK bei diesen Berechnungen gern weiter.

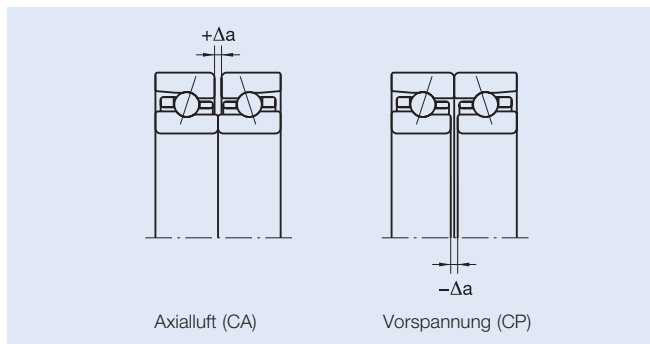
## Sonderluft

Bei werkseitig zusammengestellten Lagersätzen kann NSK mit Sonderlagerluft CA oder Sondervorspannung CP fertigen.

CA: Axialluft (Lagerluft vor Einbau in  $\mu\text{m}$ )

CP: Vorspannung (Vorspannung vor Einbau in  $\mu\text{m}$ )

Abb. 4.9: Sonderluft



## Einstellung der Vorspannung

Bei einer Änderung der Vorspannung (z.B. von EL zu L) muss die Differenz der gemessenen Axialluft durch unterschiedlich breite Zwischenringe ausgeglichen werden. Für eine höhere Vorspannung muss der innere Zwischenring schmäler geschliffen werden. Zur Reduzierung der Vorspannung muss entsprechend der äußere Zwischenring schmäler geschliffen werden. Die Unterschiede der gemessenen Axialluft sind auf den Seiten 156 für unsere Lager aufgelistet.

Tabelle 4.1: Messlast zur Bestimmung der Axialluft

| Außendurchmesser D (mm) |     | Messlast (N) |
|-------------------------|-----|--------------|
| über                    | bis |              |
| 10 *                    | 50  | 24,5         |
| 50                      | 120 | 49,0         |
| 120                     | 200 | 98,0         |
| 200                     | —   | 196,0        |

(\*) einschl. 10 mm Durchmesser

Abb. 4.10: Radialluft in zweireihigen Zylinderrollenlagern und Veränderung der Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt

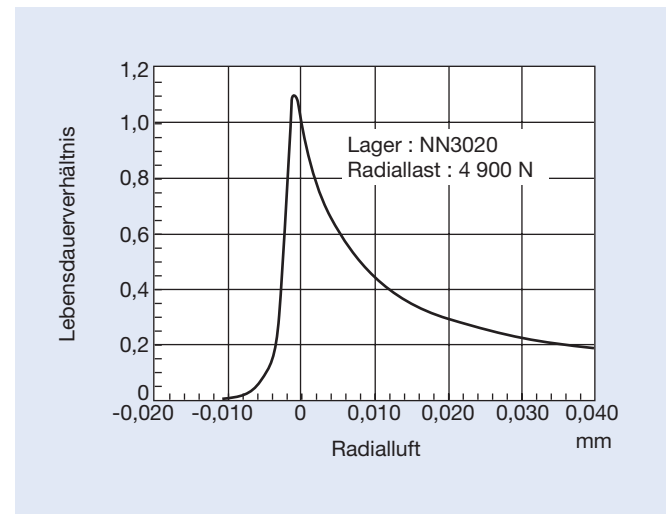
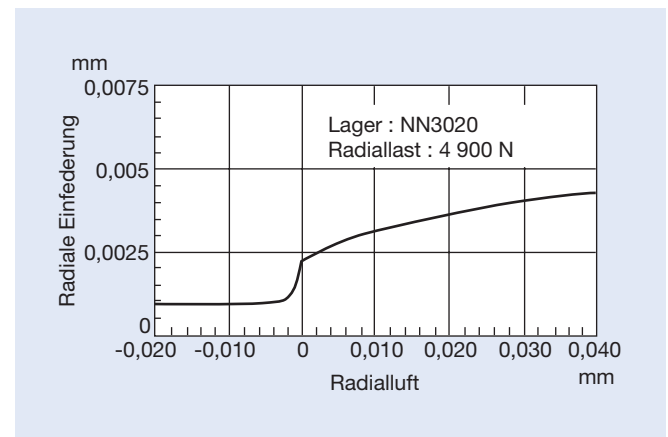


Abb. 4.11: Radialluft in zweireihigen Zylinderrollenlagern und Schwankungen der Steifigkeit



## Luft in Zylinderrollenlagern

Damit Werkzeugmaschinen spindeln mit großer Laufgenauigkeit und hoher Steifigkeit betrieben werden können, werden Lager mit minimaler Lagerluft bzw. Vorspannung im eingebauten Zustand eingesetzt.

Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung ermöglichen eine einfachere Einstellung der Lagerluft. Im Allgemeinen werden Zylinderrollenlager am vorderen Spindelende (Festlagerseite) der Spindel so eingestellt, dass im Betrieb eine gewisse Vorspannung vorliegt. Die Lager am hinteren Spindelende (Loslager) werden beim Einbau auf eine geringe Lagerluft im Betrieb eingestellt. Der Betrag der Radialluft im eingebauten Lager hängt von Faktoren wie Drehzahl, Belastung, Art der Schmierung, Lagergröße, erforderlicher Steifigkeit, Lebensdauer etc. ab. Abb. 4.10 zeigt den Zusammenhang zwischen Radialluft und Lebensdauer eines Lagers. Aus Abb. 4.11 ist der Zusammenhang zwischen Radialluft und elastischen Einfeldungen eines Lagers NN3020 (Bohrungsdurchmesser 100 mm, Außendurchmesser 150 mm, Breite 37 mm) zu ersehen.

# 4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

## Vorspannung und Steifigkeit (Anordnung DB und DF)

Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihe)

### Berechnung der radialen Steifigkeit

Axiale Steifigkeit mit dem Faktor aus Tabelle A multiplizieren.

Tabelle A

|     | EL  | L   | M   | H   |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15° | 6,5 | 6,0 | 5,0 | 4,5 |
| 18° |     | 4,5 |     |     |
| 25° |     | 2,0 |     |     |
| 30° |     | 1,4 |     |     |
| 40° | 0,7 |     |     |     |

### Reihe 79, Druckwinkel C

Druckwinkel 15°, Stahlkugeln und Keramikkugeln\*

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser (mm) | Vorspannung (N) | EL axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | L axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | M axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | H axiale Steifigkeit (N/μm) |
|--------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 00                 | 10                       | 7,0             | (5) 10                       | 15              | (2) 14                      | 29              | (-1) 19                     | 59              | (-6) 27                     |
| 01                 | 12                       | 8,6             | (4) 12                       | 15              | (2) 16                      | 39              | (-3) 24                     | 78              | (-8) 34                     |
| 02                 | 15                       | 12,0            | (3) 14                       | 25              | (0) 20                      | 49              | (-4) 26                     | 100             | (-11) 38                    |
| 03                 | 17                       | 12,0            | (3) 15                       | 25              | (0) 20                      | 59              | (-5) 30                     | 120             | (-12) 43                    |
| 04                 | 20                       | 19,0            | (1) 19                       | 39              | (-3) 26                     | 78              | (-8) 35                     | 150             | (-15) 48                    |
| 05                 | 25                       | 19,0            | (1) 21                       | 39              | (-2) 28                     | 100             | (-9) 43                     | 200             | (-17) 61                    |
| 06                 | 30                       | 24,0            | (0) 25                       | 49              | (-3) 33                     | 100             | (-8) 45                     | 200             | (-16) 65                    |
| 07                 | 35                       | 34,0            | (2) 29                       | 69              | (-2) 39                     | 150             | (-9) 55                     | 290             | (-18) 78                    |
| 08                 | 40                       | 39,0            | (1) 32                       | 78              | (-3) 42                     | 200             | (-12) 63                    | 390             | (-22) 88                    |
| 09                 | 45                       | 50,0            | (0) 37                       | 100             | (-5) 50                     | 200             | (-11) 66                    | 390             | (-21) 94                    |
| 10                 | 50                       | 50,0            | (0) 39                       | 100             | (-4) 51                     | 250             | (-13) 78                    | 490             | (-24) 111                   |
| 11                 | 55                       | 60,0            | (-1) 45                      | 120             | (-5) 58                     | 290             | (-15) 90                    | 590             | (-26) 127                   |
| 12                 | 60                       | 60,0            | (-1) 46                      | 120             | (-5) 60                     | 290             | (-15) 93                    | 590             | (-25) 128                   |
| 13                 | 65                       | 75,0            | (-2) 53                      | 150             | (-7) 71                     | 340             | (-16) 104                   | 690             | (-27) 146                   |
| 14                 | 70                       | 100,0           | (-4) 59                      | 200             | (-10) 79                    | 490             | (-22) 119                   | 980             | (-36) 168                   |
| 15                 | 75                       | 100,0           | (-4) 61                      | 200             | (-9) 79                     | 490             | (-21) 120                   | 980             | (-35) 171                   |
| 16                 | 80                       | 100,0           | (-4) 62                      | 200             | (-9) 80                     | 490             | (-21) 124                   | 980             | (-34) 173                   |
| 17                 | 85                       | 145,0           | (-6) 73                      | 290             | (-14) 98                    | 640             | (-25) 138                   | 1 270           | (-41) 191                   |
| 18                 | 90                       | 145,0           | (-3) 79                      | 290             | (-9) 102                    | 740             | (-23) 156                   | 1 470           | (-39) 219                   |
| 19                 | 95                       | 145,0           | (-3) 81                      | 290             | (-9) 105                    | 780             | (-24) 165                   | 1 570           | (-40) 231                   |
| 20                 | 100                      | 195,0           | (-5) 83                      | 390             | (-13) 112                   | 880             | (-28) 164                   | 1 770           | (-46) 231                   |
| 21                 | 105                      | 195,0           | (-5) 86                      | 390             | (-13) 116                   | 880             | (-27) 167                   | 1 770           | (-45) 235                   |
| 22                 | 110                      | 195,0           | (-5) 89                      | 390             | (-13) 120                   | 930             | (-27) 173                   | 1 860           | (-45) 244                   |
| 24                 | 120                      | 270,0           | (-8) 102                     | 540             | (-17) 135                   | 1 270           | (-35) 200                   | 2 550           | (-56) 278                   |
| 26                 | 130                      | 320,0           | (-10) 108                    | 640             | (-20) 148                   | 1 470           | (-38) 214                   | 2 940           | (-61) 302                   |
| 28                 | 140                      | 320,0           | (-10) 111                    | 640             | (-19) 150                   | 1 470           | (-37) 218                   | 2 940           | (-60) 309                   |
| 30                 | 150                      | 395,0           | (-7) 124                     | 790             | (-19) 168                   | 1 790           | (-41) 248                   | 3 560           | (-68) 351                   |
| 32                 | 160                      | 425,0           | (-8) 134                     | 855             | (-19) 179                   | 1 930           | (-39) 258                   | 3 840           | (-64) 361                   |
| 34                 | 170                      | 485,0           | (-9) 151                     | 970             | (-20) 200                   | 2 180           | (-40) 288                   | 4 310           | (-65) 403                   |
| 36                 | 180                      | 595,0           | (-12) 158                    | 1 190           | (-25) 211                   | 2 650           | (-48) 302                   | 5 340           | (-78) 425                   |
| 38                 | 190                      | 605,0           | (-12) 162                    | 1 210           | (-25) 217                   | 2 790           | (-49) 315                   | 5 600           | (-79) 443                   |
| 40                 | 200                      | 785,0           | (-16) 183                    | 1 570           | (-31) 244                   | 3 570           | (-58) 352                   | 7 110           | (-92) 493                   |
| 44                 | 220                      | 845,0           | (-17) 193                    | 1 680           | (-32) 256                   | 3 770           | (-59) 368                   | 7 480           | (-93) 515                   |
| 48                 | 240                      | 910,0           | (-17) 211                    | 1 820           | (-32) 281                   | 4 120           | (-59) 405                   | 8 200           | (-93) 568                   |
| 52                 | 260                      | 1 180,0         | (-24) 215                    | 2 360           | (-43) 286                   | 5 290           | (-77) 410                   | 10 650          | (-121) 577                  |
| 56                 | 280                      | 1 320,0         | (-25) 242                    | 2 650           | (-44) 322                   | 6 020           | (-78) 461                   | 11 970          | (-122) 648                  |

**Berechnung von Vorspannung und axialer Steifigkeit für Lagersätze mit dem Faktor nach Tabelle B multiplizieren.**

|                     | DBD  | DBB |
|---------------------|------|-----|
| Vorspannung         | 1,36 | 2   |
| axiale Steifigkeit  | 1,48 | 2   |
| radiale Steifigkeit | 1,54 | 2   |

Zur Berechnung der radialen Steifigkeit den aus Tabelle A errechneten Wert mit dem Faktor in Tabelle B multiplizieren.

**Reihe 79, Druckwinkel A5  
Druckwinkel 25°, Stahlkugeln und Keramikkugeln\***

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser (mm) | Vorspannung (N) | EL axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | L axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | M axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | H axiale Steifigkeit (N/μm) |
|--------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 00                 | 10                       | 9,8             | (2) 24                       | 20              | (1) 31                      | 49              | (-3) 44                     | 100             | (-6) 59                     |
| 01                 | 12                       | 16,0            | (1) 32                       | 29              | (0) 38                      | 59              | (-3) 52                     | 120             | (-7) 70                     |
| 02                 | 15                       | 16,0            | (1) 33                       | 39              | (-1) 46                     | 78              | (-4) 60                     | 150             | (-9) 78                     |
| 03                 | 17                       | 19,0            | (1) 34                       | 39              | (-1) 46                     | 78              | (-4) 62                     | 150             | (-8) 81                     |
| 04                 | 20                       | 29,0            | (0) 43                       | 59              | (-3) 60                     | 120             | (-6) 75                     | 250             | (-12) 103                   |
| 05                 | 25                       | 34,0            | (-1) 56                      | 69              | (-3) 70                     | 150             | (-7) 95                     | 290             | (-12) 123                   |
| 06                 | 30                       | 39,0            | (-1) 61                      | 78              | (-3) 77                     | 150             | (-6) 99                     | 290             | (-11) 131                   |
| 07                 | 35                       | 50,0            | (0) 70                       | 100             | (-3) 94                     | 250             | (-8) 127                    | 490             | (-15) 170                   |
| 08                 | 40                       | 60,0            | (-1) 72                      | 120             | (-3) 97                     | 290             | (-9) 139                    | 590             | (-16) 182                   |
| 09                 | 45                       | 75,0            | (-1) 87                      | 150             | (-4) 114                    | 340             | (-10) 160                   | 690             | (-17) 207                   |
| 10                 | 50                       | 75,0            | (-1) 94                      | 150             | (-4) 124                    | 390             | (-10) 175                   | 780             | (-18) 235                   |
| 11                 | 55                       | 100,0           | (-2) 112                     | 200             | (-5) 144                    | 440             | (-11) 198                   | 880             | (-18) 263                   |
| 12                 | 60                       | 100,0           | (-2) 117                     | 200             | (-5) 150                    | 440             | (-10) 198                   | 880             | (-18) 267                   |
| 13                 | 65                       | 100,0           | (-2) 125                     | 200             | (-5) 161                    | 490             | (-11) 223                   | 980             | (-18) 289                   |
| 14                 | 70                       | 145,0           | (-3) 138                     | 290             | (-7) 183                    | 690             | (-14) 249                   | 1 370           | (-24) 334                   |
| 15                 | 75                       | 145,0           | (-3) 142                     | 290             | (-7) 188                    | 740             | (-15) 267                   | 1 470           | (-24) 347                   |
| 16                 | 80                       | 170,0           | (-4) 156                     | 340             | (-8) 203                    | 780             | (-15) 274                   | 1 570           | (-25) 367                   |
| 17                 | 85                       | 220,0           | (-5) 172                     | 440             | (-9) 229                    | 980             | (-17) 306                   | 1 960           | (-28) 396                   |
| 18                 | 90                       | 245,0           | (-4) 188                     | 490             | (-8) 253                    | 1 080           | (-16) 340                   | 2 160           | (-27) 449                   |
| 19                 | 95                       | 245,0           | (-3) 195                     | 490             | (-8) 262                    | 1 180           | (-17) 363                   | 2 350           | (-28) 475                   |
| 20                 | 100                      | 295,0           | (-5) 197                     | 590             | (-10) 266                   | 1 270           | (-18) 346                   | 2 550           | (-31) 463                   |
| 21                 | 105                      | 295,0           | (-4) 203                     | 590             | (-9) 264                    | 1 370           | (-19) 368                   | 2 750           | (-32) 490                   |
| 22                 | 110                      | 320,0           | (-5) 222                     | 640             | (-10) 284                   | 1 470           | (-20) 391                   | 2 940           | (-33) 517                   |
| 24                 | 120                      | 440,0           | (-7) 244                     | 880             | (-13) 328                   | 1 960           | (-24) 441                   | 3 920           | (-39) 580                   |
| 26                 | 130                      | 490,0           | (-7) 262                     | 980             | (-14) 346                   | 2 160           | (-25) 460                   | 4 310           | (-41) 611                   |
| 28                 | 140                      | 490,0           | (-7) 273                     | 980             | (-13) 348                   | 2 260           | (-25) 479                   | 4 510           | (-41) 635                   |
| 30                 | 150                      | 625,0           | (-7) 308                     | 1 250           | (-14) 393                   | 2 880           | (-28) 540                   | 5 860           | (-47) 719                   |
| 32                 | 160                      | 665,0           | (-7) 330                     | 1 330           | (-14) 422                   | 3 230           | (-29) 592                   | 6 290           | (-47) 775                   |
| 34                 | 170                      | 775,0           | (-8) 376                     | 1 550           | (-15) 478                   | 3 520           | (-29) 653                   | 7 110           | (-48) 867                   |
| 36                 | 180                      | 1 010,0         | (-10) 397                    | 2 020           | (-19) 514                   | 4 420           | (-35) 693                   | 8 830           | (-57) 917                   |
| 38                 | 190                      | 1 035,0         | (-10) 409                    | 2 070           | (-19) 531                   | 4 550           | (-35) 717                   | 9 110           | (-57) 949                   |
| 40                 | 200                      | 1 280,0         | (-12) 453                    | 2 560           | (-22) 585                   | 5 840           | (-41) 801                   | 11 620          | (-66) 1 057                 |
| 44                 | 220                      | 1 310,0         | (-12) 466                    | 2 620           | (-22) 604                   | 6 020           | (-41) 828                   | 11 990          | (-66) 1 095                 |
| 48                 | 240                      | 1 430,0         | (-12) 513                    | 2 870           | (-22) 666                   | 6 620           | (-41) 914                   | 13 220          | (-66) 1 210                 |
| 52                 | 260                      | 1 930,0         | (-17) 530                    | 3 870           | (-30) 687                   | 8 700           | (-54) 937                   | 17 380          | (-86) 1 238                 |
| 56                 | 280                      | 2 110,0         | (-17) 591                    | 4 220           | (-30) 767                   | 9 680           | (-54) 1047                  | 19 260          | (-85) 1 384                 |

**Reihe 70, Druckwinkel C  
Druckwinkel 15°, Stahlkugeln und Keramikkugeln\***

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser (mm) | Vorspannung (N) | EL axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | L axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | M axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | H axiale Steifigkeit (N/μm) |
|--------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 00                 | 10                       | 12              | (3) 12                       | 25              | (0) 17                      | 49              | (-5) 23                     | 100             | (-12) 32                    |
| 01                 | 12                       | 12              | (3) 14                       | 25              | (0) 18                      | 59              | (-6) 26                     | 120             | (-14) 37                    |
| 02                 | 15                       | 14              | (3) 16                       | 29              | (-1) 20                     | 69              | (-7) 29                     | 150             | (-16) 43                    |
| 03                 | 17                       | 14              | (2) 16                       | 29              | (-1) 21                     | 69              | (-7) 31                     | 150             | (-16) 45                    |
| 04                 | 20                       | 24              | (0) 21                       | 49              | (-4) 28                     | 120             | (-12) 42                    | 250             | (-22) 59                    |
| 05                 | 25                       | 29              | (-1) 24                      | 59              | (-5) 32                     | 150             | (-14) 48                    | 290             | (-24) 68                    |
| 06                 | 30                       | 39              | (1) 29                       | 78              | (-3) 39                     | 200             | (-13) 59                    | 390             | (-24) 83                    |
| 07                 | 35                       | 60              | (-1) 36                      | 120             | (-7) 49                     | 250             | (-16) 68                    | 490             | (-28) 94                    |
| 08                 | 40                       | 60              | (-1) 39                      | 120             | (-6) 51                     | 290             | (-17) 77                    | 590             | (-30) 110                   |
| 09                 | 45                       | 75              | (-3) 43                      | 150             | (-8) 58                     | 340             | (-19) 85                    | 690             | (-33) 121                   |
| 10                 | 50                       | 75              | (-2) 46                      | 150             | (-8) 63                     | 390             | (-20) 96                    | 780             | (-34) 136                   |
| 11                 | 55                       | 100             | (-4) 51                      | 200             | (-11) 69                    | 490             | (-24) 102                   | 980             | (-40) 145                   |
| 12                 | 60                       | 100             | (-4) 53                      | 200             | (-10) 70                    | 540             | (-25) 110                   | 1 080           | (-42) 158                   |
| 13                 | 65                       | 125             | (-6) 61                      | 250             | (-13) 82                    | 540             | (-24) 117                   | 1 080           | (-39) 164                   |
| 14                 | 70                       | 145             | (-7) 68                      | 290             | (-14) 88                    | 740             | (-30) 135                   | 1 470           | (-48) 190                   |
| 15                 | 75                       | 145             | (-7) 70                      | 290             | (-14) 92                    | 780             | (-31) 144                   | 1 570           | (-49) 202                   |
| 16                 | 80                       | 195             | (-6) 76                      | 390             | (-14) 103                   | 930             | (-31) 152                   | 1 860           | (-52) 216                   |
| 17                 | 85                       | 195             | (-6) 78                      | 390             | (-14) 106                   | 980             | (-32) 161                   | 1 960           | (-52) 225                   |
| 18                 | 90                       | 245             | (-8) 87                      | 490             | (-18) 117                   | 1 180           | (-37) 172                   | 2 350           | (-60) 242                   |
| 19                 | 95                       | 270             | (-9) 93                      | 540             | (-19) 124                   | 1 180           | (-36) 176                   | 2 350           | (-58) 246                   |
| 20                 | 100                      | 270             | (-9) 97                      | 540             | (-18) 127                   | 1 270           | (-37) 187                   | 2 550           | (-60) 264                   |
| 21                 | 105                      | 320             | (-11) 103                    | 640             | (-21) 134                   | 1 470           | (-42) 198                   | 2 940           | (-67) 277                   |
| 22                 | 110                      | 370             | (-13) 104                    | 740             | (-25) 137                   | 1 770           | (-49) 203                   | 3 530           | (-78) 286                   |
| 24                 | 120                      | 415             | (-14) 116                    | 830             | (-26) 153                   | 1 960           | (-50) 225                   | 3 920           | (-79) 317                   |
| 26                 | 130                      | 490             | (-16) 126                    | 980             | (-29) 167                   | 2 260           | (-54) 244                   | 4 510           | (-85) 344                   |
| 28                 | 140                      | 500             | (-11) 132                    | 1 000           | (-24) 174                   | 2 210           | (-49) 254                   | 4 420           | (-81) 361                   |
| 30                 | 150                      | 575             | (-13) 141                    | 1 150           | (-27) 187                   | 2 560           | (-55) 276                   | 5 100           | (-88) 386                   |
| 32                 | 160                      | 625             | (-14) 147                    | 1 250           | (-29) 197                   | 2 930           | (-57) 288                   | 5 840           | (-90) 403                   |
| 34                 | 170                      | 780             | (-18) 160                    | 1 560           | (-35) 213                   | 3 560           | (-66) 309                   | 7 150           | (-104) 435                  |
| 36                 | 180                      | 930             | (-21) 179                    | 1 860           | (-39) 238                   | 4 160           | (-71) 342                   | 8 320           | (-111) 479                  |
| 38                 | 190                      | 1 030           | (-23) 188                    | 2 060           | (-42) 251                   | 4 640           | (-76) 360                   | 9 340           | (-119) 507                  |
| 40                 | 200                      | 1 150           | (-25) 198                    | 2 300           | (-45) 264                   | 5 170           | (-81) 379                   | 10 350          | (-126) 533                  |



# 4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

## Vorspannung und Steifigkeit (Anordnung DB und DF)

### Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihe)

## Berechnung der radialen Steifigkeit

Axiale Steifigkeit mit dem Faktor aus Tabelle A multiplizieren.

Tabelle A

|     | EL  | L   | M   | H   |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15° | 6,5 | 6,0 | 5,0 | 4,5 |
| 18° |     | 4,5 |     |     |
| 25° |     | 2,0 |     |     |
| 30° |     | 1,4 |     |     |
| 40° | 0,7 |     |     |     |

### Reihe 70, Druckwinkel A5

### Druckwinkel 25°, Stahlkugeln und Keramikugeln\*

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser (mm) | Vorspannung (N) | EL axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | L axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | M axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | H axiale Steifigkeit (N/μm) |
|--------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 00                 | 10                       | 19              | (1) 29                       | 39              | (-2) 41                     | 78              | (-5) 51                     | 150             | (-10) 67                    |
| 01                 | 12                       | 19              | (1) 31                       | 39              | (-2) 45                     | 100             | (-6) 60                     | 200             | (-12) 81                    |
| 02                 | 15                       | 19              | (1) 33                       | 39              | (-1) 43                     | 100             | (-6) 65                     | 200             | (-11) 84                    |
| 03                 | 17                       | 24              | (0) 41                       | 49              | (-2) 52                     | 120             | (-7) 75                     | 250             | (-13) 99                    |
| 04                 | 20                       | 39              | (-1) 51                      | 78              | (-4) 68                     | 200             | (-10) 97                    | 390             | (-17) 128                   |
| 05                 | 25                       | 50              | (-2) 61                      | 100             | (-5) 79                     | 200             | (-9) 99                     | 390             | (-16) 133                   |
| 06                 | 30                       | 60              | (-1) 68                      | 120             | (-4) 89                     | 290             | (-10) 129                   | 590             | (-18) 171                   |
| 07                 | 35                       | 75              | (-1) 78                      | 150             | (-5) 107                    | 390             | (-12) 149                   | 780             | (-21) 198                   |
| 08                 | 40                       | 100             | (-2) 95                      | 200             | (-6) 127                    | 440             | (-12) 168                   | 880             | (-21) 223                   |
| 09                 | 45                       | 100             | (-2) 99                      | 200             | (-6) 132                    | 490             | (-13) 181                   | 980             | (-22) 238                   |
| 10                 | 50                       | 120             | (-3) 118                     | 250             | (-7) 154                    | 590             | (-14) 208                   | 1 180           | (-24) 278                   |
| 11                 | 55                       | 170             | (-4) 127                     | 340             | (-9) 170                    | 780             | (-18) 235                   | 1 570           | (-29) 307                   |
| 12                 | 60                       | 170             | (-4) 134                     | 340             | (-9) 179                    | 780             | (-17) 241                   | 1 570           | (-28) 317                   |
| 13                 | 65                       | 195             | (-5) 157                     | 390             | (-9) 196                    | 880             | (-18) 272                   | 1 770           | (-29) 356                   |
| 14                 | 70                       | 245             | (-6) 170                     | 490             | (-11) 218                   | 1 080           | (-20) 293                   | 2 160           | (-33) 390                   |
| 15                 | 75                       | 245             | (-6) 179                     | 490             | (-11) 229                   | 1 180           | (-21) 316                   | 2 350           | (-34) 418                   |
| 16                 | 80                       | 320             | (-6) 187                     | 640             | (-11) 245                   | 1 470           | (-23) 343                   | 2 940           | (-37) 448                   |
| 17                 | 85                       | 320             | (-5) 196                     | 640             | (-11) 257                   | 1 470           | (-22) 352                   | 2 940           | (-36) 462                   |
| 18                 | 90                       | 390             | (-7) 218                     | 780             | (-13) 275                   | 1 770           | (-25) 374                   | 3 530           | (-41) 494                   |
| 19                 | 95                       | 415             | (-7) 227                     | 830             | (-13) 287                   | 1 860           | (-25) 392                   | 3 730           | (-42) 525                   |
| 20                 | 100                      | 415             | (-7) 235                     | 830             | (-13) 299                   | 1 960           | (-26) 417                   | 3 920           | (-42) 548                   |
| 21                 | 105                      | 490             | (-8) 246                     | 980             | (-15) 317                   | 2 260           | (-28) 430                   | 4 510           | (-46) 571                   |
| 22                 | 110                      | 590             | (-10) 258                    | 1 180           | (-18) 330                   | 2 650           | (-33) 447                   | 5 300           | (-53) 588                   |
| 24                 | 120                      | 635             | (-10) 281                    | 1 270           | (-18) 361                   | 2 940           | (-33) 491                   | 5 880           | (-54) 654                   |
| 26                 | 130                      | 785             | (-12) 305                    | 1 570           | (-20) 396                   | 3 430           | (-36) 536                   | 6 860           | (-58) 710                   |
| 28                 | 140                      | 785             | (-9) 317                     | 1 570           | (-17) 406                   | 3 660           | (-33) 554                   | 7 270           | (-54) 729                   |
| 30                 | 150                      | 930             | (-11) 351                    | 1 850           | (-20) 446                   | 4 070           | (-37) 601                   | 8 250           | (-61) 800                   |
| 32                 | 160                      | 1 080           | (-12) 376                    | 2 160           | (-22) 482                   | 4 700           | (-40) 649                   | 9 380           | (-65) 858                   |
| 34                 | 170                      | 1 270           | (-14) 401                    | 2 550           | (-25) 514                   | 5 900           | (-47) 707                   | 11 600          | (-75) 929                   |
| 36                 | 180                      | 1 550           | (-16) 450                    | 3 100           | (-28) 577                   | 6 820           | (-50) 779                   | 13 560          | (-80) 1 028                 |
| 38                 | 190                      | 1 660           | (-17) 460                    | 3 320           | (-29) 599                   | 7 560           | (-53) 819                   | 15 130          | (-85) 1 084                 |
| 40                 | 200                      | 1 850           | (-18) 493                    | 3 700           | (-31) 631                   | 8 360           | (-56) 860                   | 16 820          | (-90) 1 141                 |

### Reihe 70, Druckwinkel A

### Druckwinkel 30°, Stahlkugeln

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser (mm) | Vorspannung (N) | EL axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | L axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | M axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | H axiale Steifigkeit (N/μm) |
|--------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| 00                 | 10                       | 25              | (0) 44                       | 100             | (-5) 71                     | 210             | (-10) 94                    | 330             | (-15) 115                   |
| 01                 | 12                       | 25              | (0) 48                       | 110             | (-5) 78                     | 220             | (-10) 104                   | 360             | (-15) 127                   |
| 02                 | 15                       | 25              | (0) 50                       | 110             | (-5) 85                     | 240             | (-10) 113                   | 390             | (-15) 139                   |
| 03                 | 17                       | 25              | (0) 52                       | 120             | (-5) 91                     | 250             | (-10) 122                   | 420             | (-15) 151                   |
| 04                 | 20                       | 25              | (0) 58                       | 130             | (-5) 103                    | 280             | (-10) 139                   | 470             | (-15) 170                   |
| 05                 | 25                       | 25              | (0) 61                       | 140             | (-5) 111                    | 290             | (-10) 149                   | 510             | (-15) 183                   |
| 06                 | 30                       | 50              | (0) 85                       | 190             | (-5) 138                    | 390             | (-10) 180                   | 640             | (-15) 217                   |
| 07                 | 35                       | 50              | (0) 92                       | 210             | (-5) 150                    | 420             | (-10) 196                   | 700             | (-15) 237                   |
| 08                 | 40                       | 50              | (0) 100                      | 220             | (-5) 168                    | 460             | (-10) 220                   | 760             | (-15) 267                   |
| 09                 | 45                       | 50              | (0) 103                      | 230             | (-5) 175                    | 480             | (-10) 230                   | 1 180           | (-20) 324                   |
| 10                 | 50                       | 50              | (0) 110                      | 250             | (-5) 194                    | 530             | (-10) 255                   | 1 270           | (-20) 360                   |
| 11                 | 55                       | 50              | (0) 112                      | 250             | (-5) 196                    | 880             | (-15) 311                   | 1 270           | (-20) 360                   |
| 12                 | 60                       | 50              | (0) 116                      | 250             | (-5) 205                    | 930             | (-15) 327                   | 1 370           | (-20) 380                   |
| 13                 | 65                       | 50              | (0) 124                      | 270             | (-5) 224                    | 980             | (-15) 360                   | 1 470           | (-20) 417                   |
| 14                 | 70                       | 50              | (0) 127                      | 270             | (-5) 230                    | 1 080           | (-15) 370                   | 2 060           | (-25) 482                   |
| 15                 | 75                       | 50              | (0) 131                      | 280             | (-5) 241                    | 1 080           | (-15) 387                   | 2 160           | (-25) 505                   |
| 16                 | 80                       | 100             | (0) 168                      | 760             | (-10) 340                   | 1 770           | (-20) 464                   | 3 040           | (-30) 572                   |
| 17                 | 85                       | 100             | (0) 173                      | 780             | (-10) 355                   | 1 860           | (-20) 486                   | 3 240           | (-30) 600                   |
| 18                 | 90                       | 100             | (0) 174                      | 780             | (-10) 358                   | 2 450           | (-25) 542                   | 3 920           | (-35) 650                   |
| 19                 | 95                       | 100             | (0) 180                      | 810             | (-10) 372                   | 2 550           | (-25) 568                   | 4 120           | (-35) 680                   |
| 20                 | 100                      | 100             | (0) 185                      | 840             | (-10) 368                   | 2 750           | (-25) 595                   | 4 310           | (-35) 713                   |
| 21                 | 105                      | 100             | (0) 185                      | 840             | (-10) 388                   | 2 750           | (-25) 591                   | 4 310           | (-35) 707                   |
| 22                 | 110                      | 100             | (0) 180                      | 1 320           | (-15) 443                   | 3 330           | (-30) 620                   | 5 980           | (-45) 774                   |
| 24                 | 120                      | 100             | (0) 193                      | 1 470           | (-15) 486                   | 3 630           | (-30) 683                   | 6 570           | (-45) 853                   |
| 26                 | 130                      | 100             | (0) 200                      | 1 470           | (-15) 507                   | 4 710           | (-35) 772                   | 7 940           | (-50) 942                   |
| 28                 | 140                      | 100             | (0) 206                      | 1 770           | (-15) 557                   | 5 300           | (-35) 828                   | 8 730           | (-50) 1 005                 |
| 30                 | 150                      | 200             | (0) 256                      | 1 830           | (-15) 573                   | 5 850           | (-37) 876                   | 11 700          | (-60) 1 146                 |
| 32                 | 160                      | 200             | (0) 260                      | 1 880           | (-15) 591                   | 5 545           | (-35) 870                   | 12 070          | (-60) 1 143                 |
| 34                 | 170                      | 200             | (0) 262                      | 2 669           | (-20) 669                   | 6 024           | (-37) 899                   | 12 048          | (-60) 1 178                 |
| 36                 | 180                      | 200             | (0) 273                      | 3 580           | (-24) 778                   | 7 157           | (-40) 1 001                 | 14 314          | (-64) 1 311                 |
| 38                 | 190                      | 200             | (0) 276                      | 3 851           | (-25) 809                   | 8 081           | (-43) 1 060                 | 16 162          | (-69) 1 389                 |
| 40                 | 200                      | 200             | (0) 279                      | 5 012           | (-30) 902                   | 13 314          | (-60) 1 294                 | 26 628          | (-95) 1 708                 |

\* Bei Lagern mit Keramikugeln sind Vorspannung und axiale Steifigkeit 1,2-mal so groß als bei Lagern mit Stahlkugeln. Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.



**Berechnung von Vorspannung und axialer Steifigkeit für Lagersätze mit dem Faktor nach Tabelle B multiplizieren.**

|                     | DBD  | DBB |
|---------------------|------|-----|
| Vorspannung         | 1,36 | 2   |
| axiale Steifigkeit  | 1,48 | 2   |
| radiale Steifigkeit | 1,54 | 2   |

Zur Berechnung der radialen Steifigkeit den aus Tabelle A errechneten Wert mit dem Faktor in Tabelle B multiplizieren.

**Reihe 72, Druckwinkel C  
Druckwinkel 15°, Stahlkugeln**

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | EL                 |                              | L                  |                              | M                  |                              | H                  |                              |     |       |        |     |
|--------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|-----|-------|--------|-----|
|                    |                             | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |     |       |        |     |
| 00                 | 10                          | 14                 | (3)                          | 13                 | 29                           | (-1)               | 18                           | 69                 | (-8)                         | 27  | 150   | (-18)  | 38  |
| 01                 | 12                          | 19                 | (1)                          | 16                 | 39                           | (-3)               | 21                           | 100                | (-12)                        | 33  | 200   | (-22)  | 46  |
| 02                 | 15                          | 19                 | (1)                          | 17                 | 39                           | (-3)               | 23                           | 100                | (-11)                        | 34  | 200   | (-21)  | 48  |
| 03                 | 17                          | 24                 | (0)                          | 19                 | 49                           | (-4)               | 25                           | 150                | (-16)                        | 42  | 290   | (-28)  | 59  |
| 04                 | 20                          | 34                 | (-2)                         | 23                 | 69                           | (-7)               | 30                           | 200                | (-20)                        | 49  | 390   | (-33)  | 70  |
| 05                 | 25                          | 39                 | (1)                          | 26                 | 78                           | (-4)               | 36                           | 200                | (-14)                        | 53  | 390   | (-26)  | 76  |
| 06                 | 30                          | 60                 | (-1)                         | 32                 | 120                          | (-8)               | 43                           | 290                | (-20)                        | 66  | 590   | (-35)  | 94  |
| 07                 | 35                          | 75                 | (-3)                         | 37                 | 150                          | (-10)              | 50                           | 390                | (-25)                        | 75  | 780   | (-43)  | 108 |
| 08                 | 40                          | 100                | (-5)                         | 44                 | 200                          | (-13)              | 60                           | 490                | (-29)                        | 90  | 980   | (-47)  | 126 |
| 09                 | 45                          | 125                | (-7)                         | 49                 | 250                          | (-16)              | 67                           | 540                | (-30)                        | 94  | 1 080 | (-49)  | 132 |
| 10                 | 50                          | 125                | (-7)                         | 52                 | 250                          | (-15)              | 69                           | 590                | (-31)                        | 102 | 1 180 | (-50)  | 143 |
| 11                 | 55                          | 145                | (-8)                         | 56                 | 290                          | (-17)              | 74                           | 780                | (-38)                        | 117 | 1 570 | (-60)  | 163 |
| 12                 | 60                          | 195                | (-11)                        | 64                 | 390                          | (-22)              | 86                           | 930                | (-42)                        | 126 | 1 860 | (-67)  | 179 |
| 13                 | 65                          | 220                | (-12)                        | 71                 | 440                          | (-23)              | 95                           | 1 080              | (-44)                        | 141 | 2 160 | (-70)  | 200 |
| 14                 | 70                          | 245                | (-9)                         | 75                 | 490                          | (-20)              | 100                          | 1 180              | (-43)                        | 148 | 2 350 | (-69)  | 210 |
| 15                 | 75                          | 270                | (-10)                        | 81                 | 540                          | (-21)              | 108                          | 1 230              | (-42)                        | 157 | 2 450 | (-68)  | 220 |
| 16                 | 80                          | 295                | (-12)                        | 83                 | 590                          | (-24)              | 109                          | 1 370              | (-47)                        | 159 | 2 750 | (-76)  | 224 |
| 17                 | 85                          | 345                | (-14)                        | 88                 | 690                          | (-27)              | 120                          | 1 670              | (-53)                        | 177 | 3 330 | (-85)  | 251 |
| 18                 | 90                          | 390                | (-15)                        | 97                 | 780                          | (-29)              | 126                          | 1 860              | (-57)                        | 187 | 3 730 | (-90)  | 263 |
| 19                 | 95                          | 440                | (-18)                        | 98                 | 880                          | (-33)              | 130                          | 2 060              | (-63)                        | 192 | 4 120 | (-99)  | 271 |
| 20                 | 100                         | 490                | (-20)                        | 101                | 980                          | (-36)              | 137                          | 2 350              | (-68)                        | 202 | 4 710 | (-107) | 285 |
| 21                 | 105                         | 540                | (-21)                        | 108                | 1 080                        | (-38)              | 144                          | 2 650              | (-73)                        | 216 | 5 300 | (-114) | 305 |
| 22                 | 110                         | 635                | (-24)                        | 117                | 1 270                        | (-43)              | 156                          | 2 940              | (-78)                        | 228 | 5 880 | (-121) | 321 |
| 24                 | 120                         | 700                | (-19)                        | 128                | 1 400                        | (-38)              | 170                          | 3 210              | (-73)                        | 247 | 6 350 | (-116) | 345 |
| 26                 | 130                         | 760                | (-20)                        | 138                | 1 520                        | (-39)              | 183                          | 3 400              | (-73)                        | 262 | 6 740 | (-116) | 367 |
| 28                 | 140                         | 925                | (-24)                        | 152                | 1 850                        | (-45)              | 202                          | 4 110              | (-82)                        | 288 | 8 300 | (-131) | 406 |
| 30                 | 150                         | 1 110              | (-28)                        | 167                | 2 220                        | (-51)              | 222                          | 4 960              | (-92)                        | 318 | 9 970 | (-145) | 447 |

Vorspannung und Steifigkeit

**Reihe 72, Druckwinkel A5  
Druckwinkel 25°, Stahlkugeln**

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | EL                 |                              | L                  |                              | M                  |                              | H                  |                              |
|--------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                    |                             | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
| 00                 | 10                          | 19                 | (1) 29                       | 39                 | (-2) 41                      | 100                | (-7) 58                      | 200                | (-13) 73                     |
| 01                 | 12                          | 29                 | (-1) 36                      | 59                 | (-3) 49                      | 150                | (-9) 70                      | 290                | (-16) 92                     |
| 02                 | 15                          | 34                 | (-1) 43                      | 69                 | (-4) 57                      | 200                | (-11) 83                     | 390                | (-19) 111                    |
| 03                 | 17                          | 39                 | (-1) 46                      | 78                 | (-4) 60                      | 200                | (-11) 87                     | 390                | (-19) 116                    |
| 04                 | 20                          | 60                 | (-3) 59                      | 120                | (-6) 73                      | 290                | (-14) 104                    | 590                | (-24) 140                    |
| 05                 | 25                          | 75                 | (-2) 68                      | 150                | (-5) 90                      | 340                | (-12) 124                    | 690                | (-22) 167                    |
| 06                 | 30                          | 100                | (-3) 85                      | 200                | (-7) 107                     | 440                | (-15) 147                    | 880                | (-25) 192                    |
| 07                 | 35                          | 125                | (-4) 95                      | 250                | (-8) 118                     | 590                | (-18) 167                    | 1 180              | (-30) 218                    |
| 08                 | 40                          | 145                | (-4) 104                     | 290                | (-9) 136                     | 740                | (-20) 195                    | 1 470              | (-33) 258                    |
| 09                 | 45                          | 170                | (-5) 115                     | 340                | (-10) 147                    | 880                | (-22) 212                    | 1 770              | (-36) 280                    |
| 10                 | 50                          | 195                | (-6) 129                     | 390                | (-11) 163                    | 980                | (-23) 233                    | 1 960              | (-37) 306                    |
| 11                 | 55                          | 245                | (-7) 141                     | 490                | (-13) 181                    | 1 180              | (-26) 255                    | 2 350              | (-42) 337                    |
| 12                 | 60                          | 295                | (-8) 155                     | 590                | (-15) 202                    | 1 470              | (-29) 281                    | 2 940              | (-47) 374                    |
| 13                 | 65                          | 345                | (-9) 177                     | 690                | (-15) 221                    | 1 670              | (-30) 314                    | 3 330              | (-48) 414                    |
| 14                 | 70                          | 390                | (-8) 188                     | 780                | (-15) 238                    | 1 860              | (-30) 331                    | 3 730              | (-49) 438                    |
| 15                 | 75                          | 415                | (-8) 199                     | 830                | (-15) 253                    | 1 960              | (-30) 352                    | 3 920              | (-49) 466                    |
| 16                 | 80                          | 465                | (-9) 200                     | 930                | (-17) 258                    | 2 160              | (-33) 356                    | 4 310              | (-54) 472                    |
| 17                 | 85                          | 540                | (-10) 217                    | 1 080              | (-19) 283                    | 2 450              | (-35) 383                    | 4 900              | (-57) 507                    |
| 18                 | 90                          | 635                | (-12) 239                    | 1 270              | (-21) 304                    | 2 940              | (-39) 416                    | 5 880              | (-64) 556                    |
| 19                 | 95                          | 685                | (-13) 240                    | 1 370              | (-23) 308                    | 3 140              | (-42) 419                    | 6 280              | (-68) 557                    |
| 20                 | 100                         | 785                | (-14) 251                    | 1 570              | (-25) 325                    | 3 530              | (-45) 441                    | 7 060              | (-73) 587                    |
| 21                 | 105                         | 885                | (-15) 267                    | 1 770              | (-27) 348                    | 3 920              | (-48) 471                    | 7 850              | (-77) 624                    |
| 22                 | 110                         | 980                | (-16) 280                    | 1 960              | (-29) 368                    | 4 410              | (-51) 496                    | 8 830              | (-85) 676                    |
| 24                 | 120                         | 1 140              | (-15) 315                    | 2 280              | (-28) 409                    | 5 180              | (-52) 559                    | 10 350             | (-83) 736                    |
| 26                 | 130                         | 1 200              | (-15) 334                    | 2 410              | (-28) 435                    | 5 500              | (-52) 595                    | 11 000             | (-83) 788                    |
| 28                 | 140                         | 1 480              | (-18) 373                    | 2 970              | (-32) 481                    | 6 650              | (-58) 654                    | 13 480             | (-93) 870                    |
| 30                 | 150                         | 1 810              | (-21) 416                    | 3 620              | (-36) 532                    | 7 990              | (-64) 719                    | 16 350             | (-104) 960                   |

Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.

# 4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

## Vorspannung und Steifigkeit (Anordnung DB und DF)

### Hochgenauigkeits-Schräggugellager (Standardreihe)

## Berechnung der radialen Steifigkeit

Axiale Steifigkeit mit dem Faktor aus Tabelle A multiplizieren.

Tabelle A

|     | EL  | L   | M   | H   |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15° | 6,5 | 6,0 | 5,0 | 4,5 |
| 18° |     | 4,5 |     |     |
| 25° |     | 2,0 |     |     |
| 30° |     | 1,4 |     |     |
| 40° | 0,7 |     |     |     |

### Reihe 72, Druckwinkel A

### Druckwinkel 30°, Stahlkugeln

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser (mm) | EL              |                           | L               |                           | M               |                           | H               |                           |
|--------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
|                    |                          | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) |
| 00                 | 10                       | 25              | (0) 44                    | 100             | (-5) 71                   | 210             | (-10) 94                  | -               | -                         |
| 01                 | 12                       | 25              | (0) 47                    | 110             | (-5) 78                   | 220             | (-10) 103                 | 360             | (-15) 125                 |
| 02                 | 15                       | 25              | (0) 50                    | 110             | (-5) 85                   | 240             | (-10) 114                 | 390             | (-15) 139                 |
| 03                 | 17                       | 25              | (0) 52                    | 190             | (-5) 90                   | 250             | (-10) 120                 | 410             | (-15) 145                 |
| 04                 | 20                       | 25              | (0) 55                    | 260             | (-10) 128                 | 440             | (-15) 155                 | 650             | (-20) 180                 |
| 05                 | 25                       | 50              | (0) 79                    | 350             | (-10) 160                 | 580             | (-15) 193                 | 840             | (-20) 223                 |
| 06                 | 30                       | 50              | (0) 85                    | 380             | (-10) 175                 | 630             | (-15) 210                 | 910             | (-20) 423                 |
| 07                 | 35                       | 50              | (0) 88                    | 400             | (-10) 184                 | 660             | (-15) 220                 | 1 270           | (-25) 285                 |
| 08                 | 40                       | 50              | (0) 95                    | 440             | (-10) 205                 | 730             | (-15) 246                 | 1 470           | (-25) 318                 |
| 09                 | 45                       | 50              | (0) 98                    | 450             | (-10) 212                 | 1 080           | (-20) 292                 | 1 860           | (-30) 363                 |
| 10                 | 50                       | 50              | (0) 103                   | 480             | (-10) 227                 | 1 180           | (-20) 314                 | 2 060           | (-30) 390                 |
| 11                 | 55                       | 50              | (0) 106                   | 490             | (-10) 235                 | 1 670           | (-26) 364                 | 2 650           | (-35) 438                 |
| 12                 | 60                       | 50              | (0) 110                   | 510             | (-10) 246                 | 1 670           | (-25) 380                 | 2 750           | (-35) 455                 |
| 13                 | 65                       | 50              | (0) 117                   | 550             | (-10) 270                 | 1 860           | (-25) 416                 | 3 040           | (-35) 500                 |
| 14                 | 70                       | 100             | (0) 150                   | 1 080           | (-15) 345                 | 2 650           | (-30) 480                 | 3 920           | (-40) 562                 |
| 15                 | 75                       | 100             | (0) 157                   | 1 080           | (-15) 366                 | 2 750           | (-30) 512                 | 4 220           | (-40) 598                 |
| 16                 | 80                       | 100             | (0) 154                   | 1 080           | (-15) 355                 | 2 650           | (-30) 494                 | 4 020           | (-40) 575                 |
| 17                 | 85                       | 100             | (0) 160                   | 1 180           | (-15) 370                 | 3 430           | (-35) 560                 | 5 790           | (-50) 678                 |
| 18                 | 90                       | 100             | (0) 162                   | 1 670           | (-20) 434                 | 4 310           | (-40) 615                 | 5 980           | (-50) 697                 |
| 19                 | 95                       | 360             | (-5) 248                  | 1 670           | (-20) 421                 | 4 220           | (-40) 595                 | 6 670           | (-55) 710                 |
| 20                 | 100                      | 370             | (-5) 252                  | 1 670           | (-20) 430                 | 5 100           | (-45) 645                 | 7 650           | (-60) 758                 |
| 21                 | 105                      | 380             | (-5) 260                  | 2 260           | (-25) 493                 | 5 200           | (-45) 665                 | 8 920           | (-65) 818                 |
| 22                 | 110                      | 380             | (-5) 266                  | 2 350           | (-25) 504                 | 6 180           | (-50) 720                 | 10 200          | (-70) 871                 |
| 24                 | 120                      | 550             | (-5) 320                  | 2 840           | (-25) 570                 | 8 140           | (-55) 843                 | 11 570          | (-70) 964                 |
| 26                 | 130                      | 560             | (-5) 340                  | 3 730           | (-30) 660                 | 9 810           | (-60) 942                 | 13 530          | (-75) 1 068               |
| 28                 | 140                      | 580             | (-5) 352                  | 5 000           | (-36) 750                 | 11 470          | (-65) 1 022               | 15 490          | (-80) 1 150               |
| 30                 | 150                      | 600             | (-5) 366                  | 5 000           | (-35) 772                 | 12 100          | (-65) 1 063               | 16 500          | (-81) 1 194               |

## Miniaturlagerreihen

### Reihen 70, 72

### Druckwinkel A, Druckwinkel 30°, Stahlkugel Druckwinkel C, Druckwinkel 15°, Stahlkugel

| Kurzzeichen | EL              |                           | L               |                           | M               |                           | H               |                           |
|-------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
|             | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) |
| 725C        | 1,3             | (10) 4                    | 5,5             | (7) 7                     | 12              | (4) 10                    | 24              | (0) 14                    |
| 725A        | 5,0             | (3) 19                    | 10,3            | (2) 24                    | 25              | (0) 33                    | 49              | (-3) 43                   |
| 706C        | 1,5             | (10) 4                    | 7,9             | (6) 8                     | 15              | (3) 11                    | 30              | (-2) 15                   |
| 706A        | 4,9             | (3) 19                    | 16,8            | (1) 29                    | 24              | (0) 39                    | 49              | (-3) 42                   |
| 726C        | 1,8             | (9) 5                     | 9,2             | (5) 10                    | 18              | (2) 13                    | 35              | (-3) 28                   |
| 726A        | 3,7             | (3) 18                    | 16,2            | (1) 31                    | 34              | (-1) 40                   | 68              | (-4) 52                   |
| 707C        | 1,8             | (9) 5                     | 9,2             | (5) 10                    | 18              | (2) 13                    | 35              | (-3) 18                   |
| 707A        | 3,7             | (3) 18                    | 16,2            | (1) 31                    | 34              | (-1) 40                   | 68              | (-4) 52                   |
| 708C        | 4,2             | (7) 8                     | 14,1            | (3) 12                    | 29              | (-1) 17                   | 57              | (-7) 23                   |
| 708A        | 8,1             | (2) 26                    | 24,5            | (0) 39                    | 46              | (-2) 49                   | 93              | (-5) 63                   |
| 728C        | 4,2             | (7) 8                     | 14,1            | (3) 12                    | 29              | (-1) 17                   | 57              | (-7) 23                   |
| 728A        | 8,1             | (2) 26                    | 24,5            | (-1) 39                   | 46              | (-2) 49                   | 93              | (-5) 63                   |

Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.

### Reihen BSA 10 (für Kugelgewindetriebe)

### Druckwinkel 30°, Stahlkugel

| Kurzzeichen | Bohrungsdurchmesser (mm) | L               |                           |
|-------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|
|             |                          | Vorspannung (N) | axiale Steifigkeit (N/μm) |
| 8BSA10T1X   | 8                        | 32              | (-1) 33                   |
| 10BSA10T1X  | 10                       | 75              | (-5) 48                   |
| 12BSA10T1X  | 12                       | 80              | (-5) 53                   |
| 15BSA10T1X  | 15                       | 86              | (-5) 59                   |

## Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)

**BNR19S, BNR29S**  
**Druckwinkel 18°, Stahlkugeln**

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | EL                 |                              |     | L                  |                              |     | M                  |                              |     |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|-----|--------------------|------------------------------|-----|--------------------|------------------------------|-----|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |     | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |     | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |     |
| 25                               | 25                 | (0)                          | 26  | 94                 | (-8)                         | 43  | 188                | (-16)                        | 57  |
| 30                               | 25                 | (0)                          | 28  | 100                | (-8)                         | 48  | 200                | (-15)                        | 63  |
| 35                               | 50                 | (0)                          | 37  | 140                | (-8)                         | 55  | 280                | (-17)                        | 73  |
| 40                               | 50                 | (0)                          | 38  | 140                | (-8)                         | 57  | 280                | (-16)                        | 74  |
| 45                               | 50                 | (0)                          | 41  | 150                | (-8)                         | 62  | 300                | (-16)                        | 82  |
| 50                               | 50                 | (0)                          | 44  | 160                | (-8)                         | 68  | 320                | (-16)                        | 89  |
| 55                               | 50                 | (0)                          | 46  | 170                | (-8)                         | 71  | 340                | (-16)                        | 94  |
| 60                               | 50                 | (0)                          | 47  | 170                | (-8)                         | 74  | 340                | (-16)                        | 97  |
| 65                               | 50                 | (0)                          | 50  | 180                | (-8)                         | 79  | 360                | (-16)                        | 104 |
| 70                               | 50                 | (0)                          | 50  | 180                | (-8)                         | 80  | 360                | (-16)                        | 104 |
| 75                               | 50                 | (0)                          | 52  | 180                | (-8)                         | 83  | 460                | (-19)                        | 117 |
| 80                               | 50                 | (0)                          | 53  | 190                | (-8)                         | 86  | 474                | (-19)                        | 121 |
| 85                               | 50                 | (0)                          | 54  | 190                | (-8)                         | 88  | 646                | (-24)                        | 138 |
| 90                               | 100                | (0)                          | 75  | 280                | (-8)                         | 110 | 709                | (-21)                        | 154 |
| 95                               | 100                | (0)                          | 76  | 290                | (-8)                         | 110 | 768                | (-22)                        | 163 |
| 100                              | 100                | (0)                          | 72  | 330                | (-10)                        | 110 | 871                | (-26)                        | 161 |
| 105                              | 100                | (0)                          | 74  | 330                | (-10)                        | 120 | 898                | (-26)                        | 166 |
| 110                              | 100                | (0)                          | 76  | 400                | (-12)                        | 130 | 925                | (-26)                        | 172 |
| 120                              | 100                | (0)                          | 78  | 410                | (-12)                        | 130 | 1 275              | (-33)                        | 198 |
| 130                              | 100                | (0)                          | 80  | 712                | (-20)                        | 160 | 1 408              | (-35)                        | 209 |
| 140                              | 100                | (0)                          | 82  | 732                | (-20)                        | 160 | 1 508              | (-36)                        | 220 |
| 150                              | 200                | (0)                          | 110 | 930                | (-20)                        | 185 | 1 894              | (-38)                        | 242 |

### Berechnung von Vorspannung und axialer Steifigkeit für Lagersätze

Vorspannung und axiale Steifigkeit erhält man durch Multiplikation mit dem Faktor in Tabelle B.

Zur Berechnung der radialen Steifigkeit den aus Tabelle A errechneten Wert mit dem Faktor in Tabelle B multiplizieren.

| Tabelle B           | DBD  | DBB |
|---------------------|------|-----|
| Vorspannung         | 1,36 | 2   |
| axiale Steifigkeit  | 1,48 | 2   |
| radiale Steifigkeit | 1,54 | 2   |

**BER19S, BER29S**  
**Druckwinkel 25°, Stahlkugeln**

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | EL                 |                              |     | L                  |                              |     | M                  |                              |     |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|-----|--------------------|------------------------------|-----|--------------------|------------------------------|-----|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |     | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |     | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |     |
| 25                               | 25                 | (0)                          | 42  | 150                | (-8)                         | 80  | 300                | (-14)                        | 105 |
| 30                               | 25                 | (0)                          | 47  | 160                | (-8)                         | 90  | 320                | (-14)                        | 116 |
| 35                               | 50                 | (0)                          | 61  | 210                | (-8)                         | 100 | 420                | (-15)                        | 132 |
| 40                               | 50                 | (0)                          | 63  | 220                | (-8)                         | 110 | 440                | (-15)                        | 137 |
| 45                               | 50                 | (0)                          | 67  | 240                | (-8)                         | 120 | 480                | (-15)                        | 152 |
| 50                               | 50                 | (0)                          | 72  | 250                | (-8)                         | 130 | 500                | (-15)                        | 164 |
| 55                               | 50                 | (0)                          | 75  | 260                | (-8)                         | 140 | 520                | (-15)                        | 174 |
| 60                               | 50                 | (0)                          | 78  | 270                | (-8)                         | 140 | 540                | (-15)                        | 181 |
| 65                               | 50                 | (0)                          | 82  | 290                | (-8)                         | 150 | 580                | (-15)                        | 196 |
| 70                               | 50                 | (0)                          | 83  | 290                | (-8)                         | 150 | 598                | (-15)                        | 198 |
| 75                               | 50                 | (0)                          | 86  | 300                | (-8)                         | 160 | 619                | (-15)                        | 206 |
| 80                               | 50                 | (0)                          | 88  | 310                | (-8)                         | 170 | 639                | (-15)                        | 214 |
| 85                               | 50                 | (0)                          | 90  | 310                | (-8)                         | 170 | 889                | (-19)                        | 245 |
| 90                               | 100                | (0)                          | 120 | 430                | (-8)                         | 210 | 968                | (-17)                        | 273 |
| 95                               | 100                | (0)                          | 130 | 440                | (-8)                         | 210 | 996                | (-17)                        | 282 |
| 100                              | 100                | (0)                          | 120 | 520                | (-10)                        | 210 | 1 131              | (-20)                        | 279 |
| 105                              | 100                | (0)                          | 120 | 530                | (-10)                        | 220 | 1 169              | (-20)                        | 290 |
| 110                              | 100                | (0)                          | 130 | 550                | (-10)                        | 230 | 1 206              | (-20)                        | 301 |
| 120                              | 100                | (0)                          | 130 | 680                | (-12)                        | 250 | 1 743              | (-26)                        | 351 |
| 130                              | 100                | (0)                          | 135 | 972                | (-16)                        | 289 | 1 880              | (-27)                        | 368 |
| 140                              | 100                | (0)                          | 135 | 1 002              | (-16)                        | 300 | 1 944              | (-27)                        | 381 |
| 150                              | 200                | (0)                          | 175 | 1 308              | (-17)                        | 336 | 2 555              | (-30)                        | 428 |

Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.







## Hochgenauigkeitslager (Reihe BGR)

**Berechnung von Vorspannung und axialer Steifigkeit für Lagersätze**  
Vorspannung und axiale Steifigkeit erhält man durch Multiplikation mit dem Faktor in Tabelle B.  
Zur Berechnung der radialen Steifigkeit den aus Tabelle A errechneten Wert mit dem Faktor in Tabelle B multiplizieren.

| Tabelle B           | DBD  | DBB |
|---------------------|------|-----|
| Vorspannung         | 1,36 | 2   |
| axiale Steifigkeit  | 1,48 | 2   |
| radiale Steifigkeit | 1,54 | 2   |

### BGR19S Druckwinkel 15°, Stahlkugeln

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | Vorspannung<br>(N) | EL<br>axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 10                          | 25                 | 15                                 |
| 12                          | 25                 | 17                                 |
| 15                          | 25                 | 17                                 |
| 17                          | 25                 | 18                                 |
| 20                          | 25                 | 18                                 |
| 25                          | 25                 | 21                                 |

### BGR19H, BGR19X Druckwinkel 15°, Keramikkugeln

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | Vorspannung<br>(N) | EL<br>axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 10                          | 25                 | 17                                 |
| 12                          | 25                 | 18                                 |
| 15                          | 25                 | 18                                 |
| 17                          | 25                 | 19                                 |
| 20                          | 25                 | 20                                 |
| 25                          | 25                 | 23                                 |

### BGR10S Druckwinkel 15°, Stahlkugeln

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | Vorspannung<br>(N) | EL<br>axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 6                           | 25                 | 11                                 |
| 7                           | 25                 | 12                                 |
| 8                           | 25                 | 13                                 |
| 10                          | 25                 | 14                                 |
| 12                          | 25                 | 15                                 |
| 15                          | 25                 | 16                                 |
| 17                          | 25                 | 17                                 |
| 20                          | 25                 | 18                                 |
| 25                          | 25                 | 19                                 |

### BGR10H, BGR10X Druckwinkel 15°, Keramikkugeln

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | Vorspannung<br>(N) | EL<br>axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 6                           | 25                 | 13                                 |
| 7                           | 25                 | 14                                 |
| 8                           | 25                 | 14                                 |
| 10                          | 25                 | 16                                 |
| 12                          | 25                 | 17                                 |
| 15                          | 25                 | 18                                 |
| 17                          | 25                 | 19                                 |
| 20                          | 25                 | 20                                 |
| 25                          | 25                 | 22                                 |

### BGR02S Druckwinkel 15°, Stahlkugeln

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | Vorspannung<br>(N) | EL<br>axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 10                          | 25                 | 15                                 |
| 12                          | 25                 | 15                                 |
| 15                          | 25                 | 16                                 |
| 17                          | 25                 | 17                                 |
| 20                          | 25                 | 17                                 |
| 25                          | 50                 | 25                                 |

### BGR02H, BGR02X Druckwinkel 15°, Keramikkugeln

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | Vorspannung<br>(N) | EL<br>axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 10                          | 25                 | 16                                 |
| 12                          | 25                 | 17                                 |
| 15                          | 25                 | 18                                 |
| 17                          | 25                 | 19                                 |
| 20                          | 25                 | 19                                 |
| 25                          | 50                 | 28                                 |

Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.



# 4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

## Vorspannung und Steifigkeit (Anordnung DB und DF)

Schräggugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)

### BAR10S

Nenndruckwinkel 30°, Stahlkugeln

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | EL                 |                              | L                  |                              |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
| 40                               | 210                | 150                          | 430                | 200                          |
| 45                               | 210                | 150                          | 430                | 200                          |
| 50                               | 220                | 170                          | 460                | 220                          |
| 55                               | 230                | 180                          | 600                | 250                          |
| 60                               | 240                | 190                          | 650                | 270                          |
| 65                               | 250                | 200                          | 690                | 290                          |
| 70                               | 250                | 200                          | 910                | 320                          |
| 75                               | 260                | 210                          | 940                | 330                          |
| 80                               | 340                | 240                          | 1 100              | 360                          |
| 85                               | 350                | 240                          | 1 130              | 370                          |
| 90                               | 360                | 250                          | 1 660              | 430                          |
| 95                               | 360                | 260                          | 1 720              | 450                          |
| 100                              | 370                | 270                          | 1 770              | 460                          |
| 105                              | 380                | 280                          | 1 820              | 470                          |
| 110                              | 390                | 280                          | 1 870              | 490                          |
| 120                              | 390                | 300                          | 1 980              | 520                          |
| 130                              | 390                | 300                          | 2 530              | 550                          |
| 140                              | 580                | 360                          | 3 190              | 655                          |
| 150                              | 580                | 360                          | 3 690              | 690                          |
| 160                              | 590                | 370                          | 4 080              | 720                          |
| 170                              | 600                | 380                          | 4 210              | 750                          |
| 180                              | 605                | 385                          | 5 200              | 800                          |
| 190                              | 610                | 390                          | 5 370              | 830                          |
| 200                              | 610                | 390                          | 5 990              | 860                          |

### BAR10H

Druckwinkel 30°, Keramikkugeln

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | EL                 |                              | L                  |                              |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
| 40                               | 230                | 175                          | 485                | 230                          |
| 45                               | 230                | 180                          | 490                | 235                          |
| 50                               | 245                | 195                          | 525                | 255                          |
| 55                               | 255                | 200                          | 690                | 290                          |
| 60                               | 270                | 220                          | 750                | 320                          |
| 65                               | 285                | 240                          | 800                | 340                          |
| 70                               | 285                | 240                          | 1 060              | 375                          |
| 75                               | 290                | 245                          | 1 090              | 390                          |
| 80                               | 380                | 275                          | 1 260              | 420                          |
| 85                               | 390                | 280                          | 1 280              | 430                          |
| 90                               | 400                | 290                          | 1 930              | 510                          |
| 95                               | 405                | 300                          | 1 970              | 520                          |
| 100                              | 420                | 310                          | 2 060              | 550                          |
| 105                              | 420                | 315                          | 2 090              | 555                          |
| 110                              | 440                | 330                          | 2 180              | 580                          |
| 120                              | 455                | 350                          | 2 310              | 620                          |
| 130                              | 455                | 350                          | 2 960              | 650                          |

### BTR10S

Druckwinkel 40°, Stahlkugeln

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | EL                 |                              | L                  |                              |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
| 40                               | 310                | 260                          | 700                | 350                          |
| 45                               | 310                | 260                          | 700                | 350                          |
| 50                               | 330                | 290                          | 760                | 390                          |
| 55                               | 350                | 310                          | 800                | 410                          |
| 60                               | 370                | 330                          | 860                | 440                          |
| 65                               | 390                | 350                          | 910                | 470                          |
| 70                               | 390                | 350                          | 1 560              | 560                          |
| 75                               | 400                | 360                          | 1 610              | 590                          |
| 80                               | 510                | 400                          | 1 820              | 630                          |
| 85                               | 520                | 420                          | 1 880              | 650                          |
| 90                               | 530                | 430                          | 2 830              | 770                          |
| 95                               | 550                | 450                          | 2 930              | 790                          |
| 100                              | 560                | 460                          | 3 030              | 820                          |
| 105                              | 570                | 470                          | 3 120              | 850                          |
| 110                              | 580                | 490                          | 3 210              | 870                          |
| 120                              | 610                | 520                          | 3 420              | 930                          |
| 130                              | 610                | 520                          | 4 410              | 980                          |
| 140                              | 810                | 600                          | 5 310              | 1 140                        |
| 150                              | 820                | 605                          | 5 370              | 1 160                        |
| 160                              | 830                | 615                          | 5 480              | 1 180                        |
| 170                              | 850                | 635                          | 7 280              | 1 330                        |
| 180                              | 855                | 640                          | 9 080              | 1 450                        |
| 190                              | 875                | 660                          | 9 390              | 1 500                        |
| 200                              | 875                | 660                          | 11 290             | 1 600                        |

### BTR10H

Druckwinkel 40°, Keramikkugeln

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | EL                 |                              | L                  |                              |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
| 40                               | 350                | 300                          | 800                | 410                          |
| 45                               | 355                | 310                          | 810                | 415                          |
| 50                               | 375                | 335                          | 875                | 450                          |
| 55                               | 395                | 350                          | 915                | 475                          |
| 60                               | 425                | 390                          | 1 000              | 520                          |
| 65                               | 450                | 415                          | 1 060              | 560                          |
| 70                               | 450                | 415                          | 1 830              | 670                          |
| 75                               | 460                | 430                          | 1 890              | 700                          |
| 80                               | 570                | 475                          | 2 120              | 745                          |
| 85                               | 580                | 475                          | 2 160              | 780                          |
| 90                               | 600                | 505                          | 3 320              | 910                          |
| 95                               | 605                | 505                          | 3 390              | 940                          |
| 100                              | 630                | 540                          | 3 560              | 980                          |
| 105                              | 640                | 540                          | 3 610              | 1 010                        |
| 110                              | 665                | 575                          | 3 770              | 1 040                        |
| 120                              | 700                | 615                          | 4 020              | 1 115                        |
| 130                              | 700                | 615                          | 5 200              | 1 170                        |

Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.

## Vorspannung und Steifigkeit

### Zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager (Reihe TAC)

#### Reihe TAC20

Druckwinkel 60°, Stahlkugeln

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | C6                 |                              | C7                 |                              | C8                 |                              |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
| 140                              | 980                | 1 200                        | 3 626              | 1 900                        | 9 310              | 2 600                        |
| 150                              | 980                | 1 210                        | 4 704              | 2 060                        | 9 408              | 2 640                        |
| 160                              | 1 274              | 1 370                        | 4 802              | 2 140                        | 10 780             | 2 830                        |
| 170                              | 2 058              | 1 650                        | 6 762              | 2 450                        | 13 720             | 3 120                        |
| 180                              | 2 940              | 1 875                        | 6 762              | 2 475                        | 15 680             | 3 265                        |
| 190                              | 3 038              | 1 940                        | 7 056              | 2 560                        | 18 620             | 3 560                        |
| 200                              | 3 038              | 1 950                        | 7 056              | 2 570                        | 18 620             | 3 570                        |

#### Reihe TAC29

Druckwinkel 60°, Stahlkugeln

| Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | C6                 |                              | C7                 |                              | C8                 |                              |
|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                  | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Vorspannung<br>(N) | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) |
| 150                              | 196                | 775                          | 4 116              | 2 150                        | 7 056              | 2 590                        |
| 160                              | 196                | 800                          | 4 410              | 2 260                        | 7 448              | 2 720                        |
| 170                              | 196                | 800                          | 4 410              | 2 370                        | 7 742              | 2 860                        |
| 180                              | 1 078              | 1 470                        | 4 410              | 2 320                        | 9 800              | 3 040                        |
| 190                              | 1 078              | 1 440                        | 4 606              | 2 440                        | 10 290             | 3 200                        |
| 200                              | 1 078              | 1 500                        | 4 606              | 2 430                        | 11 760             | 3 340                        |
| 220                              | 1 176              | 1 615                        | 4 900              | 2 620                        | 12 740             | 3 615                        |
| 240                              | 1 176              | 1 690                        | 5 096              | 2 750                        | 13 230             | 3 800                        |
| 260                              | 1 176              | 1 670                        | 5 096              | 2 720                        | 13 230             | 3 750                        |
| 280                              | 1 274              | 1 755                        | 5 390              | 2 865                        | 13 720             | 3 950                        |

# 4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

## Vorspannung und Steifigkeit

Axial-Schräggugellager zur Lagerung von Kugelgewindetriebsen

### Reihe TAC B (für Werkzeugmaschinen)

Druckwinkel 60°, Stahlkugeln

#### Vorspannung C9

| Kurzzeichen | Zweiersatz (DB oder DF) |                              |                      | Dreiersatz (DBD oder DFD) |                              |                      | Vierersatz (DBB oder DFF) |                              |                      |
|-------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|
|             | Vorspannung<br>(N)      | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) | Vorspannung<br>(N)        | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) | Vorspannung<br>(N)        | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) |
| 15TAC47B    | 1 000                   | 555                          | 0,05                 | 1 370                     | 795                          | 0,07                 | 2 010                     | 1 110                        | 0,11                 |
| 17TAC47B    | 1 000                   | 555                          | 0,05                 | 1 370                     | 795                          | 0,07                 | 2 010                     | 1 110                        | 0,11                 |
| 20TAC47B    | 1 000                   | 555                          | 0,05                 | 1 370                     | 795                          | 0,07                 | 2 010                     | 1 110                        | 0,11                 |
| 25TAC62B    | 1 490                   | 733                          | 0,09                 | 2 030                     | 1 050                        | 0,12                 | 2 980                     | 1 465                        | 0,17                 |
| 30TAC62B    | 1 560                   | 772                          | 0,09                 | 2 130                     | 1 105                        | 0,12                 | 3 130                     | 1 545                        | 0,18                 |
| 35TAC72B    | 1 785                   | 890                          | 0,10                 | 2 430                     | 1 275                        | 0,14                 | 3 570                     | 1 780                        | 0,21                 |
| 40TAC72B    | 1 860                   | 930                          | 0,11                 | 2 530                     | 1 330                        | 0,14                 | 3 720                     | 1 860                        | 0,21                 |
| 40TAC90B    | 2 390                   | 1015                         | 0,18                 | 3 220                     | 1 465                        | 0,24                 | 4 730                     | 2 030                        | 0,36                 |
| 45TAC75B    | 2 010                   | 1005                         | 0,12                 | 2 730                     | 1 445                        | 0,16                 | 4 020                     | 2 015                        | 0,23                 |
| 45TAC100B   | 2 880                   | 1160                         | 0,23                 | 3 920                     | 1 670                        | 0,31                 | 5 760                     | 2 320                        | 0,46                 |
| 50TAC100B   | 3 010                   | 1210                         | 0,24                 | 4 100                     | 1 745                        | 0,32                 | 6 020                     | 2 425                        | 0,48                 |
| 55TAC100B   | 3 010                   | 1210                         | 0,24                 | 4 100                     | 1 745                        | 0,32                 | 6 020                     | 2 425                        | 0,48                 |
| 55TAC120B   | 3 520                   | 1430                         | 0,28                 | 4 790                     | 2 055                        | 0,37                 | 7 040                     | 2 855                        | 0,56                 |
| 60TAC120B   | 3 520                   | 1430                         | 0,28                 | 4 790                     | 2 055                        | 0,37                 | 7 040                     | 2 855                        | 0,56                 |

#### Vorspannung C10

| Kurzzeichen | Zweiersatz (DB oder DF) |                              |                      | Dreiersatz (DBD oder DFD) |                              |                      | Vierersatz (DBB oder DFF) |                              |                      |
|-------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|
|             | Vorspannung<br>(N)      | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) | Vorspannung<br>(N)        | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) | Vorspannung<br>(N)        | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) |
| 15TAC47B    | 2 150                   | 750                          | 0,14                 | 2 950                     | 1 080                        | 0,20                 | 4 300                     | 1 470                        | 0,29                 |
| 17TAC47B    | 2 150                   | 750                          | 0,14                 | 2 950                     | 1 080                        | 0,20                 | 4 300                     | 1 470                        | 0,29                 |
| 20TAC47B    | 2 150                   | 750                          | 0,14                 | 2 950                     | 1 080                        | 0,20                 | 4 300                     | 1 470                        | 0,29                 |
| 25TAC62B    | 3 150                   | 1 000                        | 0,23                 | 4 300                     | 1 470                        | 0,31                 | 6 250                     | 1 960                        | 0,46                 |
| 30TAC62B    | 3 350                   | 1 030                        | 0,24                 | 4 500                     | 1 520                        | 0,33                 | 6 650                     | 2 010                        | 0,49                 |
| 35TAC72B    | 3 800                   | 1 180                        | 0,28                 | 5 200                     | 1 710                        | 0,37                 | 7 650                     | 2 350                        | 0,55                 |
| 40TAC72B    | 3 900                   | 1 230                        | 0,28                 | 5 300                     | 1 810                        | 0,38                 | 7 850                     | 2 400                        | 0,57                 |
| 40TAC90B    | 5 000                   | 1 320                        | 0,48                 | 6 750                     | 1 960                        | 0,65                 | 10 300                    | 2 650                        | 0,96                 |
| 45TAC75B    | 4 100                   | 1 270                        | 0,29                 | 5 600                     | 1 910                        | 0,40                 | 8 250                     | 2 550                        | 0,59                 |
| 45TAC100B   | 5 900                   | 1 520                        | 0,58                 | 8 050                     | 2 210                        | 0,78                 | 11 800                    | 3 000                        | 1,16                 |
| 50TAC100B   | 6 100                   | 1 570                        | 0,60                 | 8 250                     | 2 300                        | 0,80                 | 12 300                    | 3 100                        | 1,18                 |
| 55TAC100B   | 6 100                   | 1 570                        | 0,60                 | 8 250                     | 2 300                        | 0,80                 | 12 300                    | 3 100                        | 1,18                 |
| 55TAC120B   | 6 650                   | 1 810                        | 0,64                 | 9 100                     | 2 650                        | 0,86                 | 13 200                    | 3 550                        | 1,27                 |
| 60TAC120B   | 6 650                   | 1 810                        | 0,64                 | 9 100                     | 2 650                        | 0,86                 | 13 200                    | 3 550                        | 1,27                 |

### Reihe TAC 02, 03 (für Kunststoff-Spritzgussmaschinen)

Druckwinkel 50 bis 55°

#### Vorspannung M

| Kurzzeichen                | Zweiersatz (DB oder DF) |                              |                      | Dreiersatz (DBD oder DFD) |                              |                      | Vierersatz (DBB oder DFF) |                              |                      |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------|
|                            | Vorspannung<br>(N)      | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) | Vorspannung<br>(N)        | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) | Vorspannung<br>(N)        | axiale Steifigkeit<br>(N/μm) | Anlaufmoment<br>(Nm) |
| 15TAC02AT85                | 365                     | 262                          | 0,017                | 495                       | 385                          | 0,024                | 575                       | 490                          | 0,027                |
| 25TAC02AT85 <sup>(1)</sup> | 1 440                   | 520                          | 0,113                | 1 960                     | 755                          | 0,153                | 2 260                     | 950                          | 0,175                |
| TAC35-2T85                 | 2 270                   | 705                          | 0,266                | 3 100                     | 1 020                        | 0,360                | 3 550                     | 1 280                        | 0,415                |
| 40TAC03AT85                | 2 270                   | 705                          | 0,266                | 3 100                     | 1 020                        | 0,360                | 3 550                     | 1 280                        | 0,415                |
| 45TAC03AT85                | 2 740                   | 775                          | 0,355                | 3 750                     | 1 120                        | 0,480                | 4 300                     | 1 410                        | 0,550                |
| TAC45-2T85                 | 3 550                   | 880                          | 0,520                | 4 850                     | 1 270                        | 0,705                | 5 600                     | 1 600                        | 0,810                |
| 50TAC03AT85                | 3 550                   | 880                          | 0,520                | 4 850                     | 1 270                        | 0,705                | 5 600                     | 1 600                        | 0,810                |
| 55TAC03AT85                | 4 100                   | 945                          | 0,650                | 5 600                     | 1 370                        | 0,880                | 6 500                     | 1 720                        | 1,000                |
| 60TAC03AT85                | 4 750                   | 1 020                        | 0,810                | 6 450                     | 1 480                        | 1,100                | 7 450                     | 1 850                        | 1,250                |
| 80TAC03AM                  | 7 350                   | 1 270                        | 1,550                | 10 000                    | 1 840                        | 2,100                | 11 500                    | 2 330                        | 2,450                |
| 100TAC03CMC <sup>(2)</sup> | 1 000                   | 830                          | 0,105                | 1 400                     | 1 240                        | 0,147                | 1 600                     | 1 575                        | 0,166                |
| 120TAC03CMC <sup>(2)</sup> | 1 100                   | 930                          | 0,120                | 1 500                     | 1 378                        | 0,163                | 1 800                     | 1 775                        | 0,196                |

<sup>(1)</sup> Der Wert für Lager 25TAC02AT85 bezieht sich auf Vorspannung H.

<sup>(2)</sup> Die Werte für Lager 100TAC03CMC und 120TAC03CMC beziehen sich auf Vorspannung EL.

# Radialluft von Zylinderrollenlagern

Lagerluft für Lager mit kegeliger Bohrung (Ringe nicht austauschbar)

Maßeinheit: µm

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) |     | Lagerluft für Lager mit kegeliger Bohrung (Ringe nicht austauschbar) |     |     |     |     |     |     |     |       |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             |     | CC9(*)                                                               |     | CC0 |     | CC1 |     | CC2 |     | CC(*) |     | CC3 |     | CC4 |     | CC5 |     |
| von                         | bis | min                                                                  | max | min | max | min | max | min | max | min   | max | min | max | min | max | min | max |
| 24                          | 30  | 5                                                                    | 10  | 8   | 15  | 10  | 25  | 25  | 35  | 40    | 50  | 50  | 60  | 60  | 70  | 80  | 95  |
| 30                          | 40  | 5                                                                    | 12  | 8   | 15  | 12  | 25  | 25  | 40  | 45    | 55  | 55  | 70  | 70  | 80  | 95  | 110 |
| 40                          | 50  | 5                                                                    | 15  | 10  | 20  | 15  | 30  | 30  | 45  | 50    | 65  | 65  | 80  | 80  | 95  | 110 | 125 |
| 50                          | 65  | 5                                                                    | 15  | 10  | 20  | 15  | 35  | 35  | 50  | 55    | 75  | 75  | 90  | 90  | 110 | 130 | 150 |
| 65                          | 80  | 10                                                                   | 20  | 15  | 30  | 20  | 40  | 40  | 60  | 70    | 90  | 90  | 110 | 110 | 130 | 150 | 170 |
| 80                          | 100 | 10                                                                   | 25  | 20  | 35  | 25  | 45  | 45  | 70  | 80    | 105 | 105 | 125 | 125 | 150 | 180 | 205 |
| 100                         | 120 | 10                                                                   | 25  | 20  | 35  | 25  | 50  | 50  | 80  | 95    | 120 | 120 | 145 | 145 | 170 | 205 | 230 |
| 120                         | 140 | 15                                                                   | 30  | 25  | 40  | 30  | 60  | 60  | 90  | 105   | 135 | 135 | 160 | 160 | 190 | 230 | 260 |
| 140                         | 160 | 15                                                                   | 35  | 30  | 50  | 35  | 65  | 65  | 100 | 115   | 150 | 150 | 180 | 180 | 215 | 260 | 295 |
| 160                         | 180 | 15                                                                   | 35  | 30  | 50  | 35  | 75  | 75  | 110 | 125   | 165 | 165 | 200 | 200 | 240 | 285 | 320 |
| 180                         | 200 | 20                                                                   | 40  | 30  | 50  | 40  | 80  | 80  | 120 | 140   | 180 | 180 | 220 | 220 | 260 | 315 | 355 |
| 200                         | 225 | 20                                                                   | 45  | 35  | 60  | 45  | 90  | 90  | 135 | 155   | 200 | 200 | 240 | 240 | 285 | 350 | 395 |
| 225                         | 250 | 25                                                                   | 50  | 40  | 65  | 50  | 100 | 100 | 150 | 170   | 215 | 215 | 265 | 265 | 315 | 380 | 430 |
| 250                         | 280 | 25                                                                   | 55  | 40  | 70  | 55  | 110 | 110 | 165 | 185   | 240 | 240 | 295 | 295 | 350 | 420 | 475 |

(\*) Gilt für Zylinderrollenlager mit Genauigkeitsklasse 4 und 5 nach ISO mit kegeliger Bohrung.

(°) Normale Lagerluft für Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung

Lagerluft für Lager mit zylindrischer Bohrung (Ringe nicht austauschbar)

Maßeinheit: µm

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) |     | Lagerluft für Lager mit zylindrischer Bohrung (Ringe nicht austauschbar) |     |     |     |       |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             |     | CC1                                                                      |     | CC2 |     | CC(*) |     | CC3 |     | CC4 |     | CC5 |     |
| von                         | bis | min                                                                      | max | min | max | min   | max | min | max | min | max | min | max |
| 24                          | 30  | 5                                                                        | 15  | 10  | 25  | 25    | 35  | 40  | 50  | 50  | 60  | 70  | 80  |
| 30                          | 40  | 5                                                                        | 15  | 12  | 25  | 25    | 40  | 45  | 55  | 55  | 70  | 80  | 95  |
| 40                          | 50  | 5                                                                        | 18  | 15  | 30  | 30    | 45  | 50  | 65  | 65  | 80  | 95  | 110 |
| 50                          | 65  | 5                                                                        | 20  | 15  | 35  | 35    | 50  | 55  | 75  | 75  | 90  | 110 | 130 |
| 65                          | 80  | 10                                                                       | 25  | 20  | 40  | 40    | 60  | 70  | 90  | 90  | 110 | 130 | 150 |
| 80                          | 100 | 10                                                                       | 30  | 25  | 45  | 45    | 70  | 80  | 105 | 105 | 125 | 155 | 180 |
| 100                         | 120 | 10                                                                       | 30  | 25  | 50  | 50    | 80  | 95  | 120 | 120 | 145 | 180 | 205 |
| 120                         | 140 | 10                                                                       | 35  | 30  | 60  | 60    | 90  | 105 | 135 | 135 | 160 | 200 | 230 |
| 140                         | 160 | 10                                                                       | 35  | 35  | 65  | 65    | 100 | 115 | 150 | 150 | 180 | 225 | 260 |
| 160                         | 180 | 10                                                                       | 40  | 35  | 75  | 75    | 110 | 125 | 165 | 165 | 200 | 250 | 285 |
| 180                         | 200 | 15                                                                       | 45  | 40  | 80  | 80    | 120 | 140 | 180 | 180 | 220 | 275 | 315 |
| 200                         | 225 | 15                                                                       | 50  | 45  | 90  | 90    | 135 | 155 | 200 | 200 | 240 | 305 | 350 |
| 225                         | 250 | 15                                                                       | 50  | 50  | 100 | 100   | 150 | 170 | 215 | 215 | 265 | 330 | 380 |
| 250                         | 280 | 20                                                                       | 55  | 55  | 110 | 110   | 165 | 185 | 240 | 240 | 295 | 370 | 420 |

(°) Normale Lagerluft für Zylinderrollenlager mit zylindrischer Bohrung

# 5. DREHZAHLGRENZEN

## Drehzahlgrenzen

Die Drehzahlgrenzen in den Maßtabellen der Lager sind nur Richtwerte. Sie gelten für ein Einzellager mit leichter Federvorspannung, das unter leichter Belastung bei guter Wärmeabführung läuft. Die Drehzahlgrenzen bei Fettschmierung gelten bei der Verwendung von entsprechendem Highspeed-Fett mit der richtigen Fettmenge. Bei Ölschmierung beziehen sie sich auf Öl-Luft-(oder Öl-Nebel-) Schmierung. Wenn über das Schmieröl gleichzeitig Wärme abführt werden kann, sind auch höhere Drehzahlen möglich. Dazu ist in der Regel eine Öl-Einspritz-Schmierung notwendig, die jedoch einen erheblichen konstruktiven Aufwand erfordert und sehr hohe Panschverluste hat. Die angegebenen Drehzahlgrenzen verringern sich, wenn Einzellager zu Sätzen mit zwei, drei oder vier Lagern gepaart werden oder die Vorspannung erhöht wird, um eine bessere Spindelsteifigkeit zu erhalten.

## Drehzahlreduktionsfaktor

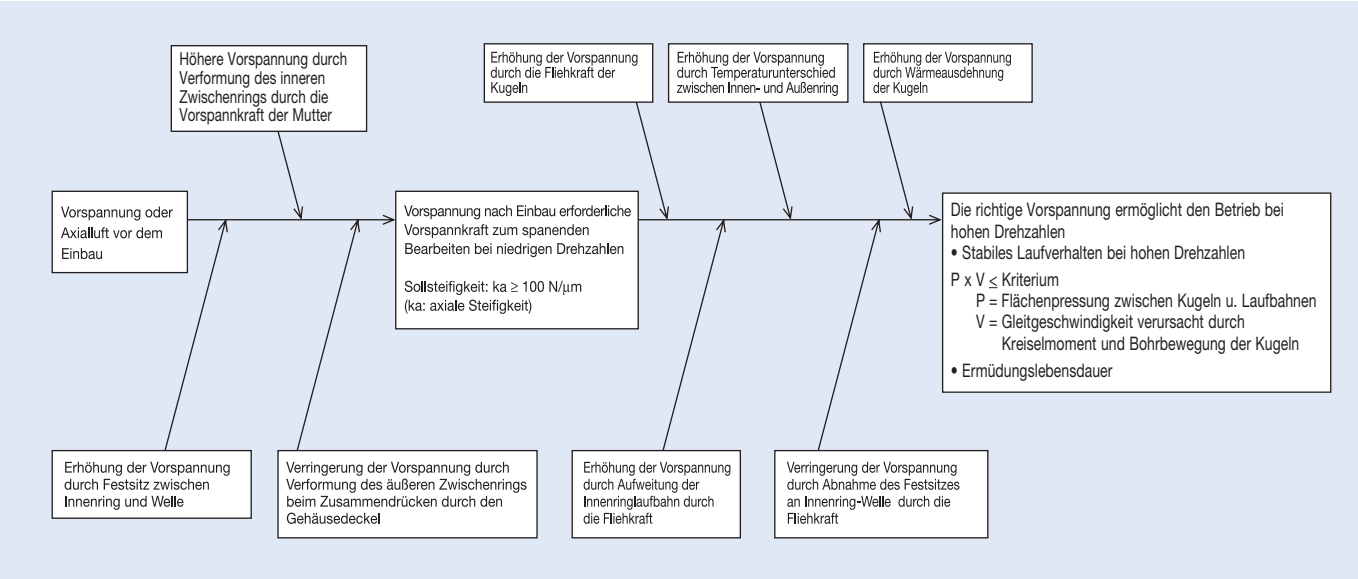
Die Drehzahlgrenze eines Lagersatzes mit starrer Vorspannung errechnet sich durch Multiplikation der Katalog-Drehzahlgrenzen eines Einzellagers mit dem entsprechenden Korrekturfaktor nach Tabelle 5.1. In dieser Tabelle bezeichnet die Spalte "Vorspannung" die Vorspannungswerte nach der Montage des Lagers auf der Spindel. Nach der Montage verändert sich die Vorspannung wegen der erforderlichen Wellenpassung – abhängig von der maximalen Drehzahl – und Verformung der Zwischenringe durch das Anzugsmoment der Wellenmutter. Bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen ist es somit oft erforderlich, über unterschiedlich breite Zwischenringe die Vorspannung für den Anwendungsfall anzupassen. Bei dieser Berechnung ist Ihnen NSK gern behilflich.

Tabelle 5.1: Drehzahlreduktionsfaktoren

|     | Anordnung | EL   | L    | M    | H    |
|-----|-----------|------|------|------|------|
| DB  |           | 0,85 | 0,80 | 0,65 | 0,55 |
| DBB |           | 0,80 | 0,75 | 0,60 | 0,45 |
| DBD |           | 0,75 | 0,70 | 0,55 | 0,40 |

## Veränderung der Vorspannung

Abb. 5.1: Ablaufplan Einstellung der Vorspannung



## Faktoren, die die Drehzahlgrenzen beeinflussen

Die Drehzahlgrenze eines Spindellagers hängt von folgenden Faktoren ab:

### 1. Art der Schmierung

Bei Öl-Luft-Schmierung (oder Öl-Nebel-Schmierung) wird im Lager ein dickerer Schmierfilm aufgebaut als mit Fettschmierung. Deshalb liegt bei Öl-Schmierung auch die Drehzahlgrenze höher. Bei Öl-Einspritz-Schmierung wird eine große Menge Öl durch das Lager geführt, die auch eine entsprechende Wärmemenge abführen kann, was wiederum höhere Betriebsdrehzahlen ermöglicht.

### 2. Lageranordnung

Wenn Lager in einem Satz verbaut werden, richtet sich die Drehzahlgrenze nach der Anzahl der Lager. Mit steigender Lageranzahl verringert sich die Drehzahlgrenze, weil sich die Wärmeableitungsbedingungen verschlechtern.

### 3. Vorspannung

Bei hoher Vorspannung im eingebauten Lager wird die Flächenpressung zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen größer, wodurch zusätzliche Wärme entsteht. Durch diese Erwärmung nimmt die Vorspannung im Betrieb weiter zu und die Gefahr eines Lagerausfalls steigt.

Um einen solchen Ausfall zu verhindern, wird die Drehzahlgrenze herabgesetzt. Auch bei Zylinderrollenlagern ergibt sich mit kleiner werdender Radialluft und einem Anstieg der Vorspannung im Betrieb eine niedrigere Drehzahlgrenze.

### 4. Antrieb

Die Drehzahlgrenze des Lagers hängt auch von der Art des Spindelantriebs ab.

Bei einer Motorspindel liegen die Temperaturen in der Spindel höher. Bei Kühlung entsteht eine größere Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenring, die Vorspannung nimmt zu und die Drehzahlgrenze nimmt ab (siehe Abb. 5.2). Die Kühlung hat auch einen Einfluss auf die Luft zwischen Lager und Gehäuse (siehe Abb. 5.3). Wenn diese Luft negativ wird, nimmt die Vorspannung im Lager zu.

Abb. 5.2: Einfluss einer Kühlung auf die Drehzahlgrenze

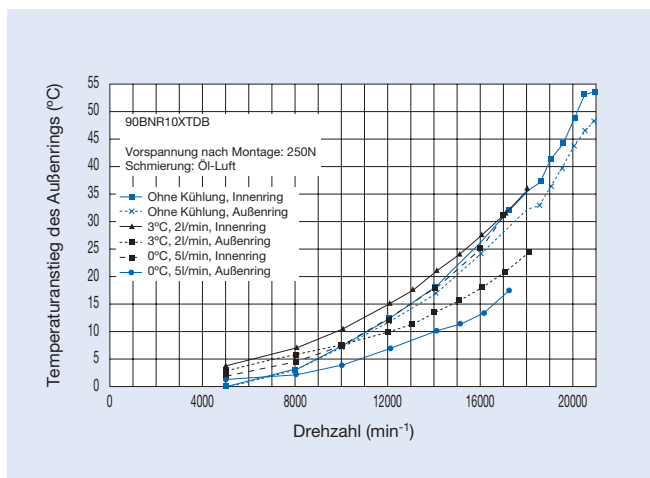
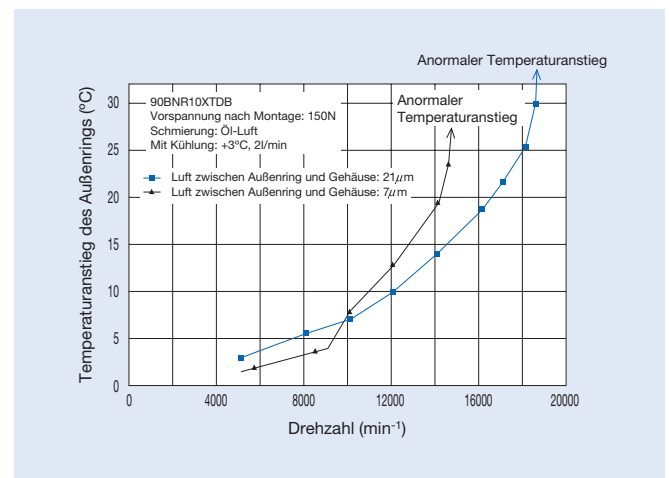


Abb. 5.3: Einfluss der Gehäusepassung auf die Drehzahlgrenze



# 6. SCHMIERUNG

## Der Zweck der Schmierung

Die Schmierung in einem Wälzlager dient dazu, Reibung und Verschleiß zu vermindern und so einen vorzeitigen Lagerausfall zu vermeiden. Sie bewirkt im Einzelnen folgendes:

### (1) Weniger Reibung und Verschleiß

Der Schmierfilm verhindert den metallischen Kontakt von Ringen, Wälzkörpern und Käfig und sorgt für weniger Reibung und Verschleiß in den Kontaktzonen.

### (2) Längere Ermüdungslebensdauer

Die Ermüdungslebensdauer eines Lagers wird entscheidend von der Viskosität und Dicke des Schmierfilms im Wälzkontakt beeinflusst. Die Ermüdungslebensdauer steigt mit zunehmender Schmierfilmdicke. Bei unzureichender Viskosität des Schmieröls wird nur ein zu dünner Schmierfilm aufgebaut und die Ermüdungslebensdauer wird vermindert.

### (3) Wärmeabfuhr

Mit einer Öl-Umlaufschmierung wird die Reibungswärme aus dem Lager oder Wärme aus der Lagerumgebung schnell abgeführt, so dass übermäßige Erwärmung des Lagers und vorzeitige Alterung des Schmierstoffs verhindert werden.

### (4) Weitere Folgen

Ausreichende Schmierung schützt das Lager auch vor dem Eindringen von Fremdstoffen und schützt vor Korrosion und Rost.

## Arten der Schmierung

Bei Werkzeugmaschinenspindeln, mit der Anforderung an hohe Genauigkeit, ist besonders auf eine geringe Erwärmung zu achten, damit die damit verbundenen Maßänderungen durch die Wärmeausdehnung klein bleiben. Die Erwärmung im Lager entsteht grundsätzlich aus zwei Faktoren: dem Lastfaktor, der von Lagerbauart und Belastung abhängt, und dem Drehzahlfaktor, der von der Art der Schmierung und der Lagerdrehzahl beeinflusst wird. Normalerweise spielt bei Spindellagern der Drehzahlfaktor dabei eine größere Rolle, aber wenn bei geschickter Auswahl der Schmierung der Drehzahlfaktor klein ist, muss man auch den Lastfaktor beachten.

Daher sollte sowohl beim Lager (Lastfaktor) als auch bei der Schmierung (Drehzahlfaktor) immer auf geringe Eigenerwärmung geachtet werden. Nicht nur die Art der Schmierung sondern auch die Menge des Schmierstoffs wirken sich auf die Temperatur im Lagers aus.

Meist wird eine Minimalschmierung eingesetzt, weil sie wirtschaftlich und wartungsfrei betrieben werden kann und nur wenig Wärme erzeugt. Um bei hohen Drehzahlen eine konstant niedrige Temperatur im Lager zu halten, ist die Öl-Luft-Schmierung mit ihrer geringen Ölmenge am besten geeignet. Der Zusammenhang zwischen Ölmenge, Wärmeerzeugung (Reibungsverluste) und Temperaturanstieg ist in Abb. 6.1 dargestellt. Für Werkzeugmaschinenspindeln ergibt sich die beste Betriebstemperatur bei einer Schmierung in Zone A oder B. Beide Arten der Schmierung sind in Tabelle 6.1 dargestellt.

Dynamisches Reibmoment des Lagers (Wärmeentwicklung)  
 $M = MI + Mv$

Lastfaktor (bestimmt durch Lagerbauart und Belastung)  
 $MI = f_1 F d_m$   
 mit  $f_1$ : Koeffizient für Lagerbauart und Belastung  
 $F$ : Lagerbelastung  
 $d_m$ : Teilkreisdurchmesser des Lagers

Drehzahlfaktor (bestimmt durch Ölviskosität und -menge, Drehzahl)  
 $Mv = f_o (v_o n)^{2/3} d_m^3$   
 mit  $f_o$ : Koeffizient für Lager und Schmierung  
 $v_o$ : kinematische Viskosität des Öls  
 $n$ : Drehzahl

Abb. 6.1: Ölmenge und Temperaturanstieg

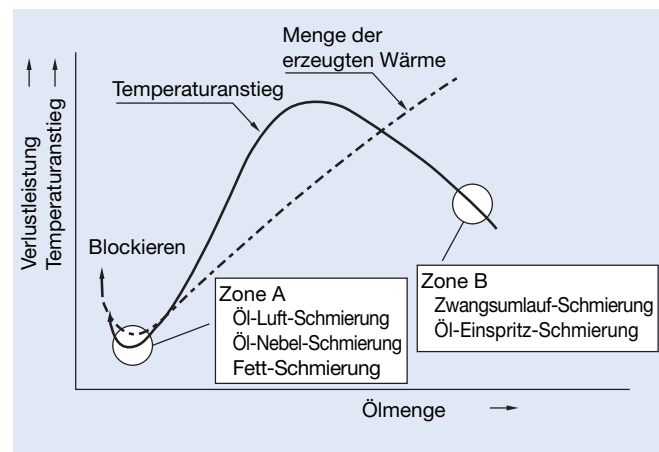




Tabelle 6.1: Vergleich der verschiedenen Schmiermethoden

| Schmiermethoden         | Vorteile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Nachteile                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fett-Schmierung         | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Kostengünstig</li> <li>o Eingeschränkte Erwärmung möglich</li> <li>o Wartungsfrei</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Wenn das Fett die Schmierfähigkeit verliert, kann das Lager blockieren.</li> <li>o Möglicherweise Eindringen von Staub oder Kühlschmierstoff</li> </ul>                                                                        |
| Öl-Nebel-Schmierung     | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Es wird kontinuierlich Frischöl zugeführt, konstante Ölqualität.</li> <li>o Kein Eintritt von Staub und Kühlschmierstoff ins Lager</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Verschmutzung der Umwelt.</li> <li>o Die zugeführte Ölmenge hängt von der Ölviskosität und Temperatur ab, so kann keine minimale Durchflussmenge garantiert werden.</li> <li>o Schwierige Überwachung des Ölflusses</li> </ul> |
| Öl-Einspritz-Schmierung | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Hohe Öldurchflussmenge, daher können weder Staub noch Kühlschmierstoff eindringen; das Lager blockiert so gut wie nie.</li> <li>o Durch die Ölkühlung lässt sich die Lagertemperatur in einem gewissen Grad steuern.</li> </ul>                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Hohe Reibungsverluste.</li> <li>o Ölaustritt, daher für vertikalen Einbau in Spindeln nicht geeignet.</li> </ul>                                                                                                               |
| Öl-Luft-Schmierung      | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Steuerung der Ölmenge; dadurch Zuführung der optimalen Ölmenge und geringe Erwärmung</li> <li>o Geringe Wärmeerzeugung im Lager und Kühlwirkung der Luft; daher geringe Lagertemperatur</li> <li>o Es wird kontinuierlich Frischöl zugeführt, konstante Ölqualität, Staub und Kühlschmierstoff können nicht ins Lager eindringen.</li> <li>o Nur geringe Umweltbeeinträchtigung durch Ölnebel.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>o Kostenintensiv</li> <li>o Schwierige Überwachung des Ölflusses</li> </ul>                                                                                                                                                      |

## Fettschmierung

### (1) Empfohlene Schmierfette

Lithiumseifenfette mit mineralischem Grundöl verfügen über eine gute Haftfähigkeit und sind außerordentlich gut zur Schmierung von Wälzlagern geeignet. Ihr Temperaturbereich liegt zwischen -10 °C und +110 °C.

Für schnelllaufende Werkzeugmaschinen-spindeln, die bei geringer Lagererwärmung eine hohe Lebensdauer erreichen müssen, empfiehlt NSK ein Fett der Konsistenzklasse 2 mit synthetischem Grundöl (Diester, Diester plus Mineralöl usw.).

In Tabelle 6.2 sind die verschiedenen Sorten von Schmierfetten aufgeführt, die in Werkzeugmaschinen-hauptspindeln und Axiallagern für Kugelgewindetriebe häufig eingesetzt werden.

### (2) Fettgebrauchsdauer

Die Fettgebrauchsdauer hängt in erster Linie von der Betriebstemperatur ab. Deshalb muss die Lagertemperatur (einschließlich der Umgebungstemperatur) niedrig bleiben, damit eine längere Fettgebrauchsdauer erreicht wird.

Hochleistungsfette für einen weiten Temperatureinsatzbereich werden

häufig für schnelllaufende Spindellager oder Motorspindeln eingesetzt.

Die folgende Gleichung gibt die mittlere Lebensdauer eines Fettes für einen weiten Temperatureinsatzbereich an:

$$\log t = 6.12 - 1.4n/N_{\max} - (0.018 - 0.006n/N_{\max}) T$$

mit  $t$ : mittlere Fettlebensdauer (h)

$N_{\max}$ : Drehzahlgrenze des Lagers ( $\text{min}^{-1}$ )

$n$ : Betriebsdrehzahl ( $\text{min}^{-1}$ )

$T$ : Betriebstemperatur des Lagers (°C)

### (3) Fettmenge für schnelllaufende Spindellager

Bei schnelllaufenden Lagern mit Fettschmierung sollten nur 10 bis 20% des gesamten Freiraums im Lager mit Fett befüllt werden. Bei übermäßiger Befüllung erwärmt sich das Lager beim Einlaufen zu stark und das Fett wird möglicherweise geschädigt. Spindeln müssen daher vor dem Betrieb ausreichend lange einlaufen. NSK hat empirisch die beste Fettfüllmenge ermittelt, die eine ausreichende Schmierung und ein problemloses Einlaufen garantiert. Die Werte sind der Tabelle auf Seite 175 zu entnehmen.

Tabelle 6.2: Eigenschaften verschiedener Fettsorten

| Handelsname      | Hersteller  | Verdichter    | Grundöl               | Viskosität des Grundöls $\text{mm}^2/\text{s}(40^\circ\text{C})$ | Tropfpunkt (°C) | Betriebs-temperaturbereich (°C) | Wichtigste Anwendung                                                    |
|------------------|-------------|---------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| MTE              | NSK         | Bariumkomplex | Esteröl               | 20                                                               | 200             | -30~+120                        | Lager für schnelllaufende Spindeln, schnelllaufende Zylinderrollenlager |
| MTS              | NSK         | Polyharnstoff | Ester- und PAO        | 22                                                               | 220             | -40~+130                        | Lager für schnelllaufende Spindeln                                      |
| Isoflex NBU15    | Klüber      | Bariumkomplex | Diester und Mineralöl | 20                                                               | 250             | -30~+120                        | Hauptspindellager                                                       |
| Isoflex NCA15    | Klüber      | Spezielles Ca | Esteröl               | 23                                                               | 180             | -40~+130                        | Hauptspindellager                                                       |
| Mobilux 2        | Mobil       | Lithium       | Mineralöl             | 26                                                               | 190             | -10~+110                        | Lager für Bohreinheiten und mitlaufende Körnerspitzen                   |
| Multemp LRL3     | Kyodo Yushi | Lithium       | Tetra-Esteröl         | 37                                                               | 208             | -30~+130                        | Hauptspindellager                                                       |
| Staburags NBU8EP | Klüber      | Bariumkomplex | Mineralöl             | 105                                                              | 220             | -30~+130                        | Schwerlast-Zylinderrollenlager                                          |
| Alvania S2       | Shell       | Lithium       | Mineralöl             | 130                                                              | 182             | -10~+110                        | Axiallager für Kugelgewindetriebe                                       |
| ENS              | NSK         | Polyharnstoff | Tetra-Esteröl         | 32                                                               | 260             | -40~+160                        | Motorspindeln                                                           |

# 6. SCHMIERUNG

## Öl-Schmierung

### (1) Öl-Nebel-Schmierung und Öl-Luft-Schmierung (Öl-Minimalschmierung)

Bei der Öl-Nebel-Schmierung (Sprüh-Öl-Schmierung) wird das Schmieröl mit Druckluft vernebelt und mit der Druckluft an die Schmierstelle gebracht.

Bei der Öl-Luft-Schmierung wird dem Lager kontinuierlich Öl zugeführt. Dazu wird über ein Mischventil, das in regelmäßigen Abständen über einen speziellen Kolben die erforderliche Mindestölmenge liefert, Öl in eine Leitung mit konstantem Luftstrom eingespritzt.

In Abb. 6.2 ist die für jeweils ein Lager erforderliche Ölmenge für jedes Schmierverfahren angegeben. Bei Öl-Nebel-Schmierung muss die Ölmenge individuell eingestellt oder nachgeregelt werden, weil auch die Auslegung der Rohrleitungen (Verzweigungen) und der Ölaustritt an den Zwischenringen zu berücksichtigen ist. Bei Drehzahlen von mehr als 1,8 Millionen  $n \times d_m$  ist die Ölmenge zu erhöhen. Die erforderliche Position der Einspritzdüse ist auf Seite 192 ersichtlich.

### (2) Öl-Einspritz-Schmierung

Die Öl-Einspritz-Schmierung findet hauptsächlich für schnelllaufende Lager mit Drehzahlkennwerten von über einer Million  $n \times d_m$  Anwendung. Durch eine oder mehrere Düsen wird das Schmieröl mit gleichbleibendem Druck in das Lager eingespritzt.

Bei hohen Drehzahlen wird die Luft um ein Lager mitgerissen und bildet so eine Art "Luftvorhang", der vom Öl durchdrungen werden muss. Der Ölstrahl der einzelnen Düsen muss eine 20% höhere Geschwindigkeit als die Umfangsgeschwindigkeit des Innenrings aufweisen. Da bei der Einspritzschmierung mit großen Ölmenge gearbeitet wird, entsteht hoher Panschverlust. Die so entstehende Wärme kann nur mit einer großen Ölablaufbohrung und Ölabsaugung sicher abgeführt werden.

In Werkzeugmaschinen-spindeln wird dieses Schmierverfahren manchmal eingesetzt, um bei höchsten Drehzahlen einen sicheren und stabilen Betrieb zu ermöglichen (siehe Abb. 6.3).

Abb. 6.2: Empfohlene Ölmenge für verschiedene Lagergrößen (Öl-Minimalschmierung)

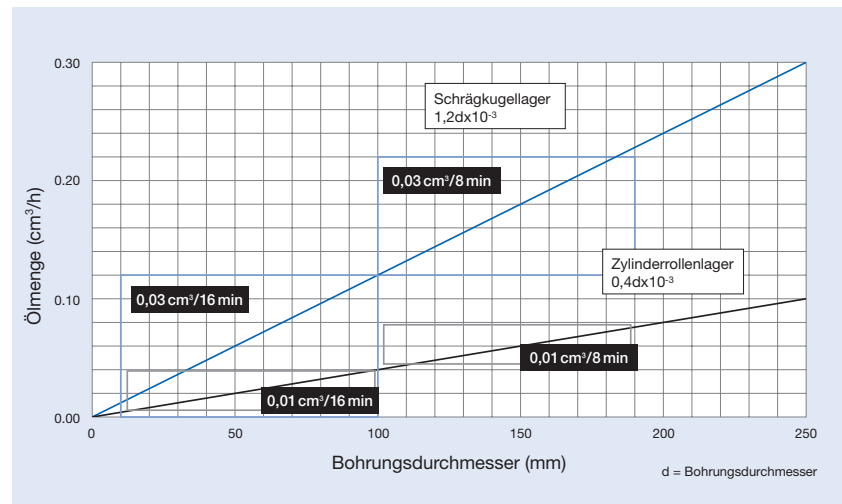
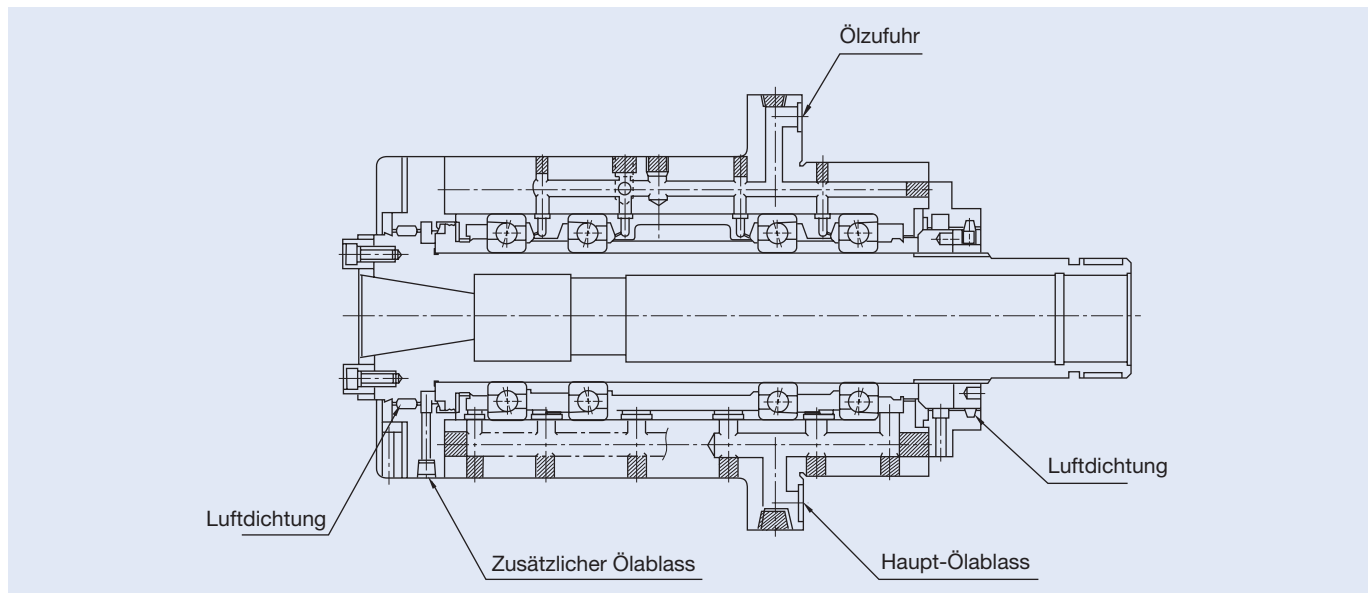


Abb. 6.3: Aufbau einer Spindel mit Öl-Einspritz-Schmierung



# Empfohlene Fettmengen für schnellaufende Spindellager

Maßeinheit: cm³/Lager

| Bohrungs-<br>kennzahl | Bohrungs-<br>durchmesser<br>(mm) | Schräggugellager: 15% des gesamten Lagerfrei-raums (NSK Code: X) |               |               |                         | Zylinderrollenlager: 10% des gesamten Lagerfrei-raums (NSK Code: X) |             |             |             |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                       |                                  | BNR19<br>BGR19<br>79xx                                           | BGR10<br>70xx | BGR02<br>72xx | BNR10<br>BAR10<br>BTR10 | NN49                                                                | NN39        | NN30        | N10         |
|                       |                                  | Fettmenge X                                                      | Fettmenge X   | Fettmenge X   | Fettmenge X             | Fettmenge X                                                         | Fettmenge X | Fettmenge X | Fettmenge X |
| 5                     | 5                                | –                                                                | –             | 0,03          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 6                     | 6                                | –                                                                | 0,04          | 0,07          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 7                     | 7                                | –                                                                | 0,07          | –             | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 8                     | 8                                | –                                                                | 0,12          | 0,10          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 00                    | 10                               | 0,06                                                             | 0,13          | 0,16          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 01                    | 12                               | 0,06                                                             | 0,14          | 0,23          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 02                    | 15                               | 0,11                                                             | 0,18          | 0,29          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 03                    | 17                               | 0,13                                                             | 0,24          | 0,41          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 04                    | 20                               | 0,23                                                             | 0,44          | 0,68          | –                       | –                                                                   | –           | –           | –           |
| 05                    | 25                               | 0,27                                                             | 0,52          | 0,85          | –                       | –                                                                   | –           | 0,4         | –           |
| 06                    | 30                               | 0,31                                                             | 0,69          | 1,20          | 0,58                    | –                                                                   | –           | 0,6         | 0,4         |
| 07                    | 35                               | 0,48                                                             | 0,98          | 1,70          | 0,78                    | –                                                                   | –           | 0,8         | 0,6         |
| 08                    | 40                               | 0,75                                                             | 1,20          | 2,10          | 0,92                    | –                                                                   | –           | 1,0         | 0,7         |
| 09                    | 45                               | 0,83                                                             | 1,50          | 2,60          | 1,20                    | –                                                                   | –           | 1,3         | 1,0         |
| 10                    | 50                               | 0,91                                                             | 1,60          | 3,00          | 1,20                    | –                                                                   | –           | 1,4         | 1,1         |
| 11                    | 55                               | 1,10                                                             | 2,40          | 3,90          | 1,70                    | –                                                                   | –           | 2,0         | 1,5         |
| 12                    | 60                               | 1,20                                                             | 2,60          | 4,80          | 1,80                    | –                                                                   | –           | 2,1         | 1,6         |
| 13                    | 65                               | 1,30                                                             | 2,60          | 5,70          | 1,90                    | –                                                                   | –           | 2,2         | 1,6         |
| 14                    | 70                               | 2,10                                                             | 3,60          | 6,50          | 2,80                    | –                                                                   | –           | 3,2         | 2,4         |
| 15                    | 75                               | 2,30                                                             | 3,60          | 7,00          | 2,90                    | –                                                                   | –           | 3,5         | 2,5         |
| 16                    | 80                               | 2,40                                                             | 5,10          | 8,70          | 3,80                    | –                                                                   | –           | 4,7         | 3,5         |
| 17                    | 85                               | 3,50                                                             | 5,30          | 11,00         | 4,00                    | –                                                                   | –           | 4,9         | 3,7         |
| 18                    | 90                               | 3,60                                                             | 6,60          | 13,00         | 5,50                    | –                                                                   | –           | 6,5         | 4,5         |
| 19                    | 95                               | 3,60                                                             | 6,80          | 16,00         | 5,70                    | –                                                                   | –           | 6,6         | 4,7         |
| 20                    | 100                              | 4,90                                                             | 7,20          | 19,00         | 6,10                    | 5,4                                                                 | 4,5         | 6,8         | 4,9         |
| 21                    | 105                              | 5,10                                                             | 9,00          | 23,00         | 7,60                    | 5,6                                                                 | 4,6         | 9,3         | 5,9         |
| 22                    | 110                              | 5,20                                                             | 12,00         | 27,00         | 9,10                    | 5,7                                                                 | 4,8         | 11,0        | 7,5         |
| 24                    | 120                              | 7,90                                                             | 12,00         | 31,00         | 9,80                    | 8,4                                                                 | 6,5         | 12,5        | 8,1         |
| 26                    | 130                              | 9,00                                                             | 18,00         | 34,00         | 15,00                   | 11,0                                                                | 8,5         | 18,0        | 12,4        |
| 28                    | 140                              | 9,90                                                             | 20,00         | 42,00         | 17,00                   | 12,0                                                                | 9,3         | 20,0        | 12,9        |
| 30                    | 150                              | 14,00                                                            | 25,00         | 53,00         | 22,00                   | 24,0                                                                | 14,0        | 23,0        | –           |
| 32                    | 160                              | 16,00                                                            | 34,00         | –             | 26,00                   | 20,0                                                                | 15,0        | 29,0        | –           |
| 34                    | 170                              | 14,00                                                            | 42,00         | –             | 33,00                   | 21,0                                                                | 15,0        | 38,0        | –           |
| 36                    | 180                              | 22,00                                                            | 51,00         | –             | 46,00                   | 28,0                                                                | 23,0        | 51,0        | –           |
| 38                    | 190                              | 27,00                                                            | 47,00         | –             | 50,00                   | 30,0                                                                | 24,0        | 54,0        | –           |
| 40                    | 200                              | 39,00                                                            | 76,00         | –             | 61,00                   | 44,0                                                                | 35,0        | 69,0        | –           |
| 44                    | 220                              | 42,00                                                            | –             | –             | –                       | –                                                                   | 37,0        | –           | –           |
| 48                    | 240                              | 41,00                                                            | –             | –             | –                       | –                                                                   | 40,0        | –           | –           |
| 52                    | 260                              | 77,00                                                            | –             | –             | –                       | –                                                                   | 70,0        | –           | –           |
| 56                    | 280                              | 80,00                                                            | –             | –             | –                       | –                                                                   | 75,0        | –           | –           |

Schmierung

Für die Berechnung der Fettmenge sollte für die auf Seite 173 aufgeführten Fette die Dichte 0,93 g/cm³ benutzt werden. Die empfohlene Fettmenge von Axial-Schräggugellagern für Kugelgewindetriebe entnehmen Sie bitte der Tabelle auf den Seiten 110-113.

# 7. TOLERANZEN

Die Toleranzen der Hauptabmessungen und die Laufgenauigkeit von NSK Radiallagern entsprechen den Festlegungen in „Accuracies of Rolling Bearings“ nach ISO 492/199/582/1132-1 und „Rolling Bearing Tolerances“ nach JIS B 1514 . Daneben fertigt NSK noch Schrägkugellager in den Genauigkeitsklassen ABEC 5, 7 und 9 gemäß dem Standard 20 der American Bearing Manufacturers Association (ABMA). Tabelle 7.1 und Abb. 7.1 zeigt die Erklärungen der Begriffe für die Laufgenauigkeit und erklärt grob das Messverfahren. Weitere Einzelheiten sind der ISO 5593, dem „Rolling Bearing Vocabulary“ nach JIS B 0104 und den „Measuring Methods for Rolling Bearings“ nach JIS B 1515 zu entnehmen.

Tabelle 7.1

| Laufgenauigkeit                                                                                  | Innenring | Außenring | Messuhr        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------|
| Rundlauf des Innenrings am zusammengebauten Lager (Radialschlag) $K_{ia}$                        | dreht     | steht     | A              |
| Rundlauf des Außenrings am zusammengebauten Lager (Radialschlag) $K_{ea}$                        | steht     | dreht     | A              |
| Planlauf der Innenringseitenfläche zur Laufbahn am zusammengebauten Lager (Axialschlag) $S_{ia}$ | dreht     | steht     | B <sub>1</sub> |
| Planlauf der Außenringseitenfläche zur Laufbahn am zusammengebauten Lager (Axialschlag) $S_{ea}$ | steht     | dreht     | B <sub>2</sub> |
| Planlauf der Innenringstirnseite zur Bohrung (Seitenschlag) $S_d$                                | dreht     | steht     | C              |
| Schwankung der Neigung der Mantellinie zur Bezugsseitenfläche (Seitenschlag) $S_D$               | -         | dreht     | D              |

## Toleranzen von Radiallagern

### Innenring

Tabelle 7.2: Innenring **Klasse 5**

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Bohrungsdurchmesser<br>$d$<br>(mm) |     | Abweichung des mittleren<br>Bohrungsdurchmessers in<br>einer Ebene<br>$\Delta_{dmp}^{(2)}$ |         | Schwankung des Bohrungs-<br>durchmessers in einer Radialebene $V_{dr}^{(2)}$ |         | Schwankung des<br>mittleren Bohrungs-<br>durchmessers<br>$V_{dmp}^{(2)}$ | Radialschlag<br>des<br>Innenrings<br>$K_{ia}$ | Planlauf des<br>Innenrings<br>zur Bohrung<br>$S_d$ | Planlauf der<br>Innenring-<br>stirnfläche<br>zur Laufbahn<br>$S_{ia}^{(4)}$ | $\Delta B_s$                               |             |                                                   | Breitenschwankung<br>des Innenrings<br>$V_{B_s}$ |
|------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                    |     |                                                                                            |         | Durchmesserreihe                                                             |         |                                                                          |                                               |                                                    |                                                                             | Einzellager, Sätze,<br>Universalausführung | Einzellager | (1)<br>Einzellager, Sätze,<br>Universalausführung |                                                  |
|                                    |     |                                                                                            |         | 9                                                                            | 0, 2, 3 |                                                                          |                                               |                                                    |                                                                             |                                            |             |                                                   |                                                  |
| über                               | bis | oberes                                                                                     | unteres | max                                                                          |         | max                                                                      | max                                           | max                                                | max                                                                         | oberes                                     | unteres     |                                                   | max                                              |
| 2,5                                | 10  | 0                                                                                          | − 5     | 5                                                                            | 4       | 3                                                                        | 4                                             | 7                                                  | 7                                                                           | 0                                          | − 40        | −250                                              | 5                                                |
| 10,0                               | 18  | 0                                                                                          | − 5     | 5                                                                            | 4       | 3                                                                        | 4                                             | 7                                                  | 7                                                                           | 0                                          | − 80        | −250                                              | 5                                                |
| 18,0                               | 30  | 0                                                                                          | − 6     | 6                                                                            | 5       | 3                                                                        | 4                                             | 8                                                  | 8                                                                           | 0                                          | −120        | −250                                              | 5                                                |
| 30,0                               | 50  | 0                                                                                          | − 8     | 8                                                                            | 6       | 4                                                                        | 5                                             | 8                                                  | 8                                                                           | 0                                          | −120        | −250                                              | 5                                                |
| 50,0                               | 80  | 0                                                                                          | − 9     | 9                                                                            | 7       | 5                                                                        | 5                                             | 8                                                  | 8                                                                           | 0                                          | −150        | −250                                              | 6                                                |
| 80,0                               | 120 | 0                                                                                          | −10     | 10                                                                           | 8       | 5                                                                        | 6                                             | 9                                                  | 9                                                                           | 0                                          | −200        | −380                                              | 7                                                |
| 120,0                              | 180 | 0                                                                                          | −13     | 13                                                                           | 10      | 7                                                                        | 8                                             | 10                                                 | 10                                                                          | 0                                          | −250        | −380                                              | 8                                                |
| 180,0                              | 250 | 0                                                                                          | −15     | 15                                                                           | 12      | 8                                                                        | 10                                            | 11                                                 | 13                                                                          | 0                                          | −300        | −500                                              | 10                                               |
| 250,0                              | 315 | 0                                                                                          | −18     | 18                                                                           | 14      | 9                                                                        | 13                                            | 13                                                 | 15                                                                          | 0                                          | −350        | −500                                              | 13                                               |

Tabelle 7.3: Innenring **Klasse 4**

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Bohrungsdurchmesser<br>$d$<br>(mm) |     | Abweichung des mittleren<br>Bohrungsdurchmessers<br>in einer Ebene<br>$\Delta_{dmp}^{(2)}$ |         | Abweichung eines<br>Bohrungsdurchmessers<br>in einer Ebene<br>$\Delta_{ds}^{(2)}$ |         | Schwankung des<br>Bohrungsdurchmessers in<br>einer Radialebene $V_{dr}^{(2)}$ |   | Schwankung<br>des mittleren<br>Bohrungs-<br>durchmessers<br>$V_{dmp}^{(2)}$ | Radialschlag<br>des<br>Innenrings<br>$K_{ia}$ | Planlauf d.<br>Innenrings<br>zur<br>Bohrung<br>$S_d$ | Planlauf d.<br>Innenring-<br>stirnfläche<br>zur<br>Laufbahn<br>$S_{ia}^{(4)}$ | Abweichung der Breite eines<br>Innenrings $\Delta B_s$ |             |                                                           | Breiten-<br>schwankung<br>des<br>Innenrings<br>$V_{B_s}$ |
|------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                    |     |                                                                                            |         |                                                                                   |         | Durchmesserreihe                                                              |   |                                                                             |                                               |                                                      |                                                                               | Einzellager, Sätze,<br>Universalausführung             | Einzellager | Einzellager, Sätze,<br>Universalausführung <sup>(1)</sup> |                                                          |
|                                    |     |                                                                                            |         |                                                                                   |         |                                                                               |   |                                                                             |                                               |                                                      |                                                                               |                                                        |             |                                                           |                                                          |
| über                               | bis | oberes                                                                                     | unteres | oberes                                                                            | unteres | max                                                                           |   | max                                                                         | max                                           | max                                                  | max                                                                           | oberes                                                 | unteres     |                                                           | max                                                      |
| 2,5                                | 10  | 0                                                                                          | − 4     | 0                                                                                 | −4      | 4                                                                             | 3 | 2,0                                                                         | 2,5                                           | 3                                                    | 3                                                                             | 0                                                      | − 40        | −250                                                      | 2,5                                                      |
| 10,0                               | 18  | 0                                                                                          | − 4     | 0                                                                                 | −4      | 4                                                                             | 3 | 2,0                                                                         | 2,5                                           | 3                                                    | 3                                                                             | 0                                                      | − 80        | −250                                                      | 2,5                                                      |
| 18,0                               | 30  | 0                                                                                          | − 5     | 0                                                                                 | −5      | 5                                                                             | 4 | 2,5                                                                         | 3,0                                           | 4                                                    | 4                                                                             | 0                                                      | −120        | −250                                                      | 2,5                                                      |
| 30,0                               | 50  | 0                                                                                          | − 6     | 0                                                                                 | −6      | 6                                                                             | 5 | 3,0                                                                         | 4,0                                           | 4                                                    | 4                                                                             | 0                                                      | −120        | −250                                                      | 3,0                                                      |
| 50,0                               | 80  | 0                                                                                          | − 7     | 0                                                                                 | −7      | 7                                                                             | 5 | 3,5                                                                         | 4,0                                           | 5                                                    | 5                                                                             | 0                                                      | −150        | −250                                                      | 4,0                                                      |
| 80,0                               | 120 | 0                                                                                          | − 8     | 0                                                                                 | −8      | 8                                                                             | 6 | 4,0                                                                         | 5,0                                           | 5                                                    | 5                                                                             | 0                                                      | −200        | −380                                                      | 4,0                                                      |
| 120,0                              | 180 | 0                                                                                          | −10     | 0                                                                                 | −10     | 10                                                                            | 8 | 5,0                                                                         | 6,0                                           | 6                                                    | 7                                                                             | 0                                                      | −250        | −380                                                      | 5,0                                                      |
| 180,0                              | 250 | 0                                                                                          | −12     | 0                                                                                 | −12     | 12                                                                            | 9 | 6,0                                                                         | 8,0                                           | 7                                                    | 8                                                                             | 0                                                      | −300        | −500                                                      | 6,0                                                      |

(1) Gilt für jeden einzelnen Ring bei Lagersätzen und Universalausführung.

(2) Gilt für Lager mit zylindrischer Bohrung.

(3) Klasse 3 ist eine Sondergenauigkeitsklasse von NSK. Toleranz des Bohrungs- und Außendurchmessers nach Klasse 4, alle anderen Toleranzen nach Klasse 2.

(4) Gilt für Kugellager.

- Anmerkungen:**
- Die oberen Toleranzgrenzen der Bohrung und die unteren Toleranzgrenzen des Außendurchmessers gelten nicht innerhalb eines Abstands von 1,2-mal ( $r \max.$ ) von der Ringstirnfläche.
  - Die Toleranzen nach ABMA-Standards ABEC 5, ABEC 7 und ABEC 9 entsprechen den ISO-(JIS)-Klassen 5, 4 und 2. ABMA-Standards gelten nur für Schrägkugellager.

Abb. 7.1: Messungen der Laufgenauigkeit

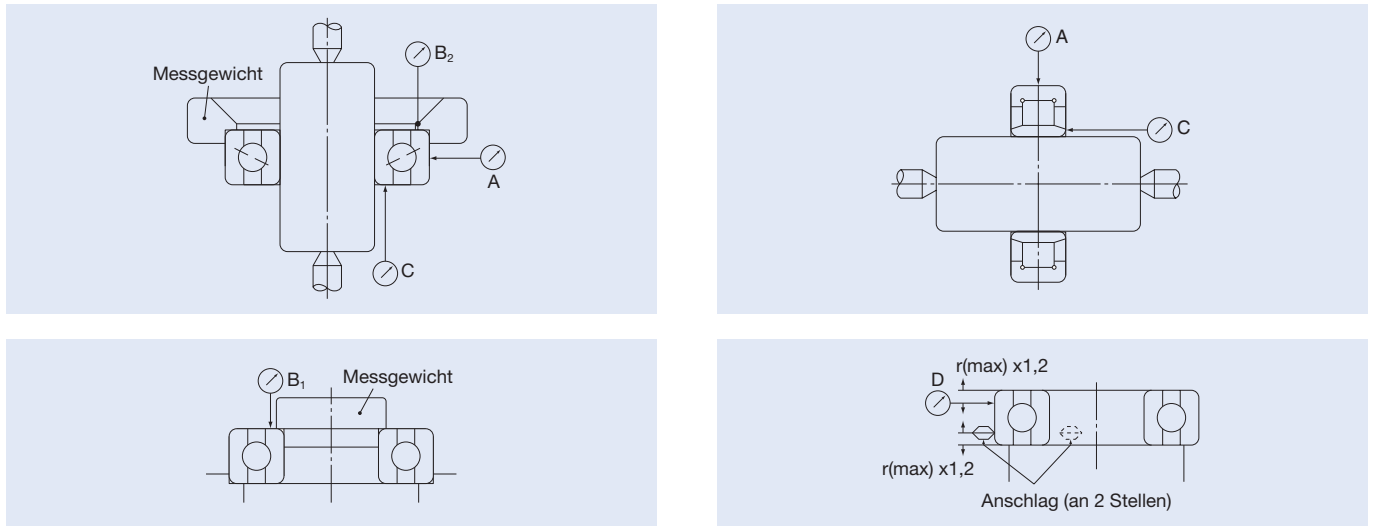


Tabelle 7.4: Innenring **Klasse 3** <sup>(2)</sup>

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Bohrungsdurchmesser $d$ (mm) |     | Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene $\Delta_{dmp}^{(2)}$ |         | Abweichung eines einzelnen Bohrungsdurchmessers $\Delta_{ds}^{(2)}$ |         | Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene $V_{dp}^{(2)}$ | Schwankung des mittleren Bohrungsdurchmessers $V_{dmp}^{(2)}$ | Radialschlag des Innenrings $K_{ia}$ | Planlauf des Innenrings zur Bohrung $S_d$ | Planlauf der Innenringstirnfläche zur Laufbahn $S_{ia}^{(4)}$ | Abweichung der Breite eines einzelnen Innenrings $\Delta B_s$ |             |                                                        | Breitenschwankung des Innenrings $V_{Bs}$ |
|------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                              |     | oberes                                                                            | unteres | oberes                                                              | unteres | max                                                                     | max                                                           | max                                  | max                                       | max                                                           | Einzellager, Sätze, Universalausführung                       | Einzellager | Einzellager, Sätze, Universalausführung <sup>(1)</sup> |                                           |
| über                         | bis |                                                                                   |         |                                                                     |         |                                                                         |                                                               |                                      |                                           |                                                               | oberes                                                        | unteres     |                                                        | max                                       |
| 2,5                          | 10  | 0                                                                                 | - 4     | 0                                                                   | - 4     | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 1,5                                  | 1,5                                       | 1,5                                                           | 0                                                             | - 40        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 10,0                         | 18  | 0                                                                                 | - 4     | 0                                                                   | - 4     | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 1,5                                  | 1,5                                       | 1,5                                                           | 0                                                             | - 80        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 18,0                         | 30  | 0                                                                                 | - 5     | 0                                                                   | - 5     | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 2,5                                  | 1,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -120        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 30,0                         | 50  | 0                                                                                 | - 6     | 0                                                                   | - 6     | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 2,5                                  | 1,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -120        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 50,0                         | 80  | 0                                                                                 | - 7     | 0                                                                   | - 7     | 4,0                                                                     | 2,0                                                           | 2,5                                  | 1,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -150        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 80,0                         | 120 | 0                                                                                 | - 8     | 0                                                                   | - 8     | 5,0                                                                     | 2,5                                                           | 2,5                                  | 2,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -200        | -380                                                   | 2,5                                       |
| 120,0                        | 150 | 0                                                                                 | -10     | 0                                                                   | -10     | 7,0                                                                     | 3,5                                                           | 2,5                                  | 2,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -250        | -380                                                   | 2,5                                       |
| 150,0                        | 180 | 0                                                                                 | -10     | 0                                                                   | -10     | 7,0                                                                     | 3,5                                                           | 5,0                                  | 4,0                                       | 5,0                                                           | 0                                                             | -250        | -380                                                   | 4,0                                       |
| 180,0                        | 250 | 0                                                                                 | -12     | 0                                                                   | -12     | 8,0                                                                     | 4,0                                                           | 5,0                                  | 5,0                                       | 5,0                                                           | 0                                                             | -300        | -500                                                   | 5,0                                       |

Tabelle 7.5: Innenring **Klasse 2** <sup>(2)</sup>

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Bohrungsdurchmesser $d$ (mm) |     | Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene $\Delta_{dmp}^{(2)}$ |         | Abweichung eines einzelnen Bohrungsdurchmessers $\Delta_{ds}^{(2)}$ |         | Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene $V_{dp}^{(2)}$ | Schwankung des mittleren Bohrungsdurchmessers $V_{dmp}^{(2)}$ | Radialschlag des Innenrings $K_{ia}$ | Planlauf des Innenrings zur Bohrung $S_d$ | Planlauf der Innenringstirnfläche zur Laufbahn $S_{ia}^{(4)}$ | Abweichung der Breite eines einzelnen Innenrings $\Delta B_s$ |             |                                                        | Breitenschwankung des Innenrings $V_{Bs}$ |
|------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                              |     | oberes                                                                            | unteres | oberes                                                              | unteres | max                                                                     | max                                                           | max                                  | max                                       | max                                                           | Einzellager, Sätze, Universalausführung                       | Einzellager | Einzellager, Sätze, Universalausführung <sup>(1)</sup> |                                           |
| über                         | bis |                                                                                   |         |                                                                     |         |                                                                         |                                                               |                                      |                                           |                                                               | oberes                                                        | unteres     |                                                        | max                                       |
| 2,5                          | 10  | 0                                                                                 | -2,5    | 0                                                                   | -2,5    | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 1,5                                  | 1,5                                       | 1,5                                                           | 0                                                             | - 40        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 10,0                         | 18  | 0                                                                                 | -2,5    | 0                                                                   | -2,5    | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 1,5                                  | 1,5                                       | 1,5                                                           | 0                                                             | - 80        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 18,0                         | 30  | 0                                                                                 | -2,5    | 0                                                                   | -2,5    | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 2,5                                  | 1,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -120        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 30,0                         | 50  | 0                                                                                 | -2,5    | 0                                                                   | -2,5    | 2,5                                                                     | 1,5                                                           | 2,5                                  | 1,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -120        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 50,0                         | 80  | 0                                                                                 | -4,0    | 0                                                                   | -4,0    | 4,0                                                                     | 2,0                                                           | 2,5                                  | 1,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -150        | -250                                                   | 1,5                                       |
| 80,0                         | 120 | 0                                                                                 | -5,0    | 0                                                                   | -5,0    | 5,0                                                                     | 2,5                                                           | 2,5                                  | 2,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -200        | -380                                                   | 2,5                                       |
| 120,0                        | 150 | 0                                                                                 | -7,0    | 0                                                                   | -7,0    | 7,0                                                                     | 3,5                                                           | 2,5                                  | 2,5                                       | 2,5                                                           | 0                                                             | -250        | -380                                                   | 2,5                                       |
| 150,0                        | 180 | 0                                                                                 | -7,0    | 0                                                                   | -7,0    | 7,0                                                                     | 3,5                                                           | 5,0                                  | 4,0                                       | 5,0                                                           | 0                                                             | -250        | -380                                                   | 4,0                                       |
| 180,0                        | 250 | 0                                                                                 | -8,0    | 0                                                                   | -8,0    | 8,0                                                                     | 4,0                                                           | 5,0                                  | 5,0                                       | 5,0                                                           | 0                                                             | -300        | -500                                                   | 5,0                                       |

## Innenring (Klasse P4Y)

(Bei der Genauigkeitsklasse P4Y sind die Formtoleranzen von Bohrung und Außendurchmesser eingengt.)

Tabelle 7.6 Toleranz von Innenring- Bohrung Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Bohrungsdurchmesser (mm) |     | Klasse 4 |         | Klasse P4Y (Mitte der Toleranz) |         |
|--------------------------|-----|----------|---------|---------------------------------|---------|
| über                     | bis | oberes   | unteres | oberes                          | unteres |
| 30                       | 50  | 0        | - 6     | -1                              | -3      |
| 50                       | 80  | 0        | - 7     | -2                              | -5      |
| 80                       | 120 | 0        | - 8     | -3                              | -6      |
| 120                      | 150 | 0        | -10     | -3                              | -7      |

\* Für Lager Bohrung kleiner 30 mm gelten die Werte für 30- 50 mm. Die Klasse P4Y ist eine NSK eigne Genauigkeitsklasse bei der die Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz auf die Mittelwerte eingengt sind. Im Übrigen entsprechen die Toleranzwerte P4. Sie wird für Lager in Universalausführung verwendet.

# 7. TOLERANZEN

## Toleranzen von Radiallagern

### Außenring

Tabelle 7.7: Außenring **Klasse 5**

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Außendurchmesser<br>$D$<br>(mm) |     | Abweichung des mittleren<br>Außendurchmessers in<br>einer Ebene<br>$\Delta_{Dmp}$ |         | Schwankung des Außendurchmessers<br>in einer Radialebene $V_{dp}$ |      | Schwankung des<br>mittleren<br>Außendurchmessers<br>$V_{Dmp}$ | Radialschlag<br>des<br>Außenrings<br>$K_{ea}$ | Schwankung der<br>Neigung der<br>Mantellinie zur<br>Bezugsseitenfläche<br>$S_D$ | Planlauf des<br>Außenrings<br>zur Laufbahn<br>$S_{ea}^{(1)}$ | Abweichung der Breite<br>eines Außenrings<br>$\Delta_{Cs}$                                             | Breitenschwankung<br>des Außenrings<br>$V_{Cs}$ |
|---------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                 |     |                                                                                   |         | Durchmesserreihe                                                  |      |                                                               |                                               |                                                                                 |                                                              |                                                                                                        |                                                 |
|                                 |     |                                                                                   |         | 9                                                                 | 0, 2 |                                                               |                                               |                                                                                 |                                                              |                                                                                                        |                                                 |
| über                            | bis | oberes                                                                            | unteres | max                                                               |      | max                                                           | max                                           | max                                                                             | max                                                          |                                                                                                        | max                                             |
| 6                               | 18  | 0                                                                                 | – 5     | 5                                                                 | 4    | 3                                                             | 5                                             | 8                                                                               | 8                                                            | Identisch mit ( $\Delta_{Bs}$ ) für<br>den Innenring desselben<br>Lagers derselben<br>Lagerbezeichnung | 5                                               |
| 18                              | 30  | 0                                                                                 | – 6     | 6                                                                 | 5    | 3                                                             | 6                                             | 8                                                                               | 8                                                            |                                                                                                        | 5                                               |
| 30                              | 50  | 0                                                                                 | – 7     | 7                                                                 | 5    | 4                                                             | 7                                             | 8                                                                               | 8                                                            |                                                                                                        | 5                                               |
| 50                              | 80  | 0                                                                                 | – 9     | 9                                                                 | 7    | 5                                                             | 8                                             | 8                                                                               | 10                                                           |                                                                                                        | 6                                               |
| 80                              | 120 | 0                                                                                 | –10     | 10                                                                | 8    | 5                                                             | 10                                            | 9                                                                               | 11                                                           |                                                                                                        | 8                                               |
| 120                             | 150 | 0                                                                                 | –11     | 11                                                                | 8    | 6                                                             | 11                                            | 10                                                                              | 13                                                           |                                                                                                        | 8                                               |
| 150                             | 180 | 0                                                                                 | –13     | 13                                                                | 10   | 7                                                             | 13                                            | 10                                                                              | 14                                                           |                                                                                                        | 8                                               |
| 180                             | 250 | 0                                                                                 | –15     | 15                                                                | 11   | 8                                                             | 15                                            | 11                                                                              | 15                                                           |                                                                                                        | 10                                              |
| 250                             | 315 | 0                                                                                 | –18     | 18                                                                | 14   | 9                                                             | 18                                            | 13                                                                              | 18                                                           |                                                                                                        | 11                                              |
| 315                             | 400 | 0                                                                                 | –20     | 20                                                                | 15   | 10                                                            | 20                                            | 13                                                                              | 20                                                           |                                                                                                        | 13                                              |

Tabelle 7.8: Außenring **Klasse 4**

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Außendurchmesser<br>$D$<br>(mm) |     | Abweichung des<br>mittleren Außendurch-<br>messers in einer Ebene<br>$\Delta_{Dmp}$ |         | Abweichung eines<br>einzelnen<br>Außendurchmessers<br>$\Delta_{DS}$ |         | Schwankung eines<br>Außendurchmessers in einer<br>Radialebene $V_{Dp}$ |      | Schwankung des<br>mittleren<br>Außendurch-<br>messers<br>$V_{Dmp}$ | Radialschlag<br>des<br>Außenrings<br>$K_{ea}$ | Schwankung der<br>Neigung der<br>Mantellinie zur<br>Bezugsseitenfläche<br>$S_D$ | Planlauf des<br>Außenrings<br>zur Laufbahn<br>$S_{ea}(1)$ | Abweichung der Breite<br>eines Außenrings<br>$\Delta_{Cs}$               | Breiten-<br>schwankung<br>des Außenrings<br>$V_{Cs}$ |
|---------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                 |     |                                                                                     |         |                                                                     |         | Durchmesserreihe                                                       |      |                                                                    |                                               |                                                                                 |                                                           |                                                                          |                                                      |
|                                 |     |                                                                                     |         |                                                                     |         | 9                                                                      | 0, 2 |                                                                    |                                               |                                                                                 |                                                           |                                                                          | max                                                  |
| über                            | bis | oberes                                                                              | unteres | oberes                                                              | unteres | max                                                                    |      | max                                                                | max                                           | max                                                                             | max                                                       | Identisch mit ( $\Delta_{Bs}$ )<br>für den Innenring<br>desselben Lagers | max                                                  |
| 6                               | 18  | 0                                                                                   | − 4     | 0                                                                   | − 4     | 4                                                                      | 3    | 2,0                                                                | 3                                             | 4                                                                               | 5                                                         |                                                                          | 2,5                                                  |
| 18                              | 30  | 0                                                                                   | − 5     | 0                                                                   | − 5     | 5                                                                      | 4    | 2,5                                                                | 4                                             | 4                                                                               | 5                                                         |                                                                          | 2,5                                                  |
| 30                              | 50  | 0                                                                                   | − 6     | 0                                                                   | − 6     | 6                                                                      | 5    | 3,0                                                                | 5                                             | 4                                                                               | 5                                                         |                                                                          | 2,5                                                  |
| 50                              | 80  | 0                                                                                   | − 7     | 0                                                                   | − 7     | 7                                                                      | 5    | 3,5                                                                | 5                                             | 4                                                                               | 5                                                         |                                                                          | 3,0                                                  |
| 80                              | 120 | 0                                                                                   | − 8     | 0                                                                   | − 8     | 8                                                                      | 6    | 4,0                                                                | 6                                             | 5                                                                               | 6                                                         |                                                                          | 4,0                                                  |
| 120                             | 150 | 0                                                                                   | − 9     | 0                                                                   | − 9     | 9                                                                      | 7    | 5,0                                                                | 7                                             | 5                                                                               | 7                                                         |                                                                          | 5,0                                                  |
| 150                             | 180 | 0                                                                                   | −10     | 0                                                                   | −10     | 10                                                                     | 8    | 5,0                                                                | 8                                             | 5                                                                               | 8                                                         |                                                                          | 5,0                                                  |
| 180                             | 250 | 0                                                                                   | −11     | 0                                                                   | −11     | 11                                                                     | 8    | 6,0                                                                | 10                                            | 7                                                                               | 10                                                        |                                                                          | 7,0                                                  |
| 250                             | 315 | 0                                                                                   | −13     | 0                                                                   | −13     | 13                                                                     | 10   | 7,0                                                                | 11                                            | 8                                                                               | 10                                                        |                                                                          | 7,0                                                  |
| 315                             | 400 | 0                                                                                   | −15     | 0                                                                   | −15     | 15                                                                     | 11   | 8,0                                                                | 13                                            | 10                                                                              | 13                                                        | 8,0                                                                      |                                                      |

(<sup>1</sup>) Gilt für Kugellager.

(<sup>2</sup>) Klasse 3 ist eine Sondergenauigkeitsklasse von NSK. Toleranz des Bohrungs- und Außendurchmessers nach Klasse 4, alle anderen Toleranzen nach Klasse 2.

- Anmerkungen:**
- Die oberen Toleranzgrenzen der Bohrung und die unteren Toleranzgrenzen des Außendurchmessers gelten nicht innerhalb eines Abstandes von 1,2-mal ( $r_{\text{max}}$ ) von der Ringstirnfläche.
  - Die Toleranzen nach ABMA-Standards ABEC 5, ABEC 7 und ABEC 9 entsprechen den ISO-(JIS)-Klassen 5, 4 und 2. ABMA-Standards gelten nur für Schrägkugellager.

Tabelle 7.9: Außenring **Klasse 3** <sup>(2)</sup>

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Außendurchmesser $D$ (mm) |     | Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene $\Delta_{Dmp}$ |         | Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers $\Delta_{Ds}$ |         | Schwankung eines Außendurchmessers in einer Radialebene $V_{Dp}$ | Schwankung des mittleren Außendurchmessers $V_{Dmp}$ | Radialschlag des Außenrings $K_{ea}$ | Schwankung der Neigung der Mantellinie zur Bezugsseitenfläche $S_D$ | Planlauf des Außenrings zur Laufbahn $S_{ea}^{(1)}$ | Abweichung der Breite eines Außenrings $\Delta_{Cs}$             | Breiten-schwankung des Außenrings $V_{Cs}$ |
|---------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| über                      | bis | oberes                                                                   | unteres | oberes                                                     | unteres | max                                                              | max                                                  | max                                  | max                                                                 | max                                                 |                                                                  | max                                        |
| 6                         | 18  | 0                                                                        | - 4     | 0                                                          | - 4     | 2,5                                                              | 1,5                                                  | 1,5                                  | 1,5                                                                 | 1,5                                                 | Identisch mit $(\Delta_{Bs})$ für den Innenring desselben Lagers | 1,5                                        |
| 18                        | 30  | 0                                                                        | - 5     | 0                                                          | - 5     | 4,0                                                              | 2,0                                                  | 2,5                                  | 1,5                                                                 | 2,5                                                 |                                                                  | 1,5                                        |
| 30                        | 50  | 0                                                                        | - 6     | 0                                                          | - 6     | 4,0                                                              | 2,0                                                  | 2,5                                  | 1,5                                                                 | 2,5                                                 |                                                                  | 1,5                                        |
| 50                        | 80  | 0                                                                        | - 7     | 0                                                          | - 7     | 4,0                                                              | 2,0                                                  | 4,0                                  | 1,5                                                                 | 4,0                                                 |                                                                  | 1,5                                        |
| 80                        | 120 | 0                                                                        | - 8     | 0                                                          | - 8     | 5,0                                                              | 2,5                                                  | 5,0                                  | 2,5                                                                 | 5,0                                                 |                                                                  | 2,5                                        |
| 120                       | 150 | 0                                                                        | - 9     | 0                                                          | - 9     | 5,0                                                              | 2,5                                                  | 5,0                                  | 2,5                                                                 | 5,0                                                 |                                                                  | 2,5                                        |
| 150                       | 180 | 0                                                                        | -10     | 0                                                          | -10     | 7,0                                                              | 3,5                                                  | 5,0                                  | 2,5                                                                 | 5,0                                                 |                                                                  | 2,5                                        |
| 180                       | 250 | 0                                                                        | -11     | 0                                                          | -11     | 8,0                                                              | 4,0                                                  | 7,0                                  | 4,0                                                                 | 7,0                                                 |                                                                  | 4,0                                        |
| 250                       | 315 | 0                                                                        | -13     | 0                                                          | -13     | 8,0                                                              | 4,0                                                  | 7,0                                  | 5,0                                                                 | 7,0                                                 |                                                                  | 5,0                                        |
| 315                       | 400 | 0                                                                        | -15     | 0                                                          | -15     | 10,0                                                             | 5,0                                                  | 8,0                                  | 7,0                                                                 | 8,0                                                 |                                                                  | 7,0                                        |

Tabelle 7.10: Außenring **Klasse 2**

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Außendurchmesser $D$ (mm) |     | Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene $\Delta_{Dmp}$ |         | Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers $\Delta_{Ds}$ |         | Schwankung eines Außendurchmessers in einer Radialebene $V_{Dp}$ | Schwankung des mittleren Außendurchmessers $V_{Dmp}$ | Radialschlag des Außenrings $K_{ea}$ | Schwankung der Neigung der Mantellinie zur Bezugsseitenfläche $S_D$ | Planlauf des Außenrings zur Laufbahn $S_{ea}^{(1)}$ | Abweichung der Breite eines Außenrings $\Delta_{Cs}$             | Breiten-schwankung des Außenrings $V_{Cs}$ |
|---------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| über                      | bis | oberes                                                                   | unteres | oberes                                                     | unteres | max                                                              | max                                                  | max                                  | max                                                                 | max                                                 |                                                                  | max                                        |
| 6                         | 18  | 0                                                                        | - 2,5   | 0                                                          | - 2,5   | 2,5                                                              | 1,5                                                  | 1,5                                  | 1,5                                                                 | 1,5                                                 | Identisch mit $(\Delta_{Bs})$ für den Innenring desselben Lagers | 1,5                                        |
| 18                        | 30  | 0                                                                        | - 4,0   | 0                                                          | - 4,0   | 4,0                                                              | 2,0                                                  | 2,5                                  | 1,5                                                                 | 2,5                                                 |                                                                  | 1,5                                        |
| 30                        | 50  | 0                                                                        | - 4,0   | 0                                                          | - 4,0   | 4,0                                                              | 2,0                                                  | 2,5                                  | 1,5                                                                 | 2,5                                                 |                                                                  | 1,5                                        |
| 50                        | 80  | 0                                                                        | - 4,0   | 0                                                          | - 4,0   | 4,0                                                              | 2,0                                                  | 4,0                                  | 1,5                                                                 | 4,0                                                 |                                                                  | 1,5                                        |
| 80                        | 120 | 0                                                                        | - 5,0   | 0                                                          | - 5,0   | 5,0                                                              | 2,5                                                  | 5,0                                  | 2,5                                                                 | 5,0                                                 |                                                                  | 2,5                                        |
| 120                       | 150 | 0                                                                        | - 5,0   | 0                                                          | - 5,0   | 5,0                                                              | 2,5                                                  | 5,0                                  | 2,5                                                                 | 5,0                                                 |                                                                  | 2,5                                        |
| 150                       | 180 | 0                                                                        | - 7,0   | 0                                                          | - 7,0   | 7,0                                                              | 3,5                                                  | 5,0                                  | 2,5                                                                 | 5,0                                                 |                                                                  | 2,5                                        |
| 180                       | 250 | 0                                                                        | - 8,0   | 0                                                          | - 8,0   | 8,0                                                              | 4,0                                                  | 7,0                                  | 4,0                                                                 | 7,0                                                 |                                                                  | 4,0                                        |
| 250                       | 315 | 0                                                                        | - 8,0   | 0                                                          | - 8,0   | 8,0                                                              | 4,0                                                  | 7,0                                  | 5,0                                                                 | 7,0                                                 |                                                                  | 5,0                                        |
| 315                       | 400 | 0                                                                        | -10,0   | 0                                                          | -10,0   | 10,0                                                             | 5,0                                                  | 8,0                                  | 7,0                                                                 | 8,0                                                 |                                                                  | 7,0                                        |

## Außenring (Klasse P4Y)

Tabelle 7.11 Toleranz von Außendurchmesser

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Außendurchmesser (mm) |                 | Klasse 4 |         | Klasse P4Y (Mitte der Toleranz) |         |
|-----------------------|-----------------|----------|---------|---------------------------------|---------|
| über                  | bis             | oberes   | unteres | oberes                          | unteres |
| 50                    | 80              | 0        | - 7     | -2                              | -6      |
| 80                    | 120             | 0        | - 8     | -2                              | -6      |
| 120                   | 150             | 0        | - 9     | -3                              | -7      |
| 150                   | 180             | 0        | -10     | -3                              | -7      |
| 180                   | 200             | 0        | -11     | -4                              | -9      |
| 200                   | weniger als 215 | 0        | -11     | -2                              | -9      |

\* Für Lager Bohrung kleiner 30 mm gelten die Werte für 30- 50 mm.

Die Klasse P4Y ist eine NSK eigne Genauigkeitsklasse bei der die Bohrungs- und Außendurchmessertoleranz auf die Mittelwerte eingeengt sind. Im Übrigen entsprechen die Toleranzwerte P4. Sie wird für Lager in Universalausführung verwendet.



# 7. TOLERANZEN

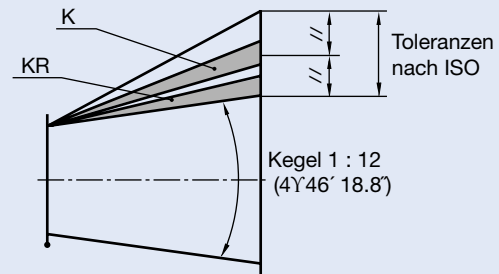
## Toleranzen von kegeligen Bohrungen in Zylinderrollenlagern

### Die Toleranzen einer kegeligen Bohrung

Die Genauigkeiten der kegeligen Lagerbohrungen ist in DIN bzw. ISO 492 festgelegt. Diese Norm sieht jedoch relativ große Toleranzen vor, da die Toleranzen nur für die Genauigkeitsklasse P0 festgelegt sind. Für Hochgenauigkeits-Zylinderrollenlager wurde von NSK ein wesentlich engerer Toleranzbereich festgelegt.

Wie Abb. 7.2 zeigt, sind im Toleranzbereich nach DIN/ISO zwei Toleranzbereiche von NSK enthalten.

Abb. 7.2: Toleranzen

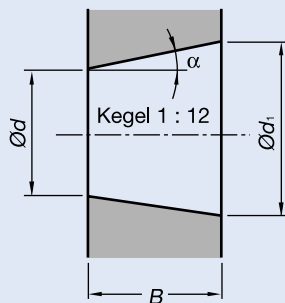


**K:** Die NSK-eigene Toleranz für kegelige Bohrungen hat einen eingegengten Toleranzbereich, der etwa in der Mitte des Toleranzbereichs der ISO-Norm liegt. Die Toleranzen der Bohrung entsprechen ISO.

**KR:** Die neue Toleranz für kegelige Bohrungen hat einen weiter eingegengten Toleranzbereich, der am unteren Ende des ISO-Standardbereichs liegt. Diese NSK Toleranz ist enger gefasst als ISO-Toleranzen und ermöglichen somit einen einfacheren Einbau.

Abb. 7.3: Toleranzen einer kegeligen Bohrung

Nenndurchmesser der kegeligen Bohrung



$d$  : Nenndurchmesser der Bohrung

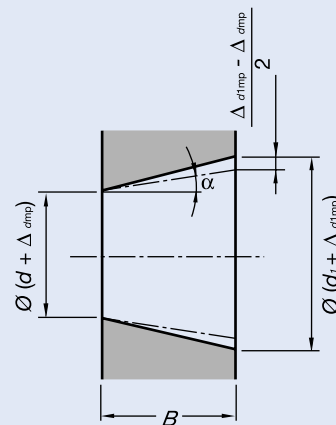
$d_1$  : theoretischer großer Bohrungsdurchmesser der kegeligen Bohrung

$$d_1 = d + \frac{1}{12} B$$

$\Delta_{amp}$  : Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene am theoretischen kleinen Bohrungsdurchmesser

$\Delta_{dmp}$  : Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene am theoretischen großen Bohrungsdurchmesser

kegelige Bohrung mit einer Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene der Nenndurchmesser



$B$  : Nennbreite des Innenrings

$\alpha$  : halber Kegelwinkel der kegeligen Bohrung

$$\alpha = 2^\circ 23' 9,4''$$

$$= 2,38594^\circ$$

$$= 0,041643 \text{ rad}$$

Tabelle 7.12: kegelige Bohrung KR

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$ 

| $d$<br>(mm) |            | $\Delta_{dmp}$ |      | (Bezugswert) <sup>(2)</sup><br>$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ |      | $V_{dp}$ <sup>(1)</sup> |
|-------------|------------|----------------|------|---------------------------------------------------------------|------|-------------------------|
| über        | bis        | max.           | min. | max.                                                          | min. | max                     |
| <b>18</b>   | <b>30</b>  | +13            | 0    | +3                                                            | 0    | 4                       |
| <b>30</b>   | <b>50</b>  | +16            | 0    | +3                                                            | 0    | 5                       |
| <b>50</b>   | <b>80</b>  | +19            | 0    | +4                                                            | 0    | 6                       |
| <b>80</b>   | <b>120</b> | +22            | 0    | +5                                                            | 0    | 7                       |
| <b>120</b>  | <b>180</b> | +25            | 0    | +7                                                            | 0    | 9                       |
| <b>180</b>  | <b>250</b> | +29            | 0    | +9                                                            | 0    | 12                      |

<sup>(1)</sup> Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene, die für alle Radialebenen der kegeligen Bohrungen gilt

<sup>(2)</sup> Winkeltoleranz des Kegels,  $4^{\circ}46'18,8'' \begin{smallmatrix} +25^{\circ} \\ 0 \end{smallmatrix}$ 

Tabelle 7.13: kegelige Bohrung K

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$ 

| $d$<br>(mm) |            | $\Delta_{dmp}$ |      | $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$ |      | $V_{dp}$ <sup>(1)</sup> |
|-------------|------------|----------------|------|--------------------------------|------|-------------------------|
| über        | bis        | max.           | min. | max.                           | min. | max                     |
| <b>18</b>   | <b>30</b>  | +21            | 0    | +21                            | 0    | 4                       |
| <b>30</b>   | <b>50</b>  | +25            | 0    | +25                            | 0    | 5                       |
| <b>50</b>   | <b>80</b>  | +30            | 0    | +30                            | 0    | 6                       |
| <b>80</b>   | <b>120</b> | +35            | 0    | +35                            | 0    | 7                       |
| <b>120</b>  | <b>180</b> | +40            | 0    | +40                            | 0    | 9                       |
| <b>180</b>  | <b>250</b> | +46            | 0    | +46                            | 0    | 12                      |
| <b>250</b>  | <b>315</b> | +52            | 0    | +52                            | 0    | 14                      |
| <b>315</b>  | <b>400</b> | +57            | 0    | +57                            | 0    | 16                      |
| <b>400</b>  | <b>500</b> | +63            | 0    | +63                            | 0    | 18                      |

<sup>(1)</sup> Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene, die für alle Radialebenen der kegeligen Bohrungen gilt

7. TOLERANZEN

Toleranzen für Axial-Schräggugellager

Toleranzen für Hochgeschwindigkeits-Axial-Schräggugellager für die Bauformen BAR und BTR (Klasse 4A<sup>(1)</sup>)

Tabelle 7.14: Innenring Maßeinheit: µm

| Bohrungsdurchmesser<br><i>d</i><br>(mm) |     | Abweichung des mittleren<br>Bohrungsdurchmessers in<br>einer Ebene<br>$\Delta_{dmp}$ |         | Abweichung eines<br>Bohrungsdurchmessers<br>$\Delta_{ds}$ |         | Schwankung des<br>Bohrungsdurchmessers in<br>einer Radialebene<br>$V_{dp}$ |     | Schwankung<br>des mittleren<br>Bohrungs-<br>durchmessers<br>$V_{dmp}$ | Radialschlag<br>des<br>Innenrings<br>$K_{ia}$ | Planlauf d.<br>Innenrings<br>zur<br>Bohrung<br>$S_d$ | Planlauf d.<br>Innenring-<br>stirnfläche<br>zur<br>Laufbahn<br>$S_{ia}$ | Breiten-<br>schwankung<br>des<br>Innenrings<br>$V_{Bs}$ | Abweichung der<br>Breite eines<br>Innenrings<br>$\Delta_{Bs}$ ( $\Delta_{Cs}$ ) |         |
|-----------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                                         |     |                                                                                      |         |                                                           |         | Durchmesserreihe                                                           |     |                                                                       |                                               |                                                      |                                                                         |                                                         |                                                                                 |         |
|                                         |     |                                                                                      |         |                                                           |         | 9                                                                          | 0   |                                                                       |                                               |                                                      |                                                                         |                                                         |                                                                                 |         |
| über                                    | bis | oberes                                                                               | unteres | oberes                                                    | unteres | max                                                                        | max | max                                                                   | max                                           | max                                                  | max                                                                     | max                                                     | oberes                                                                          | unteres |
| -                                       | 50  | 0                                                                                    | - 6     | 0                                                         | - 6     | 6                                                                          | 5   | 3,0                                                                   | 4                                             | 4                                                    | 4                                                                       | 3                                                       | 0                                                                               | - 300   |
| 50                                      | 80  | 0                                                                                    | - 7     | 0                                                         | - 7     | 7                                                                          | 5   | 3,5                                                                   | 4                                             | 5                                                    | 5                                                                       | 4                                                       | 0                                                                               | - 500   |
| 80                                      | 120 | 0                                                                                    | - 8     | 0                                                         | - 8     | 8                                                                          | 6   | 4,0                                                                   | 5                                             | 5                                                    | 5                                                                       | 4                                                       | 0                                                                               | - 500   |
| 120                                     | 150 | 0                                                                                    | -10     | 0                                                         | -10     | 10                                                                         | 8   | 5,0                                                                   | 6                                             | 6                                                    | 7                                                                       | 5                                                       | 0                                                                               | - 750   |
| 150                                     | 180 | 0                                                                                    | -10     | 0                                                         | -10     | 10                                                                         | 8   | 5,0                                                                   | 6                                             | 6                                                    | 7                                                                       | 5                                                       | 0                                                                               | - 750   |
| 180                                     | 250 | 0                                                                                    | -12     | 0                                                         | -12     | 12                                                                         | 9   | 6,0                                                                   | 8                                             | 7                                                    | 8                                                                       | 6                                                       | 0                                                                               | -1000   |

Tabelle 7.15: Außenring Maßeinheit: µm

| Außendurchmesser<br>$d$<br>(mm) |     | Abweichung des mittleren<br>Außendurchmessers in<br>einer Ebene<br>$\Delta_{dmp}$ |         | Abweichung eines<br>einzelnen<br>Außendurchmessers<br>$\Delta_{Ds}$ |         | Schwankung eines<br>Außendurchmessers in einer<br>Radialebene<br>$V_{Dp}$ |     | Schwankung<br>des mittleren<br>Außen-<br>durchmessers<br>$V_{Dmp}$ | Radialschlag<br>des Außenrings<br>$K_{ea}$ | Schwankung der<br>Neigung der<br>Mantellinie zur<br>Bezugsseitenfläche<br>$S_D$ | Planlauf des<br>Außenrings zur<br>Laufbahn<br>$S_{ea}$ | Breitenschwankung<br>des Außenrings<br>$V_{Cs}$ |
|---------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                 |     |                                                                                   |         |                                                                     |         | Durchmesserreihe                                                          |     |                                                                    |                                            |                                                                                 |                                                        |                                                 |
|                                 |     |                                                                                   |         |                                                                     |         | 9                                                                         | 0   |                                                                    |                                            |                                                                                 |                                                        |                                                 |
| über                            | bis | oberes                                                                            | unteres | oberes                                                              | unteres | max                                                                       | max | max                                                                | max                                        | max                                                                             | max                                                    | max                                             |
| –                               | 80  | –30                                                                               | –37     | –30                                                                 | –37     | 7                                                                         | 5   | 3,5                                                                | 5                                          | 4                                                                               | 5                                                      | 3                                               |
| 80                              | 120 | –40                                                                               | –48     | –40                                                                 | –48     | 8                                                                         | 6   | 4,0                                                                | 6                                          | 5                                                                               | 6                                                      | 4                                               |
| 120                             | 150 | –50                                                                               | –59     | –50                                                                 | –59     | 9                                                                         | 7   | 5,0                                                                | 7                                          | 5                                                                               | 7                                                      | 5                                               |
| 150                             | 180 | –50                                                                               | –60     | –50                                                                 | –60     | 10                                                                        | 8   | 5,0                                                                | 8                                          | 5                                                                               | 8                                                      | 5                                               |
| 180                             | 250 | –50                                                                               | –61     | –50                                                                 | –61     | 11                                                                        | 8   | 6,0                                                                | 10                                         | 7                                                                               | 10                                                     | 7                                               |
| 250                             | 315 | –60                                                                               | –73     | –60                                                                 | –73     | 13                                                                        | 10  | 7,0                                                                | 11                                         | 8                                                                               | 10                                                     | 7                                               |

(1) NSK Spezifikation. Entspricht ISO-Klasse 4 mit Ausnahme der Außendurchmessertoleranz.

Toleranz von zweireihigen Schräggugellagern der Bauform (Klasse 7<sup>(2)</sup>)

Tabelle 7.16: Toleranzen von Innenring, Außenring und Lagerhöhe Maßeinheit: µm

| Bohrungsdurchmesser<br><i>d</i><br>(mm) |     | Abweichung eines<br>Bohrungsdurchmessers<br>$\Delta_{ds}$ |         | Abweichung der<br>tatsächlichen<br>Lagerhöhe<br>$\Delta_{Ts}$ |         | Radialschlag des Lagerinnenrings<br>(-Außenrings) eingebaut<br>$K_{ia}$<br>( $K_{ea}$ ) | Planlauf des<br>Innenrings<br>zur Bohrung<br>$S_d$ | Planlauf der Innenring-<br>(Außenring-)Stirnfläche zur<br>Laufbahn $S_{ia}$<br>( $S_{ea}$ ) |
|-----------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         |     |                                                           |         |                                                               |         |                                                                                         |                                                    |                                                                                             |
|                                         |     | oberes                                                    | unteres | oberes                                                        | unteres | max                                                                                     | max                                                | max                                                                                         |
| über                                    | bis | oberes                                                    | unteres | oberes                                                        | unteres | max                                                                                     | max                                                | max                                                                                         |
| -                                       | 30  | 0                                                         | - 5     | 0                                                             | - 300   | 5                                                                                       | 4                                                  | 3                                                                                           |
| 30                                      | 50  | 0                                                         | - 5     | 0                                                             | - 400   | 5                                                                                       | 4                                                  | 3                                                                                           |
| 50                                      | 80  | 0                                                         | - 8     | 0                                                             | - 500   | 6                                                                                       | 5                                                  | 5                                                                                           |
| 80                                      | 120 | 0                                                         | - 8     | 0                                                             | - 600   | 6                                                                                       | 5                                                  | 5                                                                                           |
| 120                                     | 180 | 0                                                         | -10     | 0                                                             | - 700   | 8                                                                                       | 8                                                  | 5                                                                                           |
| 180                                     | 250 | 0                                                         | -13     | 0                                                             | - 800   | 8                                                                                       | 8                                                  | 6                                                                                           |
| 250                                     | 315 | 0                                                         | -15     | 0                                                             | - 900   | 10                                                                                      | 10                                                 | 6                                                                                           |
| 315                                     | 400 | 0                                                         | -18     | 0                                                             | -1200   | 10                                                                                      | 12                                                 | 7                                                                                           |

(2) NSK Spezifikation

Tabelle 7.17: Toleranz des Außenrings Maßeinheit: µm

| Außendurchmesser<br><i>D</i><br>(mm) |     | Abweichung eines<br>Außendurchmessers<br>$\Delta_{Ds}$ |         |
|--------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------|---------|
|                                      |     |                                                        |         |
|                                      |     | oberes                                                 | unteres |
| über                                 | bis | oberes                                                 | unteres |
| 30                                   | 50  | -25                                                    | - 41    |
| 50                                   | 80  | -30                                                    | - 49    |
| 80                                   | 120 | -36                                                    | - 58    |
| 120                                  | 180 | -43                                                    | - 68    |
| 180                                  | 250 | -50                                                    | - 79    |
| 250                                  | 315 | -56                                                    | - 88    |
| 315                                  | 400 | -62                                                    | - 98    |
| 400                                  | 500 | -68                                                    | -108    |
| 500                                  | 630 | -76                                                    | -120    |

# Toleranzen von Schrägkugellagern zur Lagerung von Kugelgewindetrieben

## Anwendung: Werkzeugmaschinen

Tabelle 7.18: Reihe TAC B

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$ 

| Bohrungs- oder<br>Außendurchmesser<br>(mm) |     | Abweichung des Bohrungsdurchmessers |         | Abweichung des Außendurchmessers |         | Abweichung der<br>Innenringbreite |              | Planlauf von Innen- oder<br>Außenring zur Laufbahn |
|--------------------------------------------|-----|-------------------------------------|---------|----------------------------------|---------|-----------------------------------|--------------|----------------------------------------------------|
|                                            |     | Toleranzklasse                      |         | Toleranzklasse                   |         | Toleranzklasse                    |              |                                                    |
|                                            |     | PN7A                                | PN7B    | PN7A                             | PN7B    | PN7A<br>PN7B                      | PN7A<br>PN7B |                                                    |
| über                                       | bis | oberes                              | unteres | oberes                           | unteres | oberes                            | unteres      | max                                                |
| 10                                         | 18  | 0                                   | -4      | 0                                | -4      | -                                 | -            | 0 -120<br>2,5                                      |
| 18                                         | 30  | 0                                   | -5      | 0                                | -4      | -                                 | -            | 0 -120<br>2,5                                      |
| 30                                         | 50  | 0                                   | -6      | 0                                | -4      | 0                                 | -4           | 0 -120<br>2,5                                      |
| 50                                         | 80  | 0                                   | -7      | 0                                | -5      | 0                                 | -5           | 0 -150<br>2,5                                      |
| 80                                         | 120 | 0                                   | -8      | 0                                | -6      | 0                                 | -6           | 0 -200<br>2,5                                      |

**Anmerkung:** Die Schwankung der Außenringbreite entspricht der des Innenrings desselben Lagers.

Klasse PN7A ist die Standardtoleranz für diese Lager. Sie entspricht etwa der ISO-Klasse 4 für Radial-Kugellager, die Toleranzen für die axiale Laufgenauigkeit sind jedoch kleiner. Die Klasse PN7B ist für Lager in der Universalausführung (SU) gültig und hat zusätzlich noch engere Toleranzen von Bohrungs- und Außendurchmesser.

## Anwendung: Spritzgussmaschinen

Tabelle 7.19: Reihe TAC 02 und 03

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$ 

| Bohrungs- oder Außendurchmesser (mm) |     | Abweichung des Bohrungsdurchmessers |         | Abweichung des Außendurchmessers |         | Abweichung der Innenringbreite |         | Planlauf v. Innen- oder Außenring zur Laufbahn |  |
|--------------------------------------|-----|-------------------------------------|---------|----------------------------------|---------|--------------------------------|---------|------------------------------------------------|--|
|                                      |     | Toleranzklasse                      |         |                                  |         |                                |         |                                                |  |
|                                      |     | PN5D                                |         |                                  |         |                                |         |                                                |  |
| über                                 | bis | oberes                              | unteres | oberes                           | unteres | oberes                         | unteres | max                                            |  |
| 10                                   | 18  | 0                                   | – 5     | –                                | –       | 0                              | – 80    | 5                                              |  |
| 18                                   | 30  | 0                                   | – 6     | –                                | –       | 0                              | –120    | 5                                              |  |
| 30                                   | 50  | 0                                   | – 8     | 0                                | – 7     | 0                              | –120    | 8                                              |  |
| 50                                   | 80  | 0                                   | – 9     | 0                                | – 9     | 0                              | –150    | 8                                              |  |
| 80                                   | 120 | 0                                   | –10     | 0                                | –10     | 0                              | –200    | 8                                              |  |
| 120                                  | 150 | –                                   | –       | 0                                | –11     | –                              | –       | –                                              |  |
| 150                                  | 180 | –                                   | –       | 0                                | –13     | –                              | –       | –                                              |  |
| 180                                  | 250 | –                                   | –       | 0                                | –15     | –                              | –       | –                                              |  |
| 250                                  | 315 | –                                   | –       | 0                                | –18     | –                              | –       | –                                              |  |

**Anmerkung:** Die Schwankung der Außenringbreite entspricht der des Innenrings desselben Lagers.

Die Klasse PN5D ist die Standardtoleranz für diese Lager. Sie entspricht ISO-Klasse 5 für Radial-Kugellager, die Toleranzen für die axiale Laufgenauigkeit sind jedoch kleiner.

# 8. AUSFÜHRUNG VON WELLE UND GEHÄUSE

## Wellen- und Gehäusepassung

Ein Hochgenauigkeitslager muss sorgfältig an Welle und Gehäuse angepasst sein, damit im Betrieb die Eigenschaften wie Rundlaufgenauigkeit, hohe Drehzahlleistung und geringe Eigenerwärmung auch vollständig ausgeschöpft werden.

Wenn ein Lager mit Übermaß auf der Welle oder im Gehäuse sitzt, überträgt sich die Form von Welle oder Gehäuse und eine eventuelle Unrundheit natürlich auf die Lagerringe und damit auch auf die Laufbahnen. Dadurch leidet die Laufgenauigkeit. Beim Paaren von Lagern beeinflusst die Zylindrizität der Ringe die Verteilung der Vorspannung zwischen den Lagern. Alle Passflächen müssen daher so genau wie möglich bearbeitet sein.

Unzureichend ausgewählte Lagersitze können auf der Welle Riefen und Schürfmärkierungen verursachen, welche in letzter Folge die Oberflächengüte des zu bearbeitenden Werkstücks beeinträchtigen können (wie z.B. bei Präzisionsdrehmaschinen).

Tabelle 8.1: Wellenpassungen <sup>(1)</sup>

| Lager                                                       | Außendurchmesser der Welle (mm) |     | Toleranz des Wellenaußendurchmessers <sup>(2)</sup> (mm) |       | anzustrebendes Übermaß <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup> (mm) |          |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----|----------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------|----------|
|                                                             | über                            | bis | min.                                                     | max.  | min.                                                      | max.     |
| Spindellagerungen für Werkzeugmaschinen <sup>(3)</sup>      | 10                              | 18  | -0,003                                                   | 0,000 | 0                                                         | 0,0020 T |
|                                                             | 18                              | 50  | -0,004                                                   | 0,000 | 0                                                         | 0,0025 T |
|                                                             | 50                              | 80  | -0,005                                                   | 0,000 | 0                                                         | 0,0030 T |
|                                                             | 80                              | 120 | -0,003                                                   | 0,003 | 0                                                         | 0,0040 T |
|                                                             | 120                             | 180 | -0,004                                                   | 0,004 | 0                                                         | 0,0040 T |
|                                                             | 180                             | 250 | -0,005                                                   | 0,005 | 0                                                         | 0,0050 T |
| Axial-Schräggugellager zur Lagerung von Kugelgewindetrieben | 10                              | 18  | -0,008                                                   | 0,000 | —                                                         | —        |
|                                                             | 18                              | 30  | -0,009                                                   | 0,000 | —                                                         | —        |
|                                                             | 30                              | 50  | -0,011                                                   | 0,000 | —                                                         | —        |
|                                                             | 50                              | 80  | -0,013                                                   | 0,000 | —                                                         | —        |
|                                                             | 80                              | 120 | -0,015                                                   | 0,000 | —                                                         | —        |

Tabelle 8.2: Gehäusepassungen <sup>(1)</sup>

| Lager                                                       | Durchmesser der Gehäusebohrung (mm) |     | Toleranz des Gehäusebohrungsdurchmessers <sup>(2)</sup> (mm) |        | anzustrebende Luft <sup>(2)</sup> <sup>(4)</sup> (mm) |        |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------|--------|
|                                                             | über                                | bis | min.                                                         | max.   | min.                                                  | max.   |
| Schräggugellager (Festlager)                                | 18                                  | 50  | -0,0020                                                      | 0,0020 | 0,002L                                                | 0,006L |
|                                                             | 50                                  | 80  | -0,0025                                                      | 0,0025 | 0,002L                                                | 0,006L |
|                                                             | 80                                  | 120 | -0,0030                                                      | 0,0030 | 0,003L                                                | 0,008L |
|                                                             | 120                                 | 180 | -0,0040                                                      | 0,0040 | 0,003L                                                | 0,008L |
|                                                             | 180                                 | 250 | -0,0050                                                      | 0,0050 | 0,005L                                                | 0,010L |
| Schräggugellager (Loslager)                                 | 18                                  | 50  | 0,0000                                                       | 0,0040 | 0,006L                                                | 0,011L |
|                                                             | 50                                  | 80  | 0,0000                                                       | 0,0050 | 0,006L                                                | 0,011L |
|                                                             | 80                                  | 120 | 0,0000                                                       | 0,0060 | 0,009L                                                | 0,015L |
|                                                             | 120                                 | 180 | 0,0000                                                       | 0,0080 | 0,009L                                                | 0,015L |
|                                                             | 180                                 | 250 | 0,0000                                                       | 0,0100 | 0,015L                                                | 0,022L |
| Zylinderrollenlager                                         | 18                                  | 50  | -0,0060                                                      | 0,0000 | 0,002L                                                | 0,002T |
|                                                             | 50                                  | 80  | -0,0070                                                      | 0,0000 | 0,002L                                                | 0,002T |
|                                                             | 80                                  | 120 | -0,0080                                                      | 0,0000 | 0,002L                                                | 0,002T |
|                                                             | 120                                 | 180 | -0,0090                                                      | 0,0000 | 0,002L                                                | 0,002T |
|                                                             | 180                                 | 250 | -0,0110                                                      | 0,0000 | 0,002L                                                | 0,002T |
| Axial-Schräggugellager zur Lagerung von Kugelgewindetrieben | 10                                  | 18  | —                                                            | —      | —                                                     | —      |
|                                                             | 18                                  | 30  | —                                                            | —      | —                                                     | —      |
|                                                             | 30                                  | 50  | 0,0000                                                       | 0,016  | —                                                     | —      |
|                                                             | 50                                  | 80  | 0,0000                                                       | 0,019  | —                                                     | —      |
|                                                             | 80                                  | 120 | 0,0000                                                       | 0,022  | —                                                     | —      |

<sup>(1)</sup> Die angegebenen Passungswerte sind allgemeine Empfehlungen für Werkzeugmaschinen spindeln bei normalen Betriebsbedingungen und Drehzahlwerten  $n \times d_m$  von weniger als 800.000. Bei hohen Drehzahlen, hohen Belastungen oder Anwendungen mit drehendem Außenring fragen Sie bitte bei NSK nach.

<sup>(2)</sup> Wenn das Lager von den Abmessungen genau auf Welle oder Gehäuse abgestimmt werden kann, verwenden Sie bitte das anzustrebende Übermaß, ansonsten die Minimal- und Maximalwerte des Wellendurchmessers und der Gehäusebohrung zum beliebigen Paaren der Lager.

<sup>(3)</sup> Gilt für Schräggugellager: 70XX, 79XX, 72XX, BNR und BER

Axial-Schräggugellager: BAR, BTR und TAC

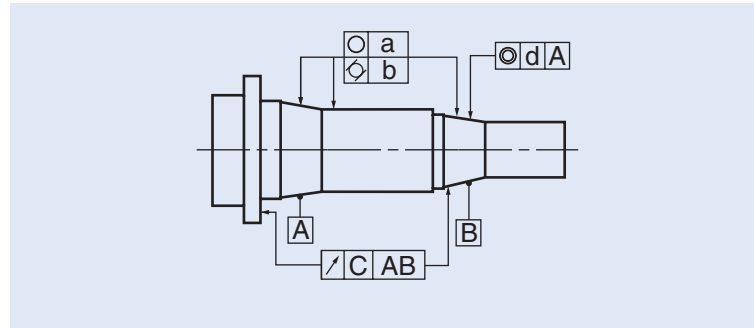
Zylinderrollenlager: N10XX, NN30XX, NN39XX, NN49XX und NNU49XX.

<sup>(4)</sup> T = Presssitz oder Festsitz

L = Loser Sitz

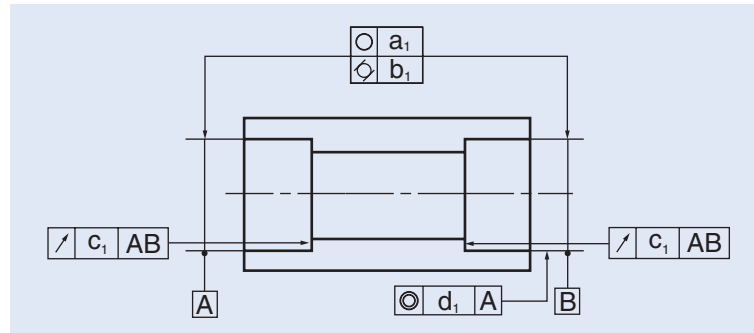
Wenn bei einem zweireihigen Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung die Kegeligkeit nicht mit der der Welle übereinstimmt, ergibt sich nach dem Einbau für die beiden Lagerreihen eine unterschiedliche Luft. Die Lastverteilung im Lager wird damit ungleichmäßig, die Steifigkeit des Lagers leidet und die Rollen verschieben sich. Die kegeligen Sitzflächen müssen daher unbedingt vor dem Einbau der Lager überprüft werden. Beim Tuschieren der Sitzflächen sollte ein Traganteil von mehr als 80% vorliegen. Die empfohlene Genauigkeit und Oberflächenrauheit der Lagersitze sind den unten stehenden Tabellen zu entnehmen.

Tabelle 8.3: Toleranzen und Mittenrauwert der Welle



| Wellendurchmesser<br>(mm) |     | Toleranzbereiche und Mittenrauwert ( $\mu\text{m}$ ) |        |                             |        |                         |        |                          |        |                  |        |
|---------------------------|-----|------------------------------------------------------|--------|-----------------------------|--------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|------------------|--------|
|                           |     | Rundheit ( $\bigcirc$ )                              |        | Zylinderform ( $\bigcirc$ ) |        | Planlauf ( $\nearrow$ ) |        | Konzentrität ( $\odot$ ) |        | Rauheit          |        |
|                           |     | a                                                    |        | b                           |        | c                       |        | d                        |        | $R_a$            |        |
|                           |     | Lagergenauigkeit                                     |        | Lagergenauigkeit            |        | Lagergenauigkeit        |        | Lagergenauigkeit         |        | Lagergenauigkeit |        |
| über                      | bis | P5, P4                                               | P3, P2 | P5, P4                      | P3, P2 | P5, P4                  | P3, P2 | P5, P4                   | P3, P2 | P5, P4           | P3, P2 |
| –                         | 10  | 0,7                                                  | 0,5    | 0,7                         | 0,5    | 2,0                     | 1,2    | 4                        | 2,5    | 0,2              | 0,1    |
| 10                        | 18  | 1,0                                                  | 0,6    | 1,0                         | 0,6    | 2,5                     | 1,5    | 5                        | 3,0    | 0,2              | 0,1    |
| 18                        | 30  | 1,2                                                  | 0,7    | 1,2                         | 0,7    | 3,0                     | 2,0    | 6                        | 4,0    | 0,2              | 0,1    |
| 30                        | 50  | 1,2                                                  | 0,7    | 1,2                         | 0,7    | 3,5                     | 2,0    | 7                        | 4,0    | 0,2              | 0,1    |
| 50                        | 80  | 1,5                                                  | 1,0    | 1,5                         | 1,0    | 4,0                     | 2,5    | 8                        | 5,0    | 0,2              | 0,1    |
| 80                        | 120 | 2,0                                                  | 1,2    | 2,0                         | 1,2    | 5,0                     | 3,0    | 10                       | 6,0    | 0,4              | 0,2    |
| 120                       | 180 | 2,5                                                  | 1,7    | 2,5                         | 1,7    | 6,0                     | 4,0    | 12                       | 8,0    | 0,4              | 0,2    |
| 180                       | 250 | 3,5                                                  | 2,2    | 3,5                         | 2,2    | 7,0                     | 5,0    | 14                       | 10,0   | 0,4              | 0,2    |
| 250                       | 315 | 4,0                                                  | 3,0    | 4,0                         | 3,0    | 8,0                     | 6,0    | 16                       | 12,0   | 0,4              | 0,2    |

Tabelle 8.4: Toleranzen und Mittenrauwert der Gehäuse



| Durchmesser der<br>Gehäusebohrung<br>(mm) |     | Toleranzbereiche und mittlere Rauheit ( $\mu\text{m}$ ) |        |                             |        |                         |        |                          |        |                  |        |
|-------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------|--------|-----------------------------|--------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|------------------|--------|
|                                           |     | Rundheit ( $\bigcirc$ )                                 |        | Zylinderform ( $\bigcirc$ ) |        | Planlauf ( $\nearrow$ ) |        | Konzentrität ( $\odot$ ) |        | Rauheit          |        |
|                                           |     | a <sub>1</sub>                                          |        | b <sub>1</sub>              |        | c <sub>1</sub>          |        | d <sub>1</sub>           |        | $R_a$            |        |
|                                           |     | Lagergenauigkeit                                        |        | Lagergenauigkeit            |        | Lagergenauigkeit        |        | Lagergenauigkeit         |        | Lagergenauigkeit |        |
| über                                      | bis | P5, P4                                                  | P3, P2 | P5, P4                      | P3, P2 | P5, P4                  | P3, P2 | P5, P4                   | P3, P2 | P5, P4           | P3, P2 |
| 10                                        | 18  | 1,0                                                     | 0,6    | 1,0                         | 0,6    | 2,5                     | 1,5    | 5                        | 3      | 0,4              | 0,2    |
| 18                                        | 30  | 1,2                                                     | 0,7    | 1,2                         | 0,7    | 3,0                     | 2,0    | 6                        | 4      | 0,4              | 0,2    |
| 30                                        | 50  | 1,2                                                     | 0,7    | 1,2                         | 0,7    | 3,5                     | 2,0    | 7                        | 4      | 0,4              | 0,2    |
| 50                                        | 80  | 1,5                                                     | 1,0    | 1,5                         | 1,0    | 4,0                     | 2,5    | 8                        | 5      | 0,4              | 0,2    |
| 80                                        | 120 | 2,0                                                     | 1,2    | 2,0                         | 1,2    | 5,0                     | 3,0    | 10                       | 6      | 0,8              | 0,4    |
| 120                                       | 180 | 2,5                                                     | 1,7    | 2,5                         | 1,7    | 6,0                     | 4,0    | 12                       | 8      | 0,8              | 0,4    |
| 180                                       | 250 | 3,5                                                     | 2,2    | 3,5                         | 2,2    | 7,0                     | 5,0    | 14                       | 10     | 0,8              | 0,4    |
| 250                                       | 315 | 4,0                                                     | 3,0    | 4,0                         | 3,0    | 8,0                     | 6,0    | 16                       | 12     | 1,6              | 0,8    |
| 315                                       | 400 | 4,5                                                     | 3,5    | 4,5                         | 3,5    | 9,0                     | 6,5    | 18                       | 13     | 1,6              | 0,8    |

# 8. AUSFÜHRUNG VON WELLE UND GEHÄUSE

## Anschlussmaße und Radien

Tabelle 8.5: Anschlussmaße und Radien bei Schrägkugellagern

Maßeinheit: µm

| Bohrungs-<br>durchmesser | Maßreihe 19<br>79XX, BNR19, BER19, BAR19,<br>BTR19, BGR19, TAC29 |                |                |                |                | Maßreihe 10<br>70XX, BNR10, BER10, BAR10,BTR10,<br>BGR10, TAC20 |                |                |                |                | Maßreihe 02<br>72XX, BGR02 |                |                |                |                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                          | $d_a$<br>(min)                                                   | $D_a$<br>(max) | $D_b$<br>(max) | $r_a$<br>(max) | $r_b$<br>(max) | $d_a$<br>(min)                                                  | $D_a$<br>(max) | $D_b$<br>(max) | $r_a$<br>(max) | $r_b$<br>(max) | $d_a$<br>(min)             | $D_a$<br>(max) | $D_b$<br>(max) | $r_a$<br>(max) | $r_b$<br>(max) |
| 5                        | —                                                                | —              | —              | —              | —              | —                                                               | —              | —              | —              | —              | 7,5                        | 13,5           | —              | 0,3            | —              |
| 6                        | —                                                                | —              | —              | —              | —              | 8,5                                                             | 14,5           | —              | 0,3            | —              | 8,5                        | 16,5           | —              | 0,3            | —              |
| 7                        | —                                                                | —              | —              | —              | —              | 9,5                                                             | 16,5           | —              | 0,3            | —              | —                          | —              | —              | —              | —              |
| 8                        | —                                                                | —              | —              | —              | —              | 10,5                                                            | 19,5           | —              | 0,3            | —              | 10,5                       | 21,5           | —              | 0,3            | —              |
| 10                       | 12,5                                                             | 19,5           | 20,8           | 0,3            | 0,15           | 12,5                                                            | 23,5           | 24,8           | 0,3            | 0,15           | 15,0                       | 25,0           | 27,5           | 0,6            | 0,3            |
| 12                       | 14,5                                                             | 21,5           | 22,8           | 0,3            | 0,15           | 14,5                                                            | 25,5           | 26,8           | 0,3            | 0,15           | 17,0                       | 27,0           | 29,5           | 0,6            | 0,3            |
| 15                       | 17,5                                                             | 25,5           | 26,8           | 0,3            | 0,15           | 17,5                                                            | 29,5           | 30,8           | 0,3            | 0,15           | 20,0                       | 30,0           | 32,5           | 0,6            | 0,3            |
| 17                       | 19,5                                                             | 27,5           | 28,8           | 0,3            | 0,15           | 19,5                                                            | 32,5           | 33,8           | 0,3            | 0,15           | 22,0                       | 35,0           | 37,5           | 0,6            | 0,3            |
| 20                       | 22,5                                                             | 34,5           | 35,8           | 0,3            | 0,15           | 25,0                                                            | 37,0           | 39,5           | 0,6            | 0,30           | 26,0                       | 41,0           | 42,0           | 1,0            | 0,5            |
| 25                       | 27,5                                                             | 39,5           | 40,8           | 0,3            | 0,15           | 30,0                                                            | 42,0           | 44,5           | 0,6            | 0,30           | 31,0                       | 46,0           | 47,0           | 1,0            | 0,5            |
| 30                       | 32,5                                                             | 44,5           | 45,8           | 0,3            | 0,15           | 36,0                                                            | 49,0           | 50,0           | 1,0            | 0,50           | 36,0                       | 56,0           | 57,0           | 1,0            | 0,5            |
| 35                       | 40,0                                                             | 50,0           | 52,5           | 0,6            | 0,30           | 41,0                                                            | 56,0           | 57,0           | 1,0            | 0,50           | 42,0                       | 65,0           | 67,0           | 1,0            | 0,6            |
| 40                       | 45,0                                                             | 57,0           | 59,5           | 0,6            | 0,30           | 46,0                                                            | 62,0           | 63,0           | 1,0            | 0,50           | 47,0                       | 73,0           | 75,0           | 1,0            | 0,6            |
| 45                       | 50,0                                                             | 63,0           | 65,5           | 0,6            | 0,30           | 51,0                                                            | 69,0           | 70,0           | 1,0            | 0,50           | 52,0                       | 78,0           | 80,0           | 1,0            | 0,6            |
| 50                       | 55,0                                                             | 67,0           | 69,5           | 0,6            | 0,30           | 56,0                                                            | 74,0           | 75,0           | 1,0            | 0,50           | 57,0                       | 83,0           | 85,0           | 1,0            | 0,6            |
| 55                       | 61,0                                                             | 74,0           | 75,0           | 1,0            | 0,50           | 62,0                                                            | 83,0           | 85,0           | 1,0            | 0,60           | 64,0                       | 91,0           | 94,0           | 1,5            | 0,8            |
| 60                       | 66,0                                                             | 79,0           | 80,0           | 1,0            | 0,50           | 67,0                                                            | 88,0           | 90,0           | 1,0            | 0,60           | 69,0                       | 101,0          | 104,0          | 1,5            | 0,8            |
| 65                       | 71,0                                                             | 84,0           | 85,0           | 1,0            | 0,50           | 72,0                                                            | 93,0           | 95,0           | 1,0            | 0,60           | 74,0                       | 111,0          | 114,0          | 1,5            | 0,8            |
| 70                       | 76,0                                                             | 94,0           | 95,0           | 1,0            | 0,50           | 77,0                                                            | 103,0          | 105,0          | 1,0            | 0,60           | 79,0                       | 116,0          | 119,0          | 1,5            | 0,8            |
| 75                       | 81,0                                                             | 99,0           | 100,0          | 1,0            | 0,50           | 82,0                                                            | 108,0          | 110,0          | 1,0            | 0,60           | 84,0                       | 121,0          | 124,0          | 1,5            | 0,8            |
| 80                       | 86,0                                                             | 104,0          | 105,0          | 1,0            | 0,50           | 87,0                                                            | 118,0          | 120,0          | 1,0            | 0,60           | 90,0                       | 130,0          | 134,0          | 2,0            | 1,0            |
| 85                       | 92,0                                                             | 113,0          | 115,0          | 1,0            | 0,60           | 92,0                                                            | 123,0          | 125,0          | 1,0            | 0,60           | 95,0                       | 140,0          | 144,0          | 2,0            | 1,0            |
| 90                       | 97,0                                                             | 118,0          | 120,0          | 1,0            | 0,60           | 99,0                                                            | 131,0          | 134,0          | 1,5            | 0,80           | 100,0                      | 150,0          | 154,0          | 2,0            | 1,0            |
| 95                       | 102,0                                                            | 123,0          | 125,0          | 1,0            | 0,60           | 104,0                                                           | 136,0          | 139,0          | 1,5            | 0,80           | 107,0                      | 158,0          | 163,0          | 2,0            | 1,0            |
| 100                      | 107,0                                                            | 133,0          | 135,0          | 1,0            | 0,60           | 109,0                                                           | 141,0          | 144,0          | 1,5            | 0,80           | 112,0                      | 168,0          | 173,0          | 2,0            | 1,0            |
| 105                      | 112,0                                                            | 138,0          | 140,0          | 1,0            | 0,60           | 115,0                                                           | 150,0          | 154,0          | 2,0            | 1,00           | 117,0                      | 178,0          | 183,0          | 2,0            | 1,0            |
| 110                      | 117,0                                                            | 143,0          | 145,0          | 1,0            | 0,60           | 120,0                                                           | 160,0          | 164,0          | 2,0            | 1,00           | 122,0                      | 188,0          | 193,0          | 2,0            | 1,0            |
| 120                      | 127,0                                                            | 158,0          | 160,0          | 1,0            | 0,60           | 130,0                                                           | 170,0          | 174,0          | 2,0            | 1,00           | 132,0                      | 203,0          | 208,0          | 2,0            | 1,0            |
| 130                      | 139,0                                                            | 171,0          | 174,0          | 1,5            | 0,80           | 140,0                                                           | 190,0          | 194,0          | 2,0            | 1,00           | 144,0                      | 216,0          | 223,0          | 2,5            | 1,0            |
| 140                      | 149,0                                                            | 181,0          | 184,0          | 1,5            | 0,80           | 150,0                                                           | 200,0          | 204,0          | 2,0            | 1,00           | 154,0                      | 236,0          | 243,0          | 2,5            | 1,0            |
| 150                      | 160,0                                                            | 200,0          | 204,0          | 2,0            | 1,00           | 162,0                                                           | 213,0          | 218,0          | 2,0            | 1,00           | 164,0                      | 256,0          | 263,0          | 2,5            | 1,0            |
| 160                      | 170,0                                                            | 210,0          | 214,0          | 2,0            | 1,00           | 172,0                                                           | 228,0          | 233,0          | 2,0            | 1,00           | 174,0                      | 276,0          | 283,0          | 2,5            | 1,0            |
| 170                      | 180,0                                                            | 220,0          | 224,0          | 2,0            | 1,00           | 182,0                                                           | 248,0          | 253,0          | 2,0            | 1,00           | 188,0                      | 292,0          | 301,0          | 3,0            | 1,5            |
| 180                      | 190,0                                                            | 240,0          | 244,0          | 2,0            | 1,00           | 192,0                                                           | 268,0          | 273,0          | 2,0            | 1,00           | 198,0                      | 302,0          | 311,0          | 3,0            | 1,5            |
| 190                      | 200,0                                                            | 250,0          | 254,0          | 2,0            | 1,00           | 202,0                                                           | 278,0          | 283,0          | 2,0            | 1,00           | 208,0                      | 322,0          | 331,0          | 3,0            | 1,5            |
| 200                      | 212,0                                                            | 268,0          | 273,0          | 2,0            | 1,00           | 212,0                                                           | 298,0          | 303,0          | 2,0            | 1,00           | 218,0                      | 342,0          | 351,0          | 3,0            | 1,5            |
| 220                      | 242,0                                                            | 282,0          | 287,0          | 2,0            | 1,00           | —                                                               | —              | —              | —              | —              | —                          | —              | —              | —              | —              |
| 240                      | 263,0                                                            | 301,0          | 306,0          | 2,0            | 1,00           | —                                                               | —              | —              | —              | —              | —                          | —              | —              | —              | —              |
| 260                      | 283,0                                                            | 341,0          | 345,0          | 2,0            | 1,00           | —                                                               | —              | —              | —              | —              | —                          | —              | —              | —              | —              |
| 280                      | 304,0                                                            | 360,0          | 365,0          | 2,0            | 1,00           | —                                                               | —              | —              | —              | —              | —                          | —              | —              | —              | —              |

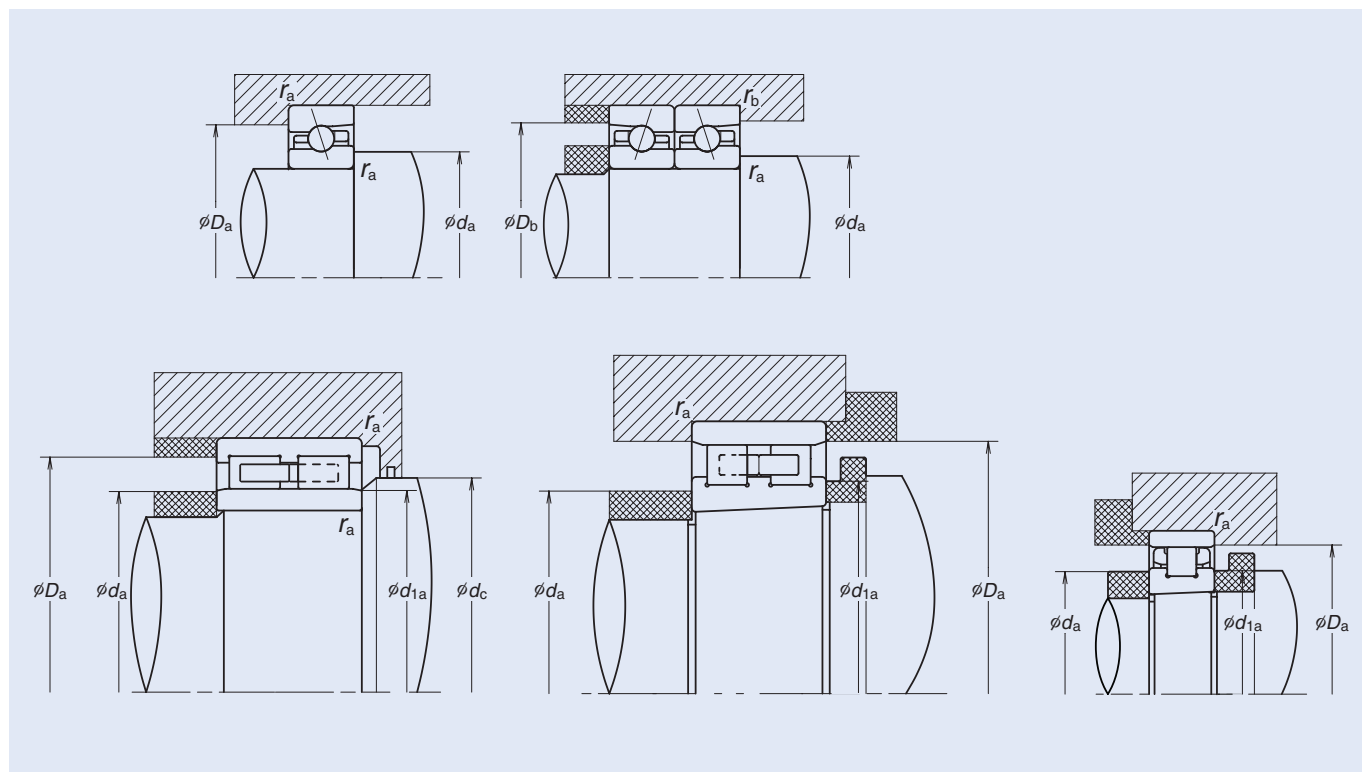


Tabelle 8.6: Anschlussmaße und Radien bei Zylinderrollenlagern

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Bohrungs-<br>durchmesser | Maßreihe 19<br>NN39, NN49, NNU49 |                   |                |                |                |                | Maßreihe 10 (zweireihig)<br>NN30XX |                   |                |                |                | Maßreihe 10 (einreihig)<br>N10XX |                   |                |                |                |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
|                          | $d_a$<br>(min)                   | $d_{1a}$<br>(min) | $d_c$<br>(min) | $D_a$<br>(max) | $r_a$<br>(min) | $r_a$<br>(max) | $d_a$<br>(min)                     | $d_{1a}$<br>(min) | $D_a$<br>(max) | $D_a$<br>(min) | $r_a$<br>(max) | $d_a$<br>(min)                   | $d_{1a}$<br>(min) | $D_a$<br>(max) | $D_a$<br>(min) | $r_a$<br>(max) |
| 25                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 29,0                               | 29                | 43,0           | 42             | 0,6            | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 30                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 35,0                               | 36                | 50,0           | 50             | 1,0            | 35,0                             | 36                | 51,0           | 49             | 0,5            |
| 35                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 40,0                               | 41                | 57,0           | 56             | 1,0            | 40,0                             | 41                | 57,0           | 56             | 0,5            |
| 40                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 45,0                               | 46                | 63,0           | 62             | 1,0            | 45,0                             | 46                | 63,0           | 62             | 0,6            |
| 45                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 50,0                               | 51                | 70,0           | 69             | 1,0            | 50,0                             | 51                | 70,0           | 69             | 0,6            |
| 50                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 55,0                               | 56                | 75,0           | 74             | 1,0            | 55,0                             | 56                | 75,0           | 74             | 0,6            |
| 55                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 61,5                               | 62                | 83,5           | 83             | 1,0            | 61,5                             | 61                | 83,5           | 83             | 1,0            |
| 60                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 66,5                               | 67                | 88,5           | 88             | 1,0            | 66,5                             | 66                | 88,5           | 88             | 1,0            |
| 65                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 71,5                               | 72                | 93,5           | 93             | 1,0            | 71,5                             | 71                | 93,5           | 93             | 1,0            |
| 70                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 76,5                               | 77                | 103,5          | 102            | 1,0            | 76,5                             | 76                | 103,5          | 102            | 1,0            |
| 75                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 81,5                               | 82                | 108,5          | 107            | 1,0            | 81,5                             | 81                | 108,5          | 107            | 1,0            |
| 80                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 86,5                               | 87                | 118,5          | 115            | 1,0            | 86,5                             | 86                | 118,5          | 115            | 1,0            |
| 85                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 91,5                               | 92                | 123,5          | 120            | 1,0            | 91,5                             | 91                | 123,5          | 120            | 1,0            |
| 90                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 98,0                               | 99                | 132,0          | 129            | 1,5            | 98,0                             | 97                | 132,0          | 129            | 1,0            |
| 95                       | –                                | –                 | –              | –              | –              | –              | 103,0                              | 104               | 137,0          | 134            | 1,5            | 103,0                            | 102               | 137,0          | 134            | 1,0            |
| 100                      | 106,5                            | 108               | 115            | 133,5          | 131,0          | 1,0            | 108,0                              | 109               | 142,0          | 139            | 1,5            | 108,0                            | 107               | 142,0          | 139            | 1,0            |
| 105                      | 111,5                            | 113               | 120            | 138,5          | 136,0          | 1,0            | 114,0                              | 115               | 151,0          | 148            | 2,0            | 114,0                            | 114               | 151,0          | 148            | 1,0            |
| 110                      | 116,5                            | 118               | 125            | 143,5          | 141,0          | 1,0            | 119,0                              | 121               | 161,0          | 157            | 2,0            | 119,0                            | 119               | 161,0          | 157            | 1,0            |
| 120                      | 126,5                            | 128               | 137            | 158,5          | 154,5          | 1,0            | 129,0                              | 131               | 171,0          | 167            | 2,0            | 129,0                            | 129               | 171,0          | 167            | 1,0            |
| 130                      | 138,0                            | 140               | 148            | 172,0          | 169,0          | 1,5            | 139,0                              | 141               | 191,0          | 185            | 2,0            | 139,0                            | 140               | 191,0          | 185            | 1,0            |
| 140                      | 148,0                            | 150               | 158            | 182,0          | 180,0          | 1,5            | 149,0                              | 151               | 201,0          | 195            | 2,0            | 149,0                            | 150               | 203,5          | 194            | 1,0            |
| 150                      | 159,0                            | 162               | 171            | 201,0          | 197,0          | 2,0            | 161,0                              | 162               | 214,0          | 209            | 2,0            | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 160                      | 169,0                            | 172               | 182            | 211,0          | 207,0          | 2,0            | 171,0                              | 172               | 229,0          | 222            | 2,0            | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 170                      | 179,0                            | 182               | 192            | 221,0          | 217,0          | 2,0            | 181,0                              | 183               | 249,0          | 239            | 2,0            | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 180                      | 189,0                            | 193               | 205            | 241,0          | 234,0          | 2,0            | 191,0                              | 193               | 269,0          | 258            | 2,0            | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 190                      | 199,0                            | 203               | 217            | 251,0          | 245,5          | 2,0            | 201,0                              | 203               | 279,0          | 268            | 2,0            | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 200                      | 211,0                            | 214               | 228            | 269,0          | 261,0          | 2,0            | 211,0                              | 214               | 299,0          | 285            | 2,0            | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 220                      | 231,0                            | 234               | –              | 289,0          | 281,0          | 2,0            | –                                  | –                 | –              | –              | –              | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 240                      | 251,0                            | 254               | –              | 309,0          | 302,0          | 2,0            | –                                  | –                 | –              | –              | –              | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 260                      | 271,0                            | 275               | –              | 349,0          | 338,0          | 2,0            | –                                  | –                 | –              | –              | –              | –                                | –                 | –              | –              | –              |
| 280                      | 291,0                            | 295               | –              | 369,0          | 358,0          | 2,0            | –                                  | –                 | –              | –              | –              | –                                | –                 | –              | –              | –              |

Abb. 8.1: Darstellung der Anschlussmaße und Radien

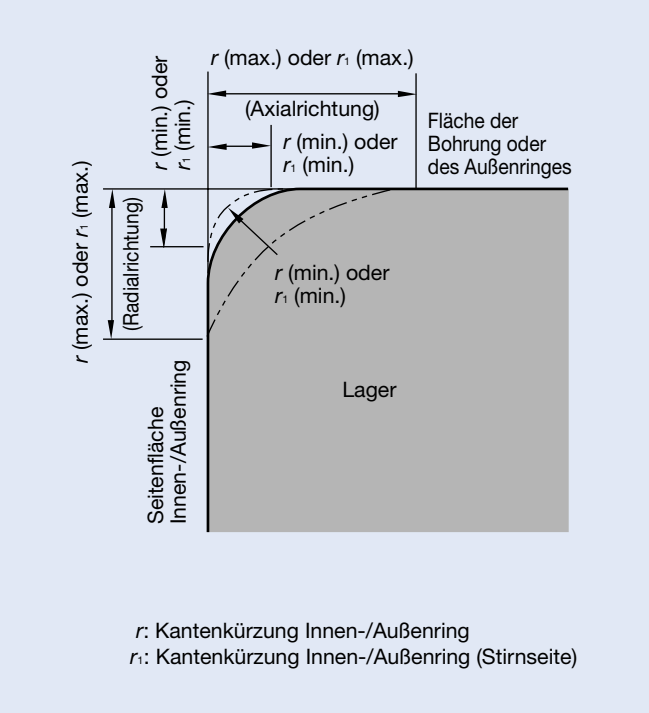


Ausführung von Welle  
und Gehäuse

# 8. AUSFÜHRUNG VON WELLE UND GEHÄUSE

## Grenzwerte der Kantenabstände und Eckenradien an Welle und Gehäuse

Abb. 8.2: Kantenabstände



**Anmerkungen:** Die genaue Form der Radien ist nicht festgelegt, aber das Profil in der Axialebene darf einen Bogen mit Radius  $r$  (min.) oder  $r_1$  (min.) nicht überschreiten, der zwischen der Stirnfläche des Innenrings und der Bohrung bzw. der Stirnfläche des Außenrings und der Mantelfläche des Außenrings liegt.

Tabelle 8.7: Grenzwerte der Kantenkürzung      Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| zulässige<br>Kantenkürzung<br>Innen-<br>/Außenring $r$<br>(min.)<br>oder $r_1$ (min.) | Durchmesser der<br>Bohrung<br>$d$ |     | zulässige Kantenkürzung<br>Innen-/Außenring<br>$r$ (max.) oder $r_1$ (max.) |                   | Bezugswert                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
|                                                                                       |                                   |     |                                                                             |                   | Kantenradius<br>Welle oder<br>Gehäuse $r_a$ |
|                                                                                       | über                              | bis | Radialrichtung                                                              | Axialrichtung (!) | max.                                        |
| <b>0,05</b>                                                                           | —                                 | —   | 0,10                                                                        | 0,2               | 0,05                                        |
| <b>0,08</b>                                                                           | —                                 | —   | 0,16                                                                        | 0,3               | 0,08                                        |
| <b>0,10</b>                                                                           | —                                 | —   | 0,20                                                                        | 0,4               | 0,10                                        |
| <b>0,15</b>                                                                           | —                                 | —   | 0,30                                                                        | 0,6               | 0,15                                        |
| <b>0,20</b>                                                                           | —                                 | —   | 0,50                                                                        | 0,8               | 0,20                                        |
| <b>0,30</b>                                                                           | —                                 | 40  | 0,60                                                                        | 1,0               | 0,30                                        |
| <b>0,30</b>                                                                           | 40                                | —   | 0,80                                                                        | 1,0               | 0,30                                        |
| <b>0,60</b>                                                                           | —                                 | 40  | 1,00                                                                        | 2,0               | 0,60                                        |
| <b>0,60</b>                                                                           | 40                                | —   | 1,30                                                                        | 2,0               | 0,60                                        |
| <b>1,00</b>                                                                           | —                                 | 50  | 1,50                                                                        | 3,0               | 1,00                                        |
| <b>1,00</b>                                                                           | 50                                | —   | 1,90                                                                        | 3,0               | 1,00                                        |
| <b>1,10</b>                                                                           | —                                 | 120 | 2,00                                                                        | 3,5               | 1,00                                        |
| <b>1,10</b>                                                                           | 120                               | —   | 2,50                                                                        | 4,0               | 1,00                                        |
| <b>1,50</b>                                                                           | —                                 | 120 | 2,30                                                                        | 4,0               | 1,50                                        |
| <b>1,50</b>                                                                           | 120                               | —   | 3,00                                                                        | 5,0               | 1,50                                        |

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| zulässige<br>Kantenkürzung<br>Innen-<br>/Außenring $r$<br>(min.)<br>oder $r_1$ (min.) | Durchmesser der<br>Bohrung<br>$d$ |     | zulässige Kantenkürzung<br>Innen-/Außenring<br>$r$ (max.) oder $r_1$ (max.) |                   | Bezugswert                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
|                                                                                       |                                   |     |                                                                             |                   | Kantenradius<br>Welle oder<br>Gehäuse $r_a$ |
|                                                                                       | über                              | bis | Radialrichtung                                                              | Axialrichtung (!) | max.                                        |
| <b>2,0</b>                                                                            | —                                 | 80  | 3,0                                                                         | 4,5               | 2,0                                         |
| <b>2,0</b>                                                                            | 80                                | 220 | 3,5                                                                         | 5,0               | 2,0                                         |
| <b>2,0</b>                                                                            | 220                               | —   | 3,8                                                                         | 6,0               | 2,0                                         |
| <b>2,1</b>                                                                            | —                                 | 280 | 4,0                                                                         | 6,5               | 2,0                                         |
| <b>2,1</b>                                                                            | 280                               | —   | 4,5                                                                         | 7,0               | 2,0                                         |
| <b>2,5</b>                                                                            | —                                 | 100 | 3,8                                                                         | 6,0               | 2,0                                         |
| <b>2,5</b>                                                                            | 100                               | 280 | 4,5                                                                         | 6,0               | 2,0                                         |
| <b>2,5</b>                                                                            | 280                               | —   | 5,0                                                                         | 7,0               | 2,0                                         |
| <b>3,0</b>                                                                            | —                                 | 280 | 5,0                                                                         | 8,0               | 2,5                                         |
| <b>3,0</b>                                                                            | 280                               | —   | 5,5                                                                         | 8,0               | 2,5                                         |
| <b>4,0</b>                                                                            | —                                 | —   | 6,5                                                                         | 9,0               | 3,0                                         |
| <b>5,0</b>                                                                            | —                                 | —   | 8,0                                                                         | 10,0              | 4,0                                         |
| <b>6,0</b>                                                                            | —                                 | —   | 10,0                                                                        | 13,0              | 5,0                                         |
| <b>7,5</b>                                                                            | —                                 | —   | 12,5                                                                        | 17,0              | 6,0                                         |
| <b>9,5</b>                                                                            | —                                 | —   | 15,0                                                                        | 19,0              | 8,0                                         |
| <b>12,0</b>                                                                           | —                                 | —   | 18,0                                                                        | 24,0              | 10,0                                        |
| <b>15,0</b>                                                                           | —                                 | —   | 21,0                                                                        | 30,0              | 12,0                                        |
| <b>19,0</b>                                                                           | —                                 | —   | 25,0                                                                        | 38,0              | 15,0                                        |

Anmerkung(!) Bei Lagern mit einer Nennbreite von weniger als 2 mm ist der Wert  $r$  (max.) in Axialrichtung identisch mit dem in Radialrichtung.

## Abmessungen der Zwischenringe

Die Abmessungen der Zwischenringe für Schrägkugellager (Reihen 19, 29, 10, 20 und 02) in der Standardausführung sind nachfolgend angeführt.

Weitere Angaben:

Werkstoff der Zwischenringe: Wälzlager- oder Vergütungsstahl

Die Parallelität der Zwischenringseitenflächen sollte mindestens 0,003 mm oder besser betragen.

## Reihe 19 oder 29

Zwischenringe in der Standardausführung für die Maßreihe 19 oder 29 (79, BNR19, BER19, BNR29, BER29, BGR19)

Maßeinheit: µm

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser | Außendurchmesser | äußerer Zwischenring |         | innerer Zwischenring |             | Kantenkürzung des Zwischenrings |
|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|---------|----------------------|-------------|---------------------------------|
|                    |                     |                  | Außendurchmesser (¹) | Bohrung | Außendurchmesser     | Bohrung (²) |                                 |
| 00                 | 10                  | 22               | 21,5                 | 17,5    | 14,5                 | 10,5        | 0,2                             |
| 01                 | 12                  | 24               | 23,5                 | 19,5    | 16,5                 | 12,5        | 0,2                             |
| 02                 | 15                  | 28               | 27,5                 | 23,5    | 19,5                 | 15,5        | 0,2                             |
| 03                 | 17                  | 30               | 29,5                 | 25,5    | 21,5                 | 17,5        | 0,2                             |
| 04                 | 20                  | 37               | 36,5                 | 31,5    | 26,0                 | 20,5        | 0,2                             |
| 05                 | 25                  | 42               | 41,5                 | 36,0    | 31,0                 | 25,5        | 0,2                             |
| 06                 | 30                  | 47               | 46,5                 | 41,0    | 36,0                 | 30,5        | 0,2                             |
| 07                 | 35                  | 55               | 54,5                 | 48,0    | 42,0                 | 35,5        | 0,3                             |
| 08                 | 40                  | 62               | 61,5                 | 54,5    | 47,5                 | 40,5        | 0,3                             |
| 09                 | 45                  | 68               | 67,5                 | 60,0    | 53,0                 | 45,5        | 0,3                             |
| 10                 | 50                  | 72               | 71,5                 | 66,0    | 56,0                 | 50,5        | 0,3                             |
| 11                 | 55                  | 80               | 79,5                 | 72,0    | 64,0                 | 55,5        | 0,5                             |
| 12                 | 60                  | 85               | 84,5                 | 77,0    | 68,0                 | 60,5        | 0,5                             |
| 13                 | 65                  | 90               | 89,5                 | 82,0    | 73,0                 | 65,5        | 0,5                             |
| 14                 | 70                  | 100              | 99,5                 | 91,5    | 79,0                 | 70,5        | 0,5                             |
| 15                 | 75                  | 105              | 104,5                | 96,5    | 84,0                 | 75,5        | 0,5                             |
| 16                 | 80                  | 110              | 109,5                | 101,5   | 89,5                 | 80,5        | 0,5                             |
| 17                 | 85                  | 120              | 119,5                | 110,0   | 95,0                 | 85,5        | 0,5                             |
| 18                 | 90                  | 125              | 124,2                | 116,0   | 100,0                | 90,5        | 0,5                             |
| 19                 | 95                  | 130              | 129,2                | 120,0   | 106,0                | 95,5        | 0,5                             |
| 20                 | 100                 | 140              | 139,2                | 129,0   | 112,0                | 100,5       | 0,5                             |
| 21                 | 105                 | 145              | 144,2                | 133,0   | 117,0                | 105,5       | 0,5                             |
| 22                 | 110                 | 150              | 149,2                | 138,0   | 122,0                | 110,5       | 0,5                             |
| 24                 | 120                 | 165              | 164,2                | 152,0   | 133,0                | 120,5       | 0,5                             |
| 26                 | 130                 | 180              | 179,2                | 166,0   | 144,0                | 130,8       | 0,8                             |
| 28                 | 140                 | 190              | 189,2                | 176,0   | 154,0                | 140,8       | 0,8                             |
| 30                 | 150                 | 210              | 209,2                | 193,0   | 167,0                | 150,8       | 1,0                             |
| 32                 | 160                 | 220              | 219,2                | 213,0   | 175,0                | 160,8       | 1,0                             |
| 34                 | 170                 | 230              | 229,2                | 214,0   | 188,0                | 170,8       | 1,0                             |
| 36                 | 180                 | 250              | 249,2                | 231,0   | 200,0                | 180,8       | 1,0                             |
| 38                 | 190                 | 260              | 259,2                | 242,0   | 206,0                | 190,8       | 1,0                             |
| 40                 | 200                 | 280              | 279,2                | 255,0   | 225,0                | 200,8       | 1,0                             |

(¹) In Lagern mit Öl-Nebel- oder Öl-Einspritz-Schmierung ist der Außendurchmesser des äußeren Zwischenrings gleich dem Außendurchmesser des Lagers. NSK empfiehlt eine Toleranz von g5 oder besser.

(²) Bei hohen Drehzahlen von  $n \times d_m$  größer als 700.000 entspricht der Bohrungsdurchmesser des inneren Zwischenrings dem der Lagerbohrung. NSK empfiehlt eine Toleranz von F6 oder besser.

# 9. ZWISCHENRINGE

Weitere Angaben:

Werkstoff der Zwischenringe: Wälzlager- oder Vergütungsstahl

Die Parallelität der Zwischenringseitenflächen sollte mindestens 0,003 mm oder besser betragen.

## Reihe 10 oder 20

Zwischenringe in der Standardausführung für die Maßreihe 10 oder 20 (70, BNR10, BER10, BNR20, BER20, BGR10)

Maßeinheit: µm

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser | Außendurchmesser | äußerer Zwischenring            |         | innerer Zwischenring |                        | Kantenkürzung<br>des Zwischenrings |
|--------------------|---------------------|------------------|---------------------------------|---------|----------------------|------------------------|------------------------------------|
|                    |                     |                  | Außendurchmesser <sup>(1)</sup> | Bohrung | Außendurchmesser     | Bohrung <sup>(2)</sup> |                                    |
| 00                 | 10                  | 26               | 25,5                            | 21,5    | 14,5                 | 10,5                   | 0,2                                |
| 01                 | 12                  | 28               | 27,5                            | 23,5    | 17,0                 | 12,5                   | 0,2                                |
| 02                 | 15                  | 32               | 31,5                            | 27,0    | 20,0                 | 15,5                   | 0,2                                |
| 03                 | 17                  | 35               | 34,5                            | 29,5    | 23,0                 | 17,5                   | 0,2                                |
| 04                 | 20                  | 42               | 41,5                            | 35,0    | 27,0                 | 20,5                   | 0,3                                |
| 05                 | 25                  | 47               | 46,5                            | 40,5    | 32,0                 | 25,5                   | 0,3                                |
| 06                 | 30                  | 55               | 54,5                            | 47,5    | 38,0                 | 30,5                   | 0,5                                |
| 07                 | 35                  | 62               | 61,5                            | 54,0    | 43,0                 | 35,5                   | 0,5                                |
| 08                 | 40                  | 68               | 67,5                            | 60,0    | 48,0                 | 40,5                   | 0,5                                |
| 09                 | 45                  | 75               | 74,5                            | 66,0    | 55,0                 | 45,5                   | 0,5                                |
| 10                 | 50                  | 80               | 79,5                            | 71,0    | 60,0                 | 50,5                   | 0,5                                |
| 11                 | 55                  | 90               | 89,5                            | 81,0    | 66,0                 | 55,5                   | 0,5                                |
| 12                 | 60                  | 95               | 94,5                            | 86,0    | 69,0                 | 60,5                   | 0,5                                |
| 13                 | 65                  | 100              | 99,5                            | 91,0    | 74,0                 | 65,5                   | 0,5                                |
| 14                 | 70                  | 110              | 109,5                           | 98,0    | 83,0                 | 70,5                   | 0,5                                |
| 15                 | 75                  | 115              | 114,5                           | 105,0   | 85,0                 | 75,5                   | 0,5                                |
| 16                 | 80                  | 125              | 124,2                           | 112,0   | 93,0                 | 80,5                   | 0,5                                |
| 17                 | 85                  | 130              | 129,2                           | 117,0   | 99,0                 | 85,5                   | 0,5                                |
| 18                 | 90                  | 140              | 139,2                           | 126,0   | 104,0                | 90,5                   | 0,8                                |
| 19                 | 95                  | 145              | 144,2                           | 131,0   | 109,0                | 95,5                   | 0,8                                |
| 20                 | 100                 | 150              | 149,2                           | 136,0   | 114,0                | 100,5                  | 0,8                                |
| 21                 | 105                 | 160              | 159,2                           | 144,0   | 121,0                | 105,5                  | 1,0                                |
| 22                 | 110                 | 170              | 169,2                           | 153,0   | 128,0                | 110,5                  | 1,0                                |
| 24                 | 120                 | 180              | 179,2                           | 166,0   | 136,0                | 120,5                  | 1,0                                |
| 26                 | 130                 | 200              | 199,2                           | 177,0   | 150,0                | 130,8                  | 1,0                                |
| 28                 | 140                 | 210              | 209,2                           | 190,0   | 160,0                | 140,8                  | 1,0                                |
| 30                 | 150                 | 225              | 224,2                           | 203,0   | 172,0                | 150,8                  | 1,2                                |
| 32                 | 160                 | 240              | 239,2                           | 217,0   | 183,0                | 160,8                  | 1,2                                |
| 34                 | 170                 | 260              | 259,2                           | 230,5   | 199,5                | 170,8                  | 1,2                                |
| 36                 | 180                 | 280              | 279,2                           | 250,0   | 210,0                | 180,8                  | 1,2                                |
| 38                 | 190                 | 290              | 289,2                           | 261,0   | 221,0                | 190,8                  | 1,2                                |
| 40                 | 200                 | 310              | 309,2                           | 278,0   | 232,0                | 200,8                  | 1,2                                |

<sup>(1)</sup> In Lagern mit Öl-Nebel- oder Öl-Einspritz-Schmierung ist der Außendurchmesser des äußeren Zwischenrings gleich dem Außendurchmesser des Lagers. NSK empfiehlt eine Toleranz von g5 oder besser.

<sup>(2)</sup> Bei hohen Drehzahlen von  $n \times d_m$  größer als 700.000 entspricht der Bohrungsdurchmesser des inneren Zwischenrings dem der Lagerbohrung. NSK empfiehlt eine Toleranz von F6 oder besser.

## Reihe 02

### Zwischenringe in der Standardausführung für die Maßreihe 02 (72, BGR02)

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$ 

| Bohrungskennziffer | Bohrungsdurchmesser | Außendurchmesser | äußerer Zwischenring            |         | innerer Zwischenring |                        | Kantenkürzung<br>des Zwischenrings |
|--------------------|---------------------|------------------|---------------------------------|---------|----------------------|------------------------|------------------------------------|
|                    |                     |                  | Außendurchmesser <sup>(1)</sup> | Bohrung | Außendurchmesser     | Bohrung <sup>(2)</sup> |                                    |
| 00                 | 10                  | 30               | 29,5                            | 25      | 17                   | 10,5                   | 0,3                                |
| 01                 | 12                  | 32               | 31,5                            | 27      | 18                   | 12,5                   | 0,3                                |
| 02                 | 15                  | 35               | 34,5                            | 29      | 21                   | 15,5                   | 0,3                                |
| 03                 | 17                  | 40               | 39,5                            | 33      | 24                   | 17,5                   | 0,3                                |
| 04                 | 20                  | 47               | 46,5                            | 39      | 28                   | 20,5                   | 0,5                                |
| 05                 | 25                  | 52               | 51,5                            | 44      | 33                   | 25,5                   | 0,5                                |
| 06                 | 30                  | 62               | 61,5                            | 53      | 40                   | 30,5                   | 0,5                                |
| 07                 | 35                  | 72               | 71,5                            | 62      | 46                   | 35,5                   | 0,5                                |
| 08                 | 40                  | 80               | 79,5                            | 68      | 52                   | 40,5                   | 0,5                                |
| 09                 | 45                  | 85               | 84,5                            | 75      | 56                   | 45,5                   | 0,5                                |
| 10                 | 50                  | 90               | 89,5                            | 80      | 60                   | 50,5                   | 0,5                                |
| 11                 | 55                  | 100              | 99,5                            | 90      | 65                   | 55,5                   | 0,8                                |
| 12                 | 60                  | 110              | 109,5                           | 95      | 75                   | 60,5                   | 0,8                                |
| 13                 | 65                  | 120              | 119,5                           | 105     | 80                   | 65,5                   | 0,8                                |
| 14                 | 70                  | 125              | 124,2                           | 110     | 85                   | 70,5                   | 0,8                                |
| 15                 | 75                  | 130              | 129,2                           | 115     | 90                   | 75,5                   | 0,8                                |
| 16                 | 80                  | 140              | 139,2                           | 125     | 95                   | 80,5                   | 1,0                                |
| 17                 | 085                 | 150              | 149,2                           | 135     | 105                  | 85,5                   | 1,0                                |
| 18                 | 090                 | 160              | 159,2                           | 140     | 110                  | 90,5                   | 1,0                                |
| 19                 | 095                 | 170              | 169,2                           | 150     | 115                  | 95,5                   | 1,0                                |
| 20                 | 100                 | 180              | 179,2                           | 160     | 125                  | 100,5                  | 1,0                                |
| 21                 | 105                 | 190              | 189,2                           | 170     | 132                  | 105,5                  | 1,0                                |
| 22                 | 110                 | 200              | 199,2                           | 175     | 135                  | 110,5                  | 1,0                                |
| 24                 | 120                 | 215              | 214,2                           | 190     | 145                  | 120,5                  | 1,0                                |
| 26                 | 130                 | 230              | 229,2                           | 203     | 157                  | 130,8                  | 1,2                                |
| 28                 | 140                 | 250              | 249,2                           | 220     | 170                  | 140,8                  | 1,2                                |
| 30                 | 150                 | 270              | 269,2                           | 233     | 189                  | 150,8                  | 1,2                                |

<sup>(1)</sup> In Lagern mit Öl-Nebel- oder Öl-Einspritz-Schmierung ist der Außendurchmesser des äußeren Zwischenrings gleich dem Außendurchmesser des Lagers. NSK empfiehlt eine Toleranz von g5 oder besser.

<sup>(2)</sup> Bei hohen Drehzahlen von  $n \times d_m$  größer als 700.000 entspricht der Bohrungsdurchmesser des inneren Zwischenrings dem der Lagerbohrung. NSK empfiehlt eine Toleranz von F6 oder besser.

# 9. ZWISCHENRINGE

## Position der Schmierdüse

Die folgende Tabelle gibt die genaue Lage der Schmierdüse für Öl-Luft-, Öl-Nebel- und Öl-Einspritz-Schmierung an.

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

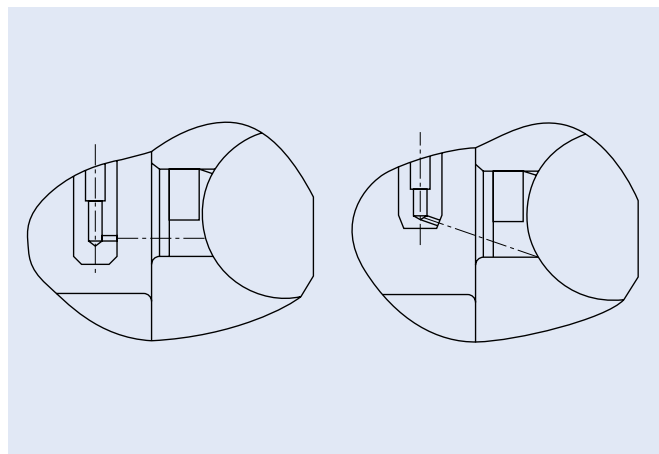
| Bohrungs-<br>kennziffer | Bohrungs-<br>durchmesser | Reihe 79            |     | Reihe 70            |     | Reihe 72            |     | N10XXMR<br>(Standardreihe) |     | N10XXR<br>(ROBUST) |     |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|----------------------------|-----|--------------------|-----|
|                         |                          | $\varnothing A$ (1) | B   | $\varnothing A$ (1) | B   | $\varnothing A$ (1) | B   | $\varnothing A$            | B   | $\varnothing A$    | B   |
| 00                      | 10                       | 14,5                | 0,4 | 16,1                | 0,5 | 18,1                | 0,5 | —                          | —   | —                  | —   |
| 01                      | 12                       | 16,5                | 0,4 | 18,3                | 0,5 | 19,6                | 0,5 | —                          | —   | —                  | —   |
| 02                      | 15                       | 20,0                | 0,5 | 21,3                | 0,5 | 22,6                | 0,7 | —                          | —   | —                  | —   |
| 03                      | 17                       | 21,8                | 0,5 | 23,5                | 1,0 | 25,9                | 0,7 | —                          | —   | —                  | —   |
| 04                      | 20                       | 26,1                | 0,5 | 28,2                | 1,0 | 30,5                | 1,0 | —                          | —   | —                  | —   |
| 05                      | 25                       | 31,1                | 0,5 | 32,9                | 1,0 | 35,5                | 1,0 | —                          | —   | —                  | —   |
| 06                      | 30                       | 36,1                | 0,5 | 39,5                | 1,0 | 42,4                | 1,0 | 39,7                       | 1,2 | —                  | —   |
| 07                      | 35                       | 42,6                | 0,5 | 44,6                | 1,0 | 49,2                | 0,7 | 45,4                       | 1,5 | —                  | —   |
| 08                      | 40                       | 47,9                | 0,5 | 50,0                | 1,0 | 55,5                | 0,7 | 50,6                       | 1,5 | —                  | —   |
| 09                      | 45                       | 53,4                | 0,5 | 55,6                | 1,0 | 60,2                | 0,7 | 56,5                       | 2,0 | 60,0               | 0,6 |
| 10                      | 50                       | 57,9                | 0,5 | 60,6                | 1,0 | 65,2                | 1,0 | 61,5                       | 2,0 | 64,5               | 1,3 |
| 11                      | 55                       | 64,0                | 0,5 | 67,3                | 1,0 | 72,0                | 1,0 | 69,2                       | 2,5 | 71,0               | 1,2 |
| 12                      | 60                       | 69,0                | 0,5 | 72,5                | 1,0 | 79,0                | 0,7 | 74,3                       | 2,5 | 76,5               | 1,2 |
| 13                      | 65                       | 74,0                | 0,5 | 77,5                | 1,0 | 86,2                | 0,7 | 79,2                       | 2,5 | 81,5               | 1,2 |
| 14                      | 70                       | 80,9                | 0,7 | 83,7                | 1,0 | 90,9                | 0,7 | 86,6                       | 3,0 | 89,0               | 1,5 |
| 15                      | 75                       | 85,5                | 0,7 | 89,4                | 1,0 | 95,9                | 0,7 | 90,0                       | 2,5 | 94,5               | 1,5 |
| 16                      | 80                       | 90,5                | 0,7 | 96,5                | 1,0 | 102,8               | 0,7 | 98,5                       | 3,0 | 101,0              | 2,0 |
| 17                      | 85                       | 98,8                | 0,7 | 101,5               | 1,0 | 109,8               | 1,0 | 103,5                      | 3,0 | 106,0              | 2,0 |
| 18                      | 90                       | 102,8               | 0,7 | 108,6               | 1,0 | 116,7               | 1,0 | 109,0                      | 3,0 | —                  | —   |
| 19                      | 95                       | 107,7               | 0,7 | 113,3               | 1,0 | 123,6               | 1,0 | 115,5                      | 2,5 | —                  | —   |
| 20                      | 100                      | 116,0               | 0,7 | 118,6               | 1,0 | 130,6               | 1,0 | 119,0                      | 2,5 | —                  | —   |
| 21                      | 105                      | 119,5               | 0,7 | 125,1               | 0,7 | 137,4               | 1,0 | 125,5                      | 3,0 | —                  | —   |
| 22                      | 110                      | 124,5               | 0,7 | 131,9               | 0,7 | 144,4               | 1,0 | 134,0                      | 3,0 | —                  | —   |
| 24                      | 120                      | 136,3               | 0,7 | 142,3               | 0,7 | 156,3               | 1,0 | 142,0                      | 3,0 | —                  | —   |
| 26                      | 130                      | 149,3               | 0,7 | 156,2               | 1,0 | 168,9               | 1,0 | 156,0                      | 4,5 | —                  | —   |
| 28                      | 140                      | 158,1               | 0,7 | 165,7               | 2,5 | 182,6               | 1,0 | 168,0                      | 4,5 | —                  | —   |
| 30                      | 150                      | 171,8               | 0,7 | 178,1               | 2,5 | 196,5               | 1,0 | —                          | —   | —                  | —   |
| 32                      | 160                      | 181,8               | 0,7 | 190,4               | 2,5 | —                   | —   | —                          | —   | —                  | —   |
| 34                      | 170                      | 191,8               | 0,7 | 203,4               | 2,5 | —                   | —   | —                          | —   | —                  | —   |
| 36                      | 180                      | 205,6               | 0,7 | 217,1               | 2,5 | —                   | —   | —                          | —   | —                  | —   |
| 38                      | 190                      | 215,4               | 0,7 | 227,1               | 2,5 | —                   | —   | —                          | —   | —                  | —   |
| 40                      | 200                      | 229,0               | 0,7 | 240,9               | 2,5 | —                   | —   | —                          | —   | —                  | —   |

(1) Entspricht DIN-Norm 628-6

### Wichtig

- Bei Lagern, die unter normalen Drehzahlen betrieben werden, ist es ausreichend, die Schmierdüse parallel zur Welle, zwischen Innenring und Käfig anzuordnen.  
Bei Dauerbetrieb mit hohen Drehzahlen sollte die Einspritzdüse so positioniert sein, dass der Schmierstoff in einem Winkel von ca. 15 bis 20° ins Lagerinnere gelangt. Bitte wenden Sie sich an NSK.
- Das eingespritzte Schmieröl muss über eine ausreichend große Ablauföffnung wieder aus dem Lager ablaufen. Sonst kann durch die große Panschreibung im Schmierstoff die Lagertemperatur zu stark ansteigen, was schließlich zu einem Lagerausfall führt.
- NSK empfiehlt, das Schmieröl vor dem Einfüllen in das Schmierungssystem zu filtern (Filterfeinheit 5  $\mu\text{m}$  oder besser).

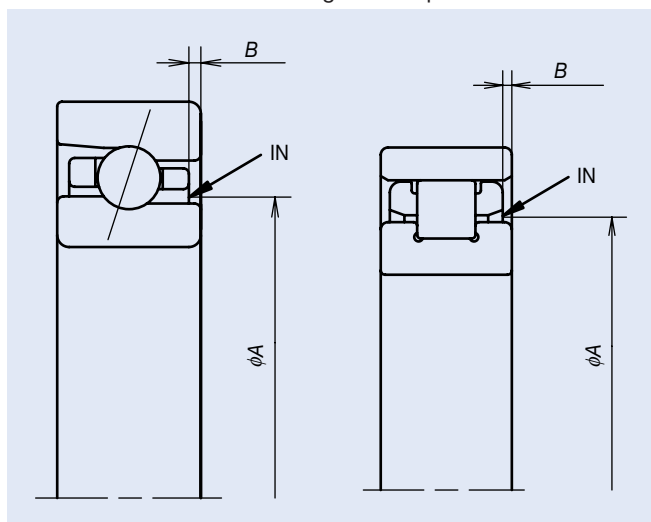
Abb. 9.1: Winkel des Schmierstoffstrahls



Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| Bohrungs-<br>durchmesser | BNR19<br>BER19  |     | BNR10<br>BER10  |     | BGR19           |     | BGR10           |     | BGR02           |     | BAR10<br>BTR10  |     |
|--------------------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
|                          | $\varnothing A$ | $B$ | $\varnothing A$ | $B$ | $\varnothing A$ | $B$ | $\varnothing A$ | $B$ | $\varnothing A$ | $B$ | $\varnothing A$ | $B$ |
| 6                        | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 9,0             | 0,4 | —               | —   | —               | —   |
| 7                        | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 10,5            | 0,4 | —               | —   | —               | —   |
| 8                        | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 12,0            | 0,5 | —               | —   | —               | —   |
| 10                       | —               | —   | —               | —   | 13,5            | 0,4 | 14,5            | 0,5 | 17,0            | 1,0 | —               | —   |
| 12                       | —               | —   | —               | —   | 15,5            | 0,4 | 16,5            | 0,5 | 18,0            | 0,5 | —               | —   |
| 15                       | —               | —   | —               | —   | 18,5            | 0,5 | 20,0            | 1,0 | 21,0            | 1,0 | —               | —   |
| 17                       | —               | —   | —               | —   | 20,5            | 0,5 | 22,5            | 1,5 | 24,0            | 0,5 | —               | —   |
| 20                       | —               | —   | —               | —   | 25,0            | 0,8 | 26,5            | 0,8 | 28,3            | 0,5 | —               | —   |
| 25                       | 31,0            | 0,5 | —               | —   | 30,0            | 0,8 | 31,5            | 0,8 | 33,2            | 1,0 | —               | —   |
| 30                       | 35,5            | 0,5 | 39,0            | 1,0 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   |
| 35                       | 42,0            | 0,5 | 44,5            | 1,2 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   |
| 40                       | 48,0            | 0,5 | 50,0            | 1,5 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   |
| 45                       | 53,0            | 0,5 | 55,5            | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   |
| 50                       | 57,5            | 0,5 | 60,5            | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 60,5            | 0,9 |
| 55                       | 63,5            | 0,5 | 67,5            | 1,5 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 67,5            | 0,7 |
| 60                       | 68,5            | 0,5 | 73,0            | 1,5 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 73,5            | 0,7 |
| 65                       | 73,5            | 0,5 | 77,5            | 1,5 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 77,5            | 0,7 |
| 70                       | 80,5            | 0,7 | 84,0            | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 84,0            | 0,7 |
| 75                       | 85,0            | 0,7 | 89,0            | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 89,0            | 0,7 |
| 80                       | 90,5            | 0,7 | 96,0            | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 96,0            | 0,9 |
| 85                       | 98,5            | 0,7 | 102,0           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 102,0           | 0,9 |
| 90                       | 102,0           | 0,7 | 109,0           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 108,5           | 1,2 |
| 95                       | 107,0           | 0,7 | 112,0           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 112,5           | 1,2 |
| 100                      | 113,5           | 0,7 | 118,5           | 2,5 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 118,5           | 1,7 |
| 105                      | 119,0           | 0,7 | 125,0           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 126,0           | 1,4 |
| 110                      | 124,0           | 0,7 | 132,5           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 132,5           | 1,2 |
| 120                      | 136,0           | 0,7 | 143,0           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 142,5           | 1,2 |
| 130                      | 149,0           | 0,7 | 156,5           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 155,5           | 1,7 |
| 140                      | 157,5           | 0,7 | 166,0           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 167,0           | 1,7 |
| 150                      | 171,5           | 0,7 | 178,5           | 1,7 | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 179,5           | 1,9 |
| 160                      | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 190,0           | 2,0 |
| 170                      | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 205,0           | 1,7 |
| 180                      | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 218,0           | 2,0 |
| 190                      | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 228,0           | 2,0 |
| 200                      | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | —               | —   | 242,0           | 2,2 |

Abb. 9.2: Position und Richtung der Einspritzdüse





# HANDHABUNG VON LAGERN



## Handhabung von Lagern

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Lagermontage .....                                | 196 – 209 |
| 1. Reinigung der Lager und der Anschlussteile        |           |
| 2. Überprüfung der Maßgenauigkeit der Anschlussteile |           |
| 3. Lagermontage                                      |           |
| 4. Kontrolle nach der Montage                        |           |
| 2. Inspektion im Betrieb .....                       | 210 – 211 |
| 3. Einlaufvorgang .....                              | 212 – 213 |

## Einleitung

### Vorgang der Lagermontage

Die Art und Weise der Lagermontage hat einen entscheidenden Einfluss auf die erreichbare Genauigkeit, Lebensdauer und Leistungsfähigkeit im Betrieb. Konstrukteure und Ingenieure sollten die Handhabung von Lagern im Produktionsprozess genau untersuchen und entsprechende Regeln festlegen. Es sollten folgende Punkte enthalten sein:

1. Reinigung der Lager und der Anschlussteile
2. Überprüfung der Maßgenauigkeit der Anschlussteile
3. Lagermontage
4. Kontrolle nach der Montage

Die Verpackung von Wälzlagern sollte erst unmittelbar vor dem Einbau geöffnet werden. Lager für Anwendungen bei hohen Drehzahlen oder in Messgeräten sollten vor dem Einbau mit gefiltertem Öl gereinigt werden, um das Konservierungsöl zu entfernen. Nach dem Waschvorgang müssen die Lageroberflächen gegen Korrosion geschützt werden. Gefettete Lager dürfen nicht gewaschen werden.

Die Lagermontage unterscheidet sich je nach verwendeter Lagertype und Passung.

Da Hochgenauigkeitslager normalerweise mit drehendem Innenring betrieben werden, ist am Innenring ein Festsitz notwendig. Lager mit zylindrischer Bohrung werden entweder mittels einer Presse oder durch Erwärmung des Innenrings auf die Welle montiert. Der Außenring sitzt üblicherweise mit einer Spielpassung im Gehäuse. In den Fällen, bei denen ein Festsitz notwendig ist, sollte der Außenring auch mit einer Presse montiert werden.

### Vorsichtsmaßnahmen für eine richtige Lagerhandhabung

Da Wälzlager Maschinenelemente mit höchster Genauigkeit sind, müssen sie entsprechend sorgfältig behandelt werden. Auch Qualitätslager können die erwarteten Eigenschaften nur bei richtiger Behandlung erreichen.

Die wichtigsten Vorsichtsmaßnahmen sind:

#### ■ Lager und die Anschlussteile rein halten

Jedes Fremdteilchen, auch wenn es mit dem bloßen Auge nicht sichtbar ist, ist schädlich für ein Lager. Durch einen

sauberen Arbeitsplatz halten Sie Schmutz und Staub vom Lager fern.

#### ■ Lager sorgfältig behandeln

Vermeiden Sie jegliche Stoßbelastung beim Umgang mit Lagern. Stoßbelastungen können Eindrücke oder andere Schäden verursachen, die möglicherweise zum Lagerausfall führen. Jede übermäßige Belastung kann zu Eindrücken, Rissen oder Brüchen führen.

#### ■ Verwendung der richtigen Werkzeuge

Verwenden Sie immer die richtigen Betriebsmittel beim Umgang mit Wälzlagern. Benutzen Sie niemals normales Werkzeug.

#### ■ Korrosion vermeiden

Die Handhabung von Lagern mit bloßen Händen kann zu Korrosion durch Handschweiß oder zu anderen Verunreinigungen führen. Reinigen Sie Ihre Hände und tragen Sie möglichst immer staubfreie Handschuhe beim Umgang mit Lagern. Treffen Sie Maßnahmen, um ein Rosten der Lager durch Feuchtigkeit oder aggressive Gase zu vermeiden.

### Art der Lagerung

■ Obwohl die Lager mit einem Konservierungsöl versehen und zusätzlich verpackt sind, ist es unmöglich, jeglichen Kontakt mit der Umgebung zu vermeiden. Bewahren Sie Wälzlager an einem trockenen Ort auf und vermeiden Sie jeglichen Kontakt mit Nässe und Luftfeuchtigkeit.

■ Lager sollten an einem sauberen, trockenen, gut belüfteten Ort aufbewahrt werden. Vermeiden Sie auch den direkten Kontakt mit Sonneneinstrahlung. Bewahren Sie die Lager in einem Schrank oder Regal mindestens 30 cm über dem Boden auf.

■ Stellen Sie sicher, wenn Lager für die maßliche Prüfung ausgepackt werden, dass sie gegen Verschmutzung und Rost geschützt werden. Nach der Prüfung befolgen Sie bitte obige Empfehlungen.

## 1. Reinigung der Lager

Um Korrosion während Transport und Lagerung zu vermeiden, sind alle Lager mit Öl konserviert.

Nach dem Öffnen der Verpackung sollten die Lager gewaschen werden, um die Konservierung zu entfernen. Lager in abgedichteter Ausführung dürfen nicht gewaschen werden.

### ■ Reinigungsvorgang

1. Verwenden Sie niedrigviskoses Öl oder Waschpetroleum zum Waschen der Lager.
2. Verwenden Sie verschiedene Bäder für die Vor- und Endreinigung. Jedes Bad sollte mit einem Korb versehen sein, um den direkten Kontakt der Lager mit Verunreinigungen, die sich am Behälterboden abgelagert haben, zu vermeiden.
3. Im Vorreinigungsbad sollten Sie die Lager nicht durchdrehen. Nach dem Reinigen der Außenflächen mit einer Bürste reinigen Sie die Lager im Endreinigungsbad.
4. Im Endreinigungsbad drehen Sie das Lager mit der Hand. Achten Sie darauf, dass das Endreinigungsbad sauber bleibt.
5. Entfernen Sie überschüssige Reinigungsflüssigkeit vom Lager. Lager, die mit Fett geschmiert werden sollen, können nun befettet werden. Lager, die mit Öl geschmiert werden sollen, können nun auf die Werkzeugmaschinen spindle montiert werden. Vorher versehen Sie die Laufbahnen mit einem dünnen Film des Schmieröls.

## 2. Kontrolle der Maßgenauigkeit der Anschluss Teile von Spindel und Gehäuse

- Entsprechende Gehäuse und Spindeloberflächen sollten gereinigt und auf Risse oder Gratbildung geprüft werden.
- Die genauen Gehäusebohrungen und Wellendurchmesser sind zu messen, damit die entsprechenden Lager für die erforderlichen Passungen aussortiert werden können. Empfohlenen Passungen für Welle und Gehäuse finden Sie auf Seite 184.

- Führen Sie die Messungen und die Lagermontage in einem klimatisierten Raum aus. Die Teile sollten erst vermessen werden, wenn ihre Temperaturen der Lagertemperatur entsprechen. Bei Messung von Zylindrizität sollten die Messungen an verschiedenen Stellen wiederholt werden. Erforderliche Genauigkeiten sind auf Seite 185 dargestellt.

### Kontrolle der Zwischenringe

Für Anwendungen in einer Hauptspindel sollte die Parallelität der Zwischenringe geringer als 3 µm sein. Wird dieser Betrag nicht eingehalten, werden die Lager verkippt und es sind Lagergeräusche und ein ungenauer Lauf zu erwarten.

## 3. Vorgang der Lagermontage

Lager mit Fett- oder Öl-Luft-Schmierung.

Der Vorgang der Lagermontage unterscheidet sich je nach den erforderlichen Passungen für Innen- und Außenring. Bei Werkzeugmaschinen dreht sich fast ausschließlich der Innenring, so dass bei Lagern mit zylindrischer Bohrung der Innenring durch Erwärmung aufgeweitet wird, damit er montiert werden kann.

Lager mit kegeliger Bohrung können direkt auf der kegeligen Welle montiert werden. Für einen Betrieb bei hohen Drehzahlen sollte ein GN-Hüllkreismessgerät verwendet werden, damit die erforderliche Lagerluft genau eingestellt werden kann. Eine Gebrauchsanweisung für die Benutzung des GN-Hüllkreismessgeräts finden Sie auf Seite 202.

Zwischen Außenring und Gehäuse befindet sich normalerweise eine Spielpassung, so dass ein Montagewerkzeug nicht erforderlich ist. Um die Montage zu erleichtern, kann das Gehäuse angewärmt werden.

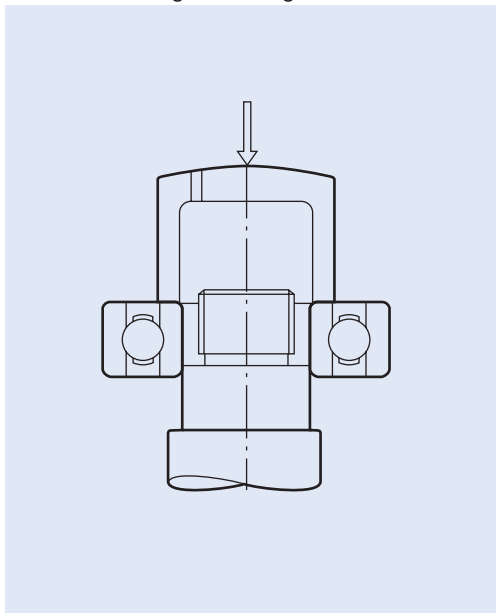
# 1. LAGERMONTAGE

## 3.1 Montage von Lagern mit zylindrischer Bohrung

### (1) Montage mittels einer Presse

Der Lagereinbau durch Aufpressen auf die Welle wird besonders bei kleinen Lagern häufig angewendet. Zuerst sollten die entsprechenden Stellen der Welle mit einem dünnen Ölfilm versehen werden, damit die Montagekräfte etwas reduziert werden. Als Nächstes setzen Sie das Montagewerkzeug, wie in Abb. 1.1 gezeigt, an. Drücken Sie das Lager mit konstanter Kraft fest bis auf die Wellenschulter. Die Krafteinleitung über den Außenring muss auf alle Fälle vermieden werden, da diese die Lager beschädigen. Ebenso benutzen Sie bei Hochgenauigkeitslagern keinesfalls einen Hammer zur Montage. Bei teilbaren Lagern, wie Zylinderrollenlagern, ist es möglich, die Ringe getrennt auf die Welle oder in das Gehäuse zu montieren. Wenn anschließend die Lagerteile in der Spindel zusammengesetzt werden, ist besonders darauf zu achten, dass die Ringe bzw. Rollen zueinander nicht verkippt werden. Unsachgemäßes oder gewaltsames Arbeiten erzeugt Kratzer auf der Laufbahn.

Abb. 1.1: Richtiges Ansetzen des Montagewerkzeugs

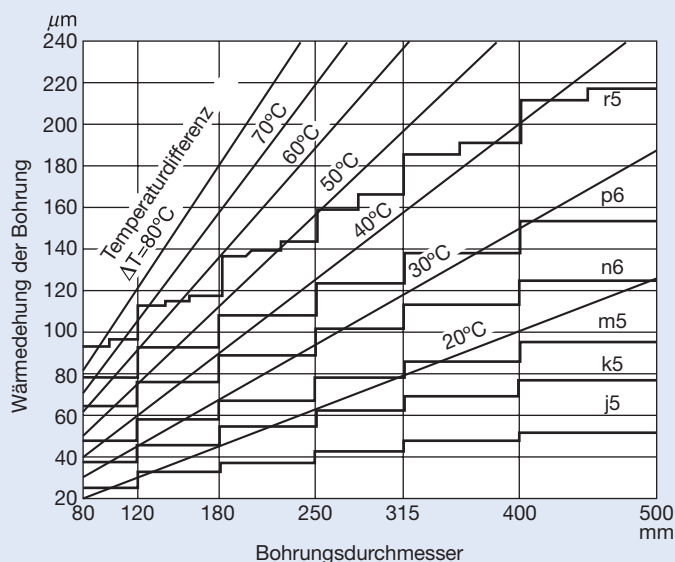


### (2) Montage mittels Lagererwärmung

Da bei großen Lagern sehr hohe Kräfte beim Aufpressen auf die Welle erforderlich wären, wird hier die Lagermontage durch Erwärmung des Lagers bevorzugt. Das Lager wird als Erstes erwärmt, damit sich der Innenring ausdehnt. Diese Montagemethode benötigt keine hohen Kräfte zur Lagermontage und ermöglicht eine sehr schnelle Montage. Die Wärmeausdehnung der Ringe in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz ist in Abb. 1.2 dargestellt. Die folgenden Vorsichtsmaßnahmen für die Lagermontage durch Erwärmung sollten unbedingt beachtet werden:

1. Erwärmen Sie das Lager niemals höher als 120 °C.
2. Erwärmen Sie das Lager ca. 20 – 23 °C höher, als es für die zwangsfreie Montage notwendig wäre, weil sich das Lager während der Montage bereits abkühlt.
3. Nach der Montage schrumpft das Lager sowohl in radialer als auch in axialer Richtung. Deshalb sollte das Lager fest gegen die Wellenschulter gepresst werden, damit kein Spiel zwischen Lager und Wellenschulter entsteht.

Abb. 1.2: Temperatur und Wärmeausdehnung des Innenrings



### 3.2. Vorsichtsmaßnahmen für die Montage von Schrägkugellagern

Wegen des konstruktiven Aufbaus können Schrägkugellager Axialkräfte nur in einer Richtung aufnehmen. Deshalb müssen Sie bei der Montage von Schrägkugellagern auf die Welle und in das Gehäuse besonders darauf achten, dass keine Kräfte in falscher Richtung eingeleitet werden.

Bei Montage von Lagersätzen achten Sie besonders auf die Reihenfolge der Lager. Lagersätze in O- oder X-Anordnung werden auf unterschiedliche Weise montiert.

#### O-Anordnung:

- (1) Pressen Sie die Lager auf die Welle.
- (2) Ziehen Sie die Wellenmutter an (damit wird die Lagervorspannung aufgebracht).
- (3) Montieren Sie die Welle mit den Lagern in das Gehäuse und befestigen Sie den Gehäusedeckel.

#### X-Anordnung:

- (1) Pressen Sie die Lager in das Gehäuse.
- (2) Montieren Sie den Gehäusedeckel (mit Anziehen der Deckelschrauben wird die Lagervorspannung aufgebracht).
- (3) Führen Sie die Welle in die Lagerinnenringe ein und ziehen Sie die Wellenmutter an.

Abb. 1.3: Lastrichtung bei Schrägkugellagern

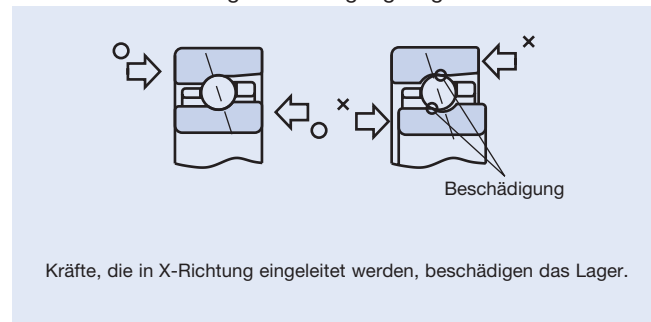


Abb. 1.4: Lagermontage für O-Anordnung

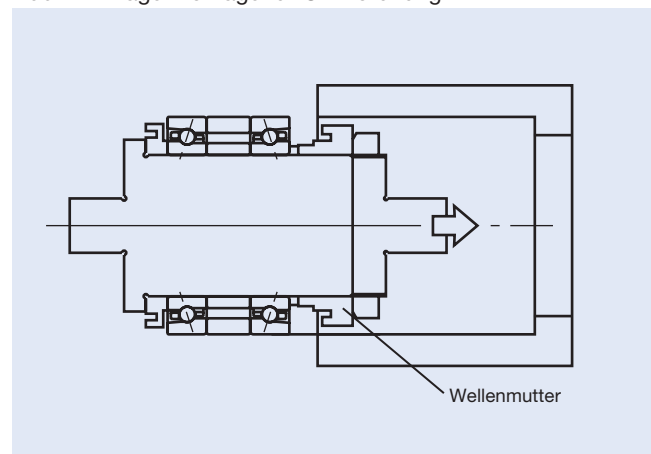
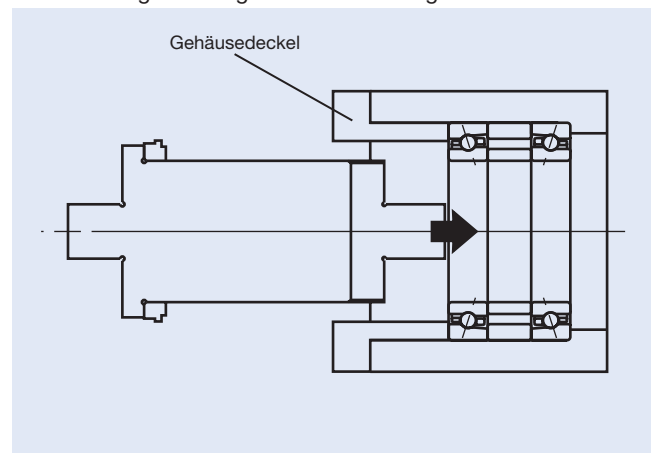


Abb. 1.5: Lagermontage für X-Anordnung



Für die Demontage werden alle Schritte in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt.

# 1. LAGERMONTAGE

## 3.3. Axiale Fixierung des Lagers

### (1) Fixierung des Innenrings

Der Innenring eines Lagers wird normalerweise mit einer Wellenmutter auf der Welle befestigt. Deshalb muss insbesondere die Rechtwinkligkeit der Gewinde sowie der Stirnseite der Mutter genau eingehalten werden. Selbst wenn die einzelnen Bauteile eine hohe Genauigkeit aufweisen, kann es durch das Spiel zwischen Wellenmutter und Welle vorkommen, dass eine Schiefstellung der Wellenmutter entsteht. Dadurch erfolgt eine Verbiegung der Welle und eine Schiefstellung des Lagers (siehe Abb. 1.21, Seite 207). Eine gleichbleibend hohe Laufgenauigkeit ist nur bei exaktem Einbau und genauem Einstellen der Bauteile möglich.

Die Wellenmutter muss stets fest angezogen werden, damit sie sich auf keinen Fall im Betrieb lockert oder löst. Aus Tabelle 1.1 ist das Anzugsmoment der Wellenmutter zu entnehmen.

Es besteht die Gefahr, dass durch die mangelnde Laufgenauigkeit der Wellenmutter oder geringe Genauigkeiten der Passflächen eine Unwucht entsteht. Deshalb werden in Werkzeugmaschinen spindeln für hohe Fertigungsgenauigkeiten und hohe Drehzahlen die Lager mit einer Hülse (Pressverband), die eine hohe Überdeckung zur Welle hat, fixiert. Im Dauerbetrieb lockern sich diese Hülsen jedoch manchmal, so dass sie regelmäßig kontrolliert werden müssen.

Wenn in einem Schrägkugellagersatz ein breiter Zwischenring eingebaut wird und die Wellenmutter übermäßig angezogen wurde, besteht die Gefahr, dass sich der innere Zwischenring verformt und die Vorspannung im Lager steigt. Bei der Einstellung der Vorspannung ist auch dieser Einfluss zu berücksichtigen.

### (2) Fixierung des Außenrings

Die axiale Fixierung des Außenrings erfolgt meist mit einem Deckel, der mit mehreren Schrauben im Gehäuse befestigt wird. Wenn eine Schraube zu fest oder die einzelnen Schrauben ungleichmäßig angezogen werden, kann sich der Außenring verformen.

Abb. 1.6 zeigt die mögliche Verformung der Außenringlaufbahn, wenn die Befestigungsschrauben des Halte decks ungleichmäßig angezogen werden und dadurch ungleichmäßigen Druck auf die Stirnfläche des Außenrings ausüben.

In Abb. 1.7 ist dargestellt, wie der Außenring eines Festlagers verformt wird, wenn der Halte deckel unsachgemäß verschraubt ist.

Aus Abb. 1.8 ist ersichtlich, wie sich die Außenringlaufbahn eines zweireihigen Zylinderrollenlagers verformt, wenn die Befestigungsschrauben des Halte decks zu stark angezogen sind.

Der Betrag der Verformung hängt von der Luft zwischen dem Halte deckel und dem Gehäuse ab. Der Spalt zwischen Halte deckel und Gehäusestirnfläche sollte auf ca. 0,01 bis 0,05 mm angepasst und dann die Deckelbefestigungsschrauben vollkommen angezogen werden.

Abb. 1.6: Verformung der Laufbahn durch ungleichmäßiges Anziehen der Befestigungsschrauben

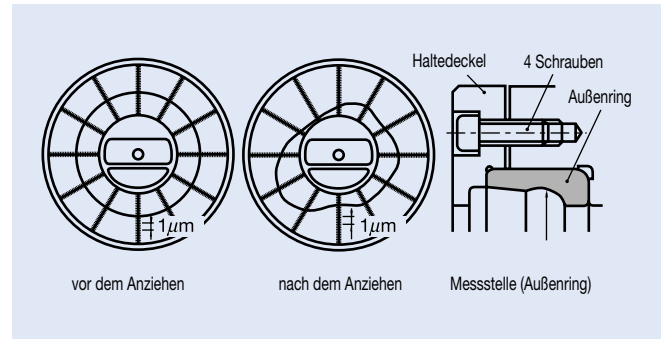


Abb. 1.7: Verformung der Laufbahn durch zu starkes Anziehen der Schrauben

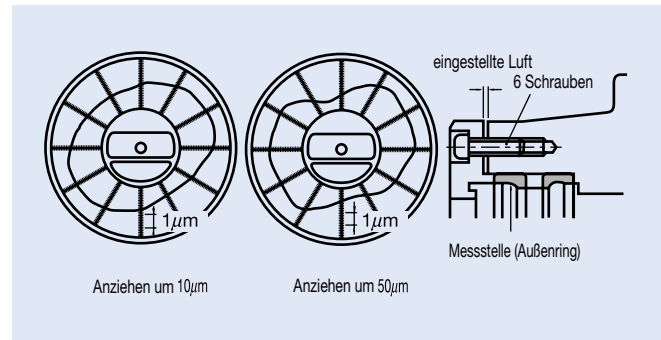


Abb. 1.8: Verformung des Außenrings eines zweireihigen Zylinderrollenlagers durch übermäßiges Anziehen der Befestigungsschrauben

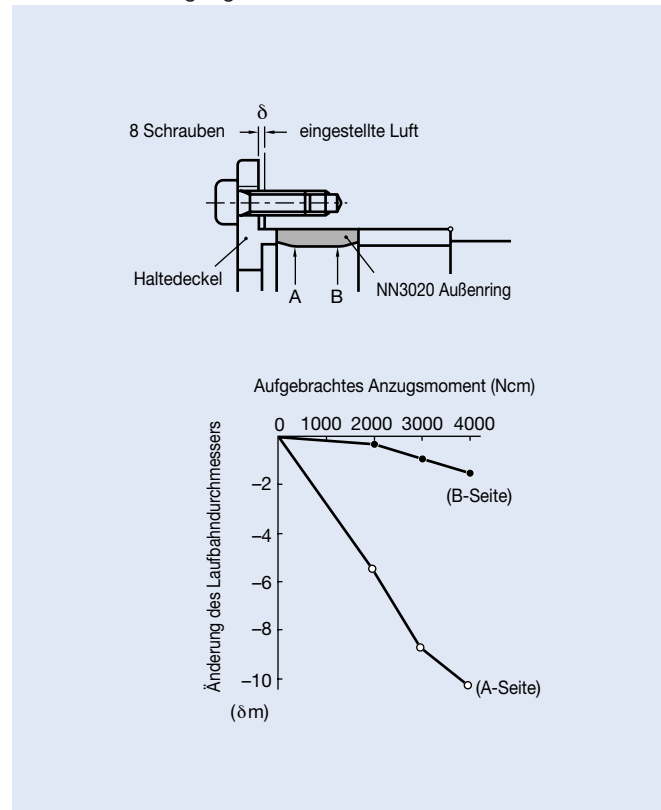




Tabelle 1.1: Empfohlene Vorspannkraft und Anzugsmoment der Wellenmutter und Spalt zwischen Halte­deckel und Gehäuse

| Bohrungsdurchmesser<br>(mm) | Klemmkraft der<br>Wellenmutter (N) | Anzugsmoments<br>der Wellenmutter (Nm) | Spalt zwischen<br>Halte­deckel und Gehäuse (mm) |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 6                           | 1 500                              | 2                                      | 0,01<br>bis 0,03                                |
| 8                           |                                    | 2                                      |                                                 |
| 10                          |                                    | 3                                      |                                                 |
| 12                          | 3 000                              | 7                                      |                                                 |
| 15                          |                                    | 8                                      |                                                 |
| 17                          |                                    | 9                                      |                                                 |
| 20                          | 4 900                              | 17                                     |                                                 |
| 25                          |                                    | 21                                     |                                                 |
| 30                          |                                    | 25                                     |                                                 |
| 35                          | 9 800                              | 57                                     |                                                 |
| 40                          |                                    | 64                                     |                                                 |
| 45                          |                                    | 72                                     |                                                 |
| 50                          |                                    | 80                                     |                                                 |
| 55                          | 14 700                             | 132                                    |                                                 |
| 60                          |                                    | 142                                    |                                                 |
| 65                          |                                    | 153                                    |                                                 |
| 70                          |                                    | 166                                    |                                                 |
| 75                          |                                    | 176                                    |                                                 |
| 80                          | 19 600                             | 251                                    | 0,03<br>bis 0,05                                |
| 85                          |                                    | 267                                    |                                                 |
| 90                          |                                    | 281                                    |                                                 |
| 95                          |                                    | 296                                    |                                                 |
| 100                         |                                    | 311                                    |                                                 |
| 105                         |                                    | 327                                    |                                                 |
| 110                         |                                    | 343                                    |                                                 |
| 120                         | 29 400                             | 371                                    |                                                 |
| 130                         |                                    | 403                                    |                                                 |
| 140                         |                                    | 649                                    |                                                 |
| 150                         |                                    | 695                                    |                                                 |
| 160                         |                                    | 745                                    |                                                 |
| 170                         |                                    | 796                                    |                                                 |
| 180                         |                                    | 841                                    |                                                 |
| 190                         | 39 200                             | 886                                    |                                                 |
| 200                         |                                    | 932                                    |                                                 |
| 220                         |                                    | –                                      |                                                 |
| 240                         |                                    | –                                      |                                                 |
| 260                         |                                    | –                                      |                                                 |
| 280                         |                                    | –                                      |                                                 |
| 300                         |                                    | –                                      |                                                 |

Wenn bei hohen Drehzahlen auf der Welle ein strafferer Festsitz gewählt werden muss, sollte die Wellenmutter mit einem höheren Anzugsmoment angezogen werden.

Die Klemmkraft für Axial-Schräglager bei der Lagerung von Kugellagergetrieben sollte 2,5- bis 3-mal der Lagervorspannung betragen.

#### ■ Berechnung des Mutteranzugsmoments

$$T = 0,5F \{ d_p \cdot \tan(p^* + \beta) + d_w \cdot \mu_w \} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}]$$

Die Werte für das Mutteranzugsmoment in der Tabelle sind für einen Reibungskoeffizienten von 0,15 berechnet.

$T$  : Anzugsmoment der Wellenmutter [N·mm]  
 $F$  : Klemmkraft der Wellenmutter [N]  
 $d_p$  : Flankendurchmesser des Gewindes [mm]  
 $p^*$  : Reibungswinkel des Gewindes  
 $p^* = \tan^{-1} \mu_s$   
 $\beta$  : Steigungswinkel des Gewindes  
 $\mu_s$  : Reibungskoeffizient des Gewindes  
 $d_w$  : wirksamer Reibungsdurchmesser der Auflage der Wellenmutter [mm]  
 $\mu_w$  : Reibungskoeffizient der Auflagefläche

#### ■ Berechnung der Lageraufpresskraft

$$K = \mu \cdot P_m \cdot \pi \cdot d \cdot B \quad [\text{N}]$$

$$P_m = \frac{E}{2} \frac{\Delta d}{d} \frac{(1 - k^2)(1 - k_o^2)}{1 - k^2 k_o^2}$$

$K$  : Aufpresskraft [N]  
 $\mu$  : Reibungskoeffizient am Lagersitz  
 $[\mu = 0,12]$   
 $P_m$  : Flächenpressung [MPa]  
 $d$  : Wellendurchmesser [mm]  
 $B$  : Breite des Lagers [mm]  
 $\Delta_d$  : Wirksames Übermaß [mm]  
 $E$  : Elastizitätsmodul von Stahl [MPa]  
 $k$  : Wanddickenverhältnis ( $k = d/D_i$ )  
 $D_i$  : Laufbahndurchmesser des Innenrings [mm]  
 $k_o$  : Wanddickenverhältnis der Hohlwelle ( $k_o = d_o/d$ )  
 $d_o$  : Bohrungsdurchmesser der Hohlwelle [mm]

# 1. LAGERMONTAGE

## 3.4 Einbau von Zylinderrollenlagern

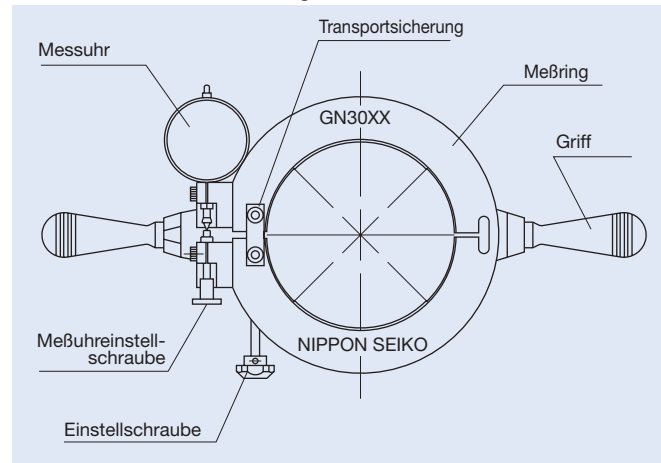
### (1) Messung der Radialluft in Zylinderrollenlagern

Ein GN-Hüllkreismessgerät dient zur Einstellung von Zylinderrollenlagern mit kegeliger Bohrung auf dem kegeligen Wellensitz einer Werkzeugmaschinenspindel.

Nach dem Einbau kann mit dem GN-Hüllkreismessgerät die Radialluft des Lagers genau bestimmt werden. Dies ist besonders zu empfehlen, wenn Zylinderrollenlager mit radialer Vorspannung betrieben werden sollen.

Abb. 1.9 zeigt die Bestandteile des GN-Messgeräts.

Abb. 1.9: GN-Hüllkreismessgerät



### Verwendung eines GN-Hüllkreismessgeräts

#### (1) Außenring ins Gehäuse montieren

Die empfohlene Passung zwischen Außenring und Gehäuse ist  $2\text{ }\mu\text{m}$  Lagerluft bis  $2\text{ }\mu\text{m}$  Übermaß.

#### (2) Einstellung des Nullwerts am Innenmessgerät

Überprüfen, ob Außenring (im Gehäuse), Innenring und Welle dieselbe Temperatur haben. Dann den Bohrungsdurchmesser des Außenrings an vier Stellen messen und den Durchschnittswert ermitteln. Messuhr auf Null einstellen (Abb. 1.10).

#### (3) Laufbahndurchmesser des Außenrings auf das GN-Hüllkreismessgerät übertragen

Transportsicherung am GN-Hüllkreismessgerät lösen. Das Innenmessgerät in der Hüllkreismessfläche des GN-Hüllkreismessgeräts einsetzen und mit der Einstellschraube die Messuhr des Innenmessgeräts auf Null abgleichen. Messungenauigkeiten durch das Eigengewicht des Messgeräts können vermieden werden, wenn es beim Messen aufrecht steht.

#### (4) Korrekturwert des GN-Hüllkreismessgeräts einstellen

Mit den Ergebnissen aus Schritt 3) den Zeiger der Messuhr des GN-Hüllkreismessgeräts mithilfe der Zeigereinstellung auf die rote Markierung für den Korrekturwert einstellen. Der kleine Zeiger der Messuhr muss dabei ungefähr auf den Wert 2 weisen. Der Korrekturwert gleicht die elastische Verformung der Rolle durch die Messlast des Geräts aus. Dieser Korrekturwert wird von NSK für jedes einzelne Messgerät bestimmt.

Abb. 1.10: Einstellung des Nullwerts am Innenmessgerät

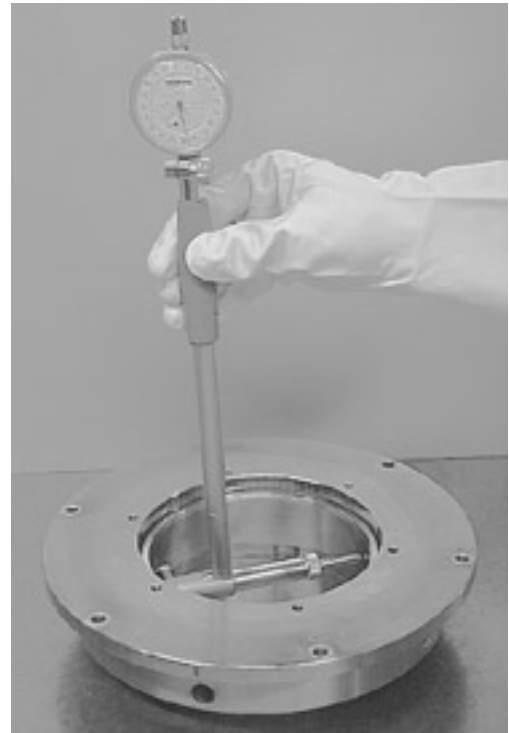


Abb. 1.11: Laufbahndurchmesser des Außenrings auf das GN-Hüllkreismessgerät übertragen



### (5) Einbau des Innenrings

Innenring auf die Welle schieben, Wellenmutter leicht anziehen. Das Lager sollte gereinigt, aber noch nicht mit Fett befüllt sein.

### (6) Einstellung des GN-Hüllkreismessgeräts

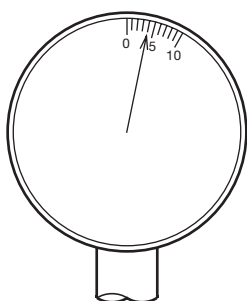
Mit der Einstellschraube das GN-Hüllkreismessgerät (0,2 bis 0,3 mm auf der Messuhr) aufweiten. Das GN-Hüllkreismessgerät mittig auf den Rollen des Innenrings aufsetzen und die Einstellschraube zurückdrehen.

### (7) Ablesen der Anzeige

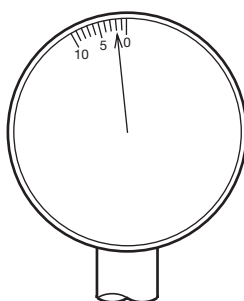
Nun die Messwertanzeige an der Messuhr ablesen.

Beispiel 1: Der halbe Anzeigenwert im Uhrzeigersinn von der Nullstellung bedeutet Lagerluft.

Beispiel 2: Der halbe Anzeigenwert gegen den Uhrzeigersinn von der Nullstellung bedeutet Vorspannung.



Beispiel 1: Die Anzeige „4“ im Uhrzeigersinn steht für eine Radialluft von +0,002 mm.



Beispiel 2: Die Zeigerbewegung auf „2“ gegen den Uhrzeigersinn bedeutet eine Vorspannung von -0,001 mm.

### (8) Einstellung der Lagerluft

Nach Schritt 6) das GN-Hüllkreismessgerät erneut mithilfe der Einstellschraube aufweiten. Das GN-Hüllkreismessgerät vom Innenring abnehmen und die Wellenmutter schrittweise anziehen. Schritte 6) bis 8) so lange wiederholen, bis die Messuhr die gewünschte Lagerluft anzeigt.

### (9) Einstellung des Zwischenrings

Mit einem Parallelendmaß die Luft zwischen Wellenschulter und Stirnfläche des Lagers NN30XXKR auf der großen Durchmesserseite messen. Dazu den Abstand an mindestens drei verschiedenen Stellen über den Umfang bestimmen, den Mittelwert errechnen und den Zwischenring auf diese Breite schleifen.

Abb. 1.12: Aufschieben des Innenrings



Abb. 1.13: Einstellen des GN-Hüllkreismessgeräts

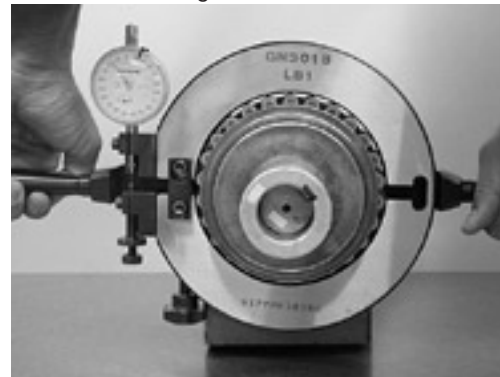


Abb. 1.14: Ablesen der Anzeige



Abb. 1.15: Messen der erforderlichen Zwischenringbreite



# 1. LAGERMONTAGE

## (2) Messung der Radialluft eines Zylinderrollenlagers (ohne GN-Hüllkreismessgerät)

Ohne GN-Hüllkreismessgerät muss bei der Bestimmung der Breite des Zwischenrings folgendes beachtet werden:

- Abnahme des Außenring-Laufbahndurchmessers ( $\Delta r_e$ ) durch den Einbau ins Gehäuse
- Aufweitung des Innenring-Laufbahndurchmessers ( $\Delta r_i$ ) durch die Montage des Innenrings auf der Welle, unter Berücksichtigung des Hohlwellenverhältnisses ( $k_o$  = Bohrungsdurchmesser der Welle/Wellenaußendurchmesser in %).

### ■ Einstellung der Radialluft $\Delta r$

Das Maß für die erforderliche Breite ( $L_a$ ) des Zwischenrings, der zur Einstellung der Radialluft ( $\Delta r$ ) nach der Montage dient, errechnet sich wie folgt:

$$L_a = L - (K (\Delta r_m - \Delta r + \Delta r_e))$$

Tabelle 1.2: Hohlwellenverhältnis  $k_o$  und Koeffizient K

| Hohlwellenverhältnis $k_o$ | Koeffizient K |
|----------------------------|---------------|
| 45 – 55 %                  | 14            |
| 55 – 65 %                  | 15            |
| 65 – 75 %                  | 16            |

### ■ Berechnung von $\Delta r_e$

$$\Delta r_e = (D_h - D) \times h$$

wenn  $\Delta r_e \geq 0$  dann  $\Delta r_e = 0$

$L_a$  : Maß der erforderlichen Breite des Zwischenrings zur Einstellung der Radialluft nach dem Einbau

L : Breite des Parallelendmaßes (Messergebnis aus Schritt 5) auf Seite 205)

$\Delta r_m$  : Radialverschiebung des Außenrings (Messergebnis aus Schritt 4) auf Seite 205)

$\Delta r$  : Radialluft nach dem Einbau

$\Delta r_e$  : Abnahme des Außenring-Laufbahndurchmessers durch den Einbau

K : Koeffizient (Umrechnungswert unter Berücksichtigung einer Hohlwelle mit kegeliger Bohrung 1:12)

$k_o$  :  $A/B \times 100$

A: Innendurchmesser der Hohlwelle

B: Außendurchmesser der Welle

$D_h$  : Bohrungsdurchmesser des Gehäuses

D : Außendurchmesser des Außenrings (siehe Lagerprüfkarte)

h : Reduktionsfaktor Außenring-Laufbahndurchmesser  
(0,62 bei Reihe NN30 und N10)  
(0,70 bei Reihe NN39 und NN49)

### Messung der Radialluft $\Delta r_m$

- (1) Innenring auf den Kegelsitz der Welle aufchieben. Vorher den Kegelsitz und die Bohrungsfläche des Innenrings mit einem organischem Lösungsmittel entfetten.
- (2) Außenring über den Rollensatz aufchieben, Messuhr am Außenringmantel aufsetzen.
- (3) Den Innenring aufweiten durch Anziehen der Wellenmutter oder leichtes Klopfen mit einem speziellen Montagering wie in Abb. 1.16 dargestellt.
- (4) Außenring nach oben und unten bewegen und mit der Messuhr den Verschiebeweg in radialer Richtung messen (\*1). Schritte 3) und 4) wiederholen, bis die Luft des Außenrings ( $\Delta r_m$ ) ca. 0,005 mm beträgt (\*2) (Abb. 1.17).
- (5) Wenn  $\Delta r_m$  auf ca. 0,005 mm eingestellt ist, den Abstand von der Wellenschulter zur Stirnfläche des Innenrings mit Parallelendmaß messen (Maß L) (\*3) (Abb. 1.18).

#### Anmerkungen

- (\*1) Wenn bei der Messung zu lange Körperkontakt besteht, steigt die Temperatur des Außenrings. Damit ist keine fehlerfreie Messung mehr möglich. Führen Sie die Messung schnell durch und tragen Sie dazu am besten Schutzhandschuhe.
- (\*2) Wird ein übermäßig großes Spiel gemessen, wurde der Außenring möglicherweise, von Hand, elliptisch verformt. Dann ist keine fehlerfreie Messung mehr möglich. Die angestrebte Luft beträgt 0,005 mm, aber Werte von 0,001 bis 0,002 mm sind ebenfalls möglich.
- (\*3) Bei der Messung des Maßes "L" erhält man den Messwert durch Einfügen des Parallelendmaßes, wie in Abb. 1.18 dargestellt. Wegen der Schiefstellung zwischen Wellenschulter und Innenring-Stirnfläche ist das Einfügen des Endmaßes nur in der linken Hälfte möglich.

Abb. 1.16: Aufsetzen des Außenrings

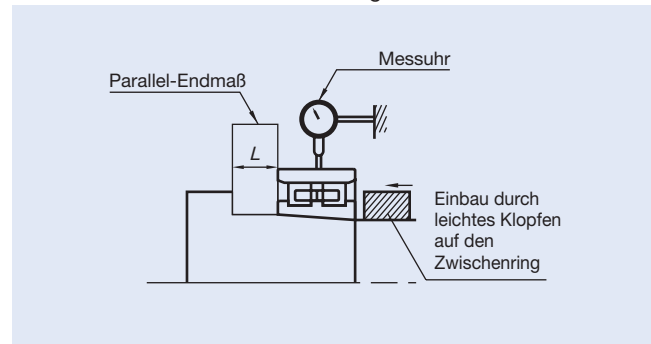


Abb. 1.17: Messen der Radialverschiebung des Außenrings

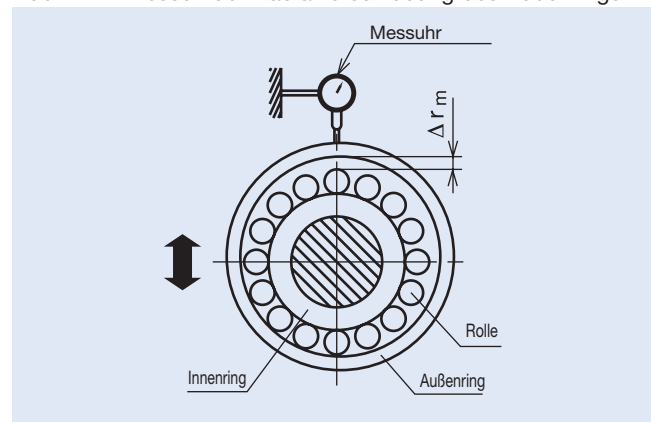
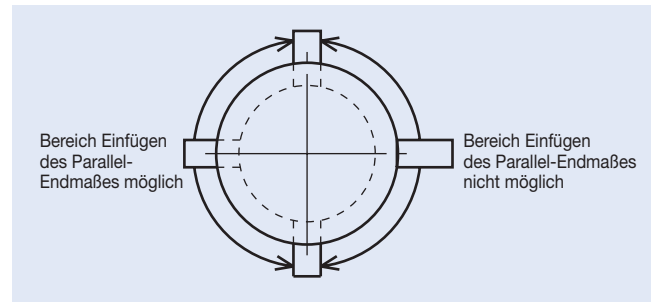


Abb. 1.18: Messen des Breitenmaßes mit dem Parallelendmaß



#### (Rechenbeispiel)

Einstellen der Radialluft auf  $\Delta r = -0,002$  mm bei NN3020MBKR nach der Montage

Abnahme des Außenring-Laufbahndurchmessers durch den Festsitz:  $\Delta r_e = -0,004$  (Übermaß) (wenn  $\Delta r_e \geq 0$  dann  $\Delta r_e = 0$ )

Verschiebung des Außenrings (Messwert aus Schritt 4)  $\Delta r_m = 0,007$  mm

Breite des Parallelendmaßes (Messwert aus Schritt 5)  $L = 20,55$  mm

Maß der erforderlichen Breite des Zwischenrings

$$\begin{aligned}
 L_a &= 20,55 - (15 \times (0,007 - (-0,002) + (-0,004))) \\
 &= 20,55 - 0,075 \\
 &= 20,475
 \end{aligned}$$

Vorzeichen beachten!

## 3.5. Fettbefüllung

### Befüllen der Lager mit Fett nach dem Reinigen

Beim Einlaufen der Lager kann es innerhalb der Lager zu einer starken Temperaturerhöhung kommen, wenn das Fett nicht ordnungsgemäß eingebracht wurde. Übermäßig lange Einlaufzeiten oder sogar ein Ausfall durch Blockieren des Lagers können die Folge sein. Die nachfolgenden NSK Empfehlungen zum korrekten Befetten der Lager und zur richtigen Fettmenge sind daher unbedingt zu beachten.

#### (1) Überprüfung des Lagers

Zunächst ist zu prüfen, dass sich keine Verunreinigungen oder Fremdstoffe im Lagerinneren befinden. Lager für Hochgeschwindigkeitsanwendungen sind zu entölen, zu reinigen und danach mit Fett zu befüllen. Bei Lagern für andere Anwendungen sollte das Konservierungsmittel im Lagerinneren entfernt werden.

#### (2) Fettgeber

Mit einem Fettgeber, z.B. einer Kunststoffspritze, lässt sich die Schmierstelle im Lager am besten befetten. Es empfiehlt sich, einen Fettgeber mit Dosiermöglichkeit zu verwenden, damit die richtige Fettmenge eingebracht werden kann.

#### (3) Fettmenge

Empfohlene Fettmengen für Hochgenauigkeitslager:

Schrägbügelager für schnellaufende

Werkzeugmaschinen­spindeln: 15 %  $\pm$  2 % des gesamten Lagerfreiraums

Zylinderrollenlager für schnellaufende

Werkzeugmaschinen­spindeln: 10 %  $\pm$  2 % des gesamten Lagerfreiraums

Kugellager für Elektromotoren: 20 bis 30 % des gesamten Lagerfreiraums

Die empfohlenen Fettmengen für verschiedene Lagerbauarten sind auf Seite 175 zusammengestellt.

#### ■ Befüllen von Kugellagern mit Fett

- (1) Das Fett gleichmäßig zwischen die Ringe einbringen. Bei einem außenringgeführten Käfig (z.B. Hartgewebekäfig) die Führungsfläche leicht einfetten.
- (2) Das Lager per Hand durchdrehen, um das Fett gleichmäßig auf die Laufbahnen, Kugeln und den Käfig zu verteilen.

#### ■ Befüllen von Zylinderrollenlagern mit Fett

- (1) Ungefähr 80 % der Fettmenge gleichmäßig auf die Rollenlaufbahn auftragen. Keinesfalls die Käfigbohrung zu stark befetten, weil sich dieses Fett beim Einlaufen nur schwer im Lager verteilt. Ein starker Temperaturanstieg im Lager oder verlängerter Einlaufvorgang können die Folge sein.
- (2) Die Rollen-Mantelflächen und -Stirnflächen und die Käfigtaschen (Kontaktflächen von Rolle und Käfig) leicht einfetten.
- (3) Die verbleibenden 20 % der Fettmenge als dünnen Schmierfilm auf die Außenringlaufbahn auftragen.

Abb. 1.19: befettetes Schrägbügelager



Abb. 1.20: befettetes Zylinderrollenlager



## 4. Überprüfen der Lager nach dem Einbau

### 4.1. Rundlaufgenauigkeit

Nur bei sachgemäßem Einbau der Lager und genauer Fertigung der Anschlusssteile kann die geforderte Genauigkeit der Anwendung gewährleistet werden.

1. Planlaufabweichungen der Außenring-Stirnfläche zur Laufbahn am montierten Schrägkugellagersatz.  
Durch leichtes Klopfen auf die Außenring-Stirnfläche auf 0,002 mm oder weniger einstellen.
2. Neigung der Welle durch den montierten Schrägkugellagersatz.  
Durch Verkippen der Wellenmutter auf weniger als 0,005 mm einstellen (siehe Abb. 1.21).
3. Konzentrität des Lagergehäuses am hinteren Spindelende: 0,010 mm oder besser

Wenn diese geforderten Genauigkeiten nicht erreicht werden können, sind die Lager wieder zu demontieren und die Genauigkeit der Komponenten ist zu überprüfen.

Abb. 1.21: Verkippen der Wellenmutter

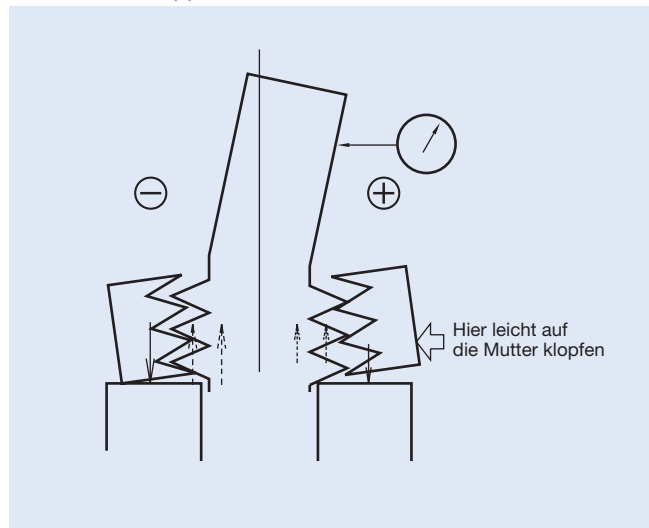
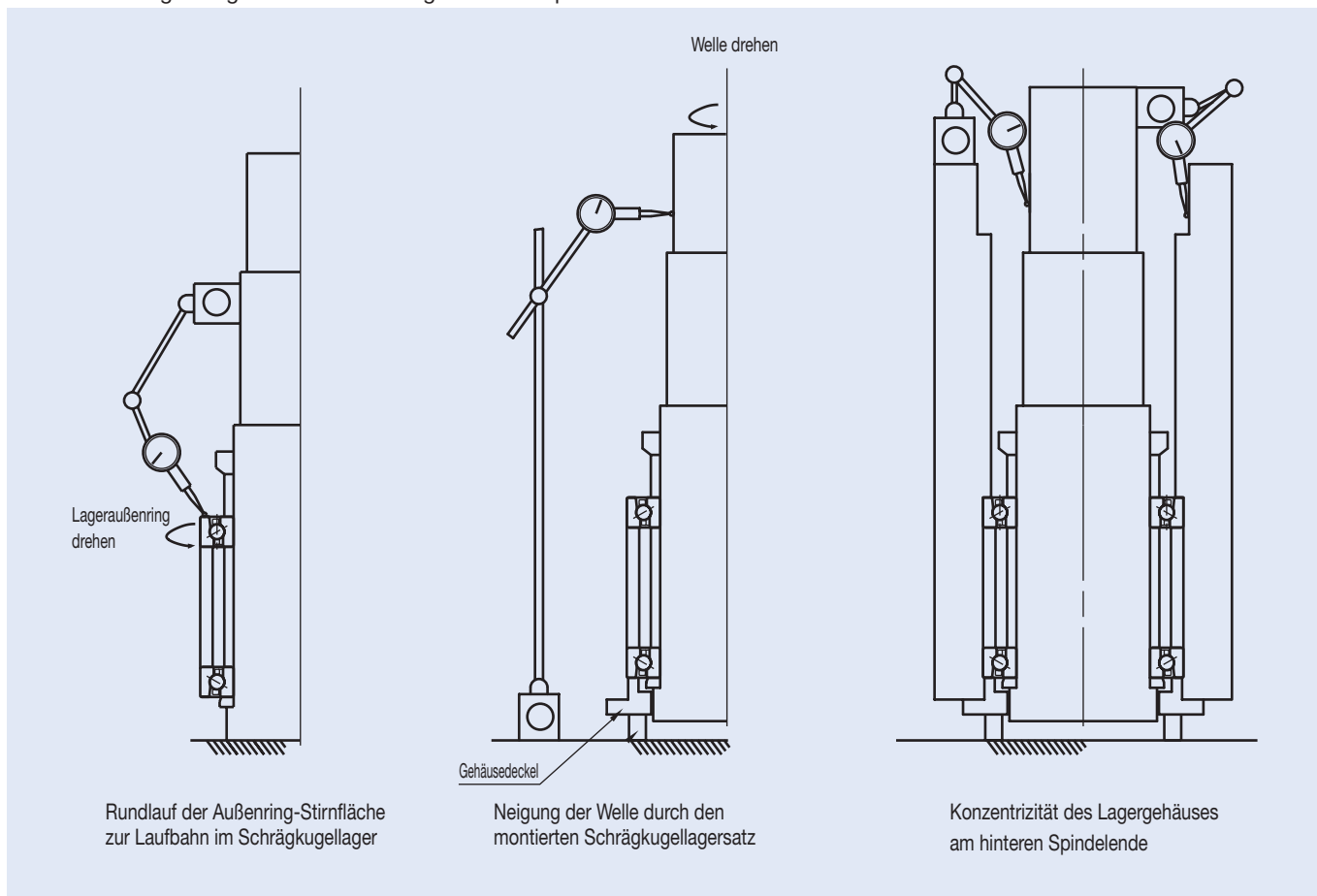


Abb. 1.22: Laufgenauigkeit einer Werkzeugmaschinenspindel





# 1. LAGERMONTAGE

## 4.2. Überprüfung der Vorspannung nach der Lagermontage

Ein Lager mit höherer Vorspannung weist zwar eine höhere Steifigkeit auf, aber es entsteht auch mehr Wärme, im Extremfall kann das Lager sogar ausfallen. Die Vorspannung muss daher optimal auf die jeweiligen Betriebsbedingungen abgestimmt sein und nach dem Einbau überprüft werden. Nachfolgend werden die verschiedenen Verfahren vorgestellt, die Vorspannung in Schrägkugellagern zu messen. Die Vorspannung im Zylinderrollenlager wird am besten während des Einbaus mit einem GN-Hüllkreismessgerät eingestellt (Seite 202).

### Messung der Vorspannung im Schrägkugellager

Die Vorspannung in einem eingebauten Lager kann man mit drei verschiedenen Methoden messen: anhand des Anlaufreibmoments, der axialen statischen Steifigkeit und der Eigenfrequenz.

Diese drei Methoden sind in Tabelle 1.3 zusammengestellt.

Tabelle 1.3

|          | Anlaufreibmoment-Verfahren                                                                     | Axiale statische Steifigkeits-Verfahren                                                                                  | Eigenfrequenz-Verfahren                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Vorteil  | Für hohe Vorspannungen bei hohem Anlaufreibmoment hohe Messgenauigkeit.                        | Für leichte Vorspannung.                                                                                                 | Hohe Messgenauigkeit, gute Wiederholgenauigkeit. |
| Nachteil | Nicht geeignet bei leichter Vorspannung. Bei geringem Anlaufreibmoment große Messabweichungen. | Nicht geeignet bei hoher Vorspannung. Belastungsvorrichtung ist recht voluminös. Häufig Verformungen der Anschlussteile. | Einfluss der Spindel muss berücksichtigt werden. |

### (1) Anlaufreibmoment-Verfahren

#### [Eigenschaften]

Hochgeschwindigkeits-Spindellager werden häufig mit leichter Vorspannung betrieben. Daher ist das Anlaufreibmoment gering und es können große Messabweichungen auftreten.

#### [Verfahren]

Das Anlaufreibmoment wird durch Messung der Tangentialkraft am Spindelende ermittelt (siehe Abb. 1.23).

Die Vorspannung im eingebauten Zustand steht in einem bestimmten Verhältnis zum gemessenen Anlaufreibmoment (siehe Abb. 1.24).

Wenn der Schmierfilm im Wälzkontakt während der Messung nicht stabil ist, tritt kurzzeitiges Stocken einzelner Wälzkörper auf. Das Lager dreht sich erst, wenn die Kraft einen bestimmten Betrag übersteigt. In solchen Fällen wird ein höheres Anlaufreibmoment als erwartet gemessen. Solche überhöhten Messwerte sollten zur Beurteilung nicht herangezogen werden.

Abb. 1.23: Anlaufreibmoment-Verfahren

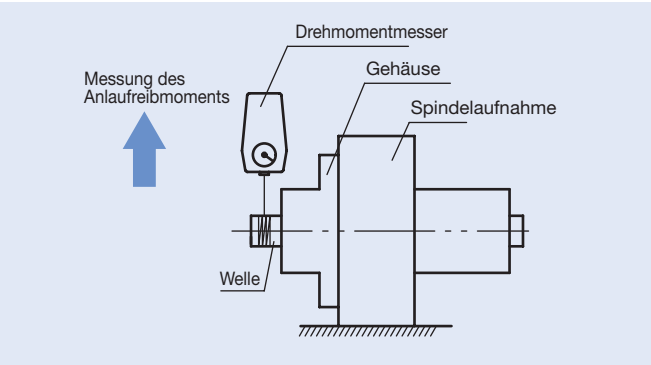
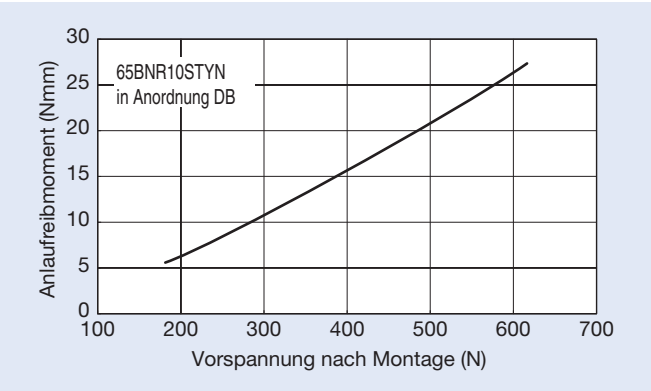


Abb. 1.24: Verhältnis von Anlaufreibmoment und Vorspannung



## (2) Axiale statische Steifigkeits-Verfahren

### [Eigenschaften]

In einem Lager mit hoher axialer Steifigkeit wird die erforderliche Messkraft sehr hoch und eine besondere Belastungsvorrichtung ist erforderlich. Beispiel: Bei einer axialen Steifigkeit von 200 N/μm muss eine Kraft von 2000 N aufgebracht werden, um eine Einfederung von 10 μm zu erzeugen. Bei einer hohen Messlast entsteht nicht nur eine elastische Verformung im Lager, sondern auch die Verformung der Anschlussteile macht sich bemerkbar. Die gemessene Steifigkeit ist tendenziell geringer, als theoretisch zu erwarten wäre. Bei diesem Verfahren entstehen häufig Messfehler.

### [Verfahren]

Eine Axialkraft wird auf die Welle aufgebracht und die axiale Einfederung zur Bestimmung der Vorspannung gemessen. Siehe Abb. 1.25 und 1.26.

## (3) Eigenfrequenz

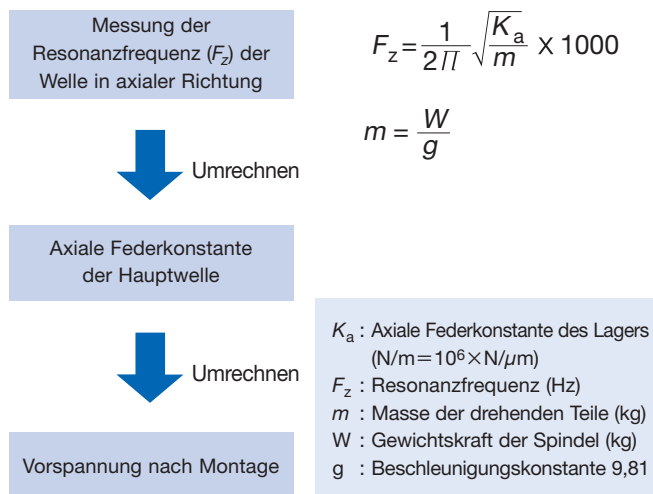
### [Eigenschaften]

Hat von allen drei Verfahren die höchste Messempfindlichkeit und gute Wiederholgenauigkeit, wird aber auch von dem Zustand der Spindel beeinflusst.

### [Verfahren]

Die Welle wird in axialer Richtung in Schwingungen versetzt und die Resonanzfrequenz der Welle gemessen.

Die Vorspannung ergibt sich aus der Formel der Resonanzfrequenz. Siehe Abb. 1.27 und 1.28.



Die technischen Daten für die drei Verfahren teilt NSK gern mit.

Abb. 1.25: Axiale statische Steifigkeit

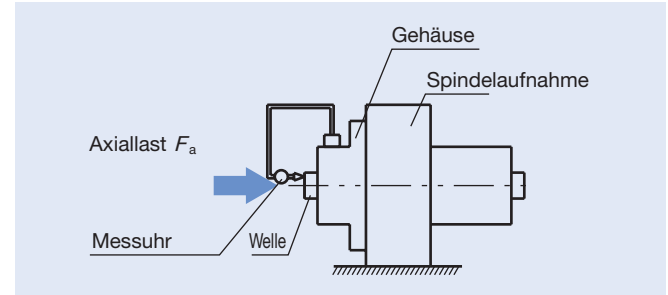


Abb. 1.26: Verhältnis von axialer Einfederung und Vorspannung

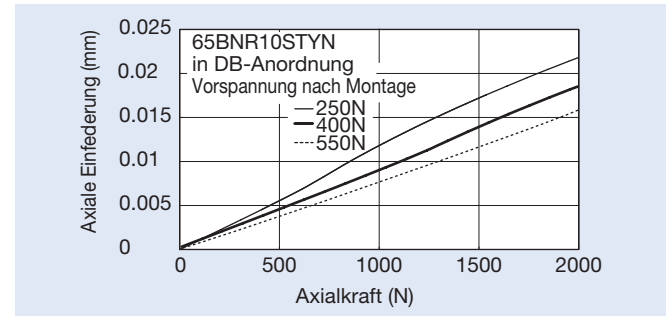


Abb. 1.27: Eigenfrequenz-Verfahren

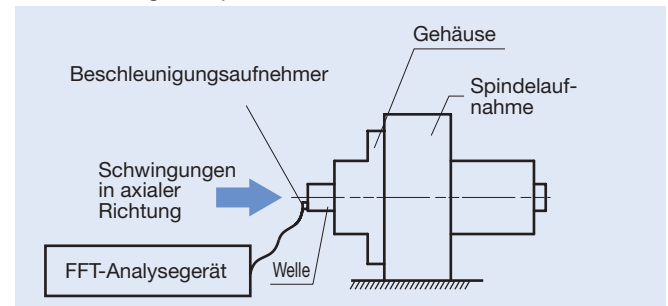
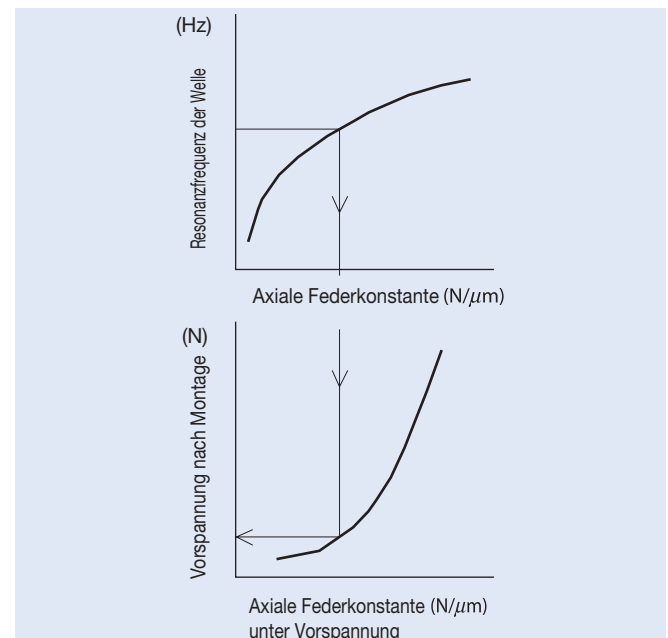


Abb. 1.28: Verhältnis von Eigenfrequenz der Hauptwelle und Federkonstante



## 2. INSPEKTION IM BETRIEB

### Inspektion im Betrieb

Nach dem Einbau sollte die einwandfreie Funktion jedes Lagers in einem Testlauf überprüft werden. Bei kleineren Lagern reicht es aus, diese per Hand durchzudrehen und festzustellen, ob sie glatt ablaufen. Es sollte geprüft werden, ob der Ablauf durch Fremdstoffe im Lager gestört ist oder andere sichtbare Fehler erkennbar sind. Es sollte weiter geprüft werden, ob ein ungleichmäßiges Reibmoment durch magelhafte Lagermontage oder durch nicht ausreichende Qualität der Lagersitzflächen vorliegt.

Ist ein übermäßig hohes Reibmoment feststellbar, kann dies auf eine falsche Lagerluft oder einen unsachgemäßen Einbau der Dichtung hindeuten.

Wenn keine abweichenden Werte vorliegen, kann ein Prüflauf gestartet werden. Bei Anwendungen mit hohen Drehzahlen muss ein Einlaufvorgang vor dem Prüflauf stattfinden (Seiten 212 und 213). Der Prüflauf sollte mit einer niedrigen Drehzahl ohne Belastung beginnen. Dabei ist die Lagerung genau auf mögliche Fehler zu überwachen. Die Lager laufen zufriedenstellend, wenn sich Drehzahl, Last etc. allmählich bis zu normalen Betriebsbedingungen steigern.

Während des Prüflaufs sind Geräuscentwicklung, Anstieg der Lagertemperatur, Schmierstoffaustritt und Verunreinigung der Schmierstoffe usw. zu überwachen. Bei Unregelmäßigkeiten den Prüflauf sofort abbrechen und die

Lager untersuchen. Gegebenenfalls müssen die Lager zur Untersuchung auch ausgebaut und demontiert werden. Auch wenn die Temperatur außen am Gehäuse gemessen grundsätzlich ein Hinweis auf die Lagertemperatur ist, so ist es besser, direkt die Außenringtemperatur z.B. durch die Ölzuführbohrungen zu messen. Die Lagertemperatur sollte stetig steigen und innerhalb von ein bis zwei Stunden die Beharrungstemperatur erreichen. Wenn das Lager unsachgemäß eingebaut wurde oder im Lager selbst Probleme auftreten, dann steigt die Lagertemperatur progressiv auf einen hohen Wert. Dies geht möglicherweise auf eine übergroße Schmierstoffmenge im Lager, unsachgemäßen Einbau oder übermäßige Reibung der Dichtungen zurück. Bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen kann auch die Auswahl einer ungeeigneten Lagerbauart oder des falschen Schmierverfahrens die Ursache für die zu hohe Temperatur sein.

Das Laufgeräusch des Lagers kann mit einem Geräuschprüfer oder mit anderen Geräten überwacht werden. Ein metallisches oder ein anderes unerwartetes Laufgeräusch zeigt Abweichungen in den Betriebsbedingungen an. Mögliche Ursachen sind mangelnde oder falsche Schmierung, mangelnde Fluchtung von Welle und Gehäuse oder das Eindringen von Fremdstoffen in das Lager. Die möglichen Ursachen und Abhilfemaßnahmen sind in Tabelle 3.1 aufgeführt.

Tabelle 2.1: Ursachen von Betriebsstörungen und Abhilfemaßnahmen

| Auffälligkeit                              |                                          | Mögliche Ursache                                                                              | Abhilfe                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geräusch                                   | lautes<br>metallisches<br>Geräusch (!)   | übermäßige Belastung                                                                          | Überprüfen ggf. Optimieren von Passung, Lagerluft, Vorspannung, Position der Gehäuseschulter                                                      |
|                                            |                                          | Einbaufehler                                                                                  | bessere Bearbeitungsgenauigkeit und Ausrichtung von Welle und Gehäuse, sorgfältigerer Einbau                                                      |
|                                            |                                          | unzureichende Menge oder falscher Schmierstoff                                                | Schmierstoff nachfüllen oder anderen Schmierstoff verwenden                                                                                       |
|                                            |                                          | Berührung mit umlaufenden Teilen                                                              | Labyrinthdichtung usw. austauschen                                                                                                                |
|                                            | lautes<br>gleichförmiges<br>Geräusch     | Eindrücke von überrollten Fremdteilchen, Korrosion, Risse oder Kratzer auf der Laufbahn       | Lager austauschen oder reinigen, bessere Dichtungen einsetzen, sauberen Schmierstoff verwenden                                                    |
|                                            |                                          | Stillstandsmarkierungen                                                                       | Lager austauschen; größere Vorsicht bei Handhabung und Einbau der Lager                                                                           |
|                                            |                                          | Ausbrüche bzw. Pittings auf der Laufbahn                                                      | Lager austauschen                                                                                                                                 |
|                                            | unregelmäßig<br>auftretendes<br>Geräusch | zu große Lagerluft                                                                            | Passung, Luft und Vorspannung überprüfen                                                                                                          |
|                                            |                                          | Eindringen von Fremdteilchen                                                                  | Lager austauschen oder reinigen, bessere Dichtungen einsetzen, sauberen Schmierstoff verwenden                                                    |
|                                            |                                          | Risse oder Ausbrüche auf den Wälzkörpern                                                      | Lager austauschen                                                                                                                                 |
| übermäßiger<br>Temperaturanstieg           |                                          | zu viel Schmierstoff im Lager                                                                 | weniger Schmierstoff einbringen oder Fett mit festerer Konsistenz wählen                                                                          |
|                                            |                                          | unzureichende Menge oder falscher Schmierstoff                                                | Schmierstoff nachfüllen oder besseren Schmierstoff verwenden                                                                                      |
|                                            |                                          | übermäßige Belastung                                                                          | Überprüfen ggf. Optimieren von Passung, Lagerluft, Vorspannung, Position der Gehäuseschulter                                                      |
|                                            |                                          | Einbaufehler                                                                                  | bessere Bearbeitungsgenauigkeit und Ausrichtung von Welle und Gehäuse, sorgfältigerer Einbau, besseres Einbauverfahren                            |
|                                            |                                          | Wandern auf Sitzfläche, übermäßige Dichtungsreibung                                           | Dichtungssitz verändern, Lager austauschen oder Passung und Einbau verbessern                                                                     |
| Schwingungen<br>(Radialschlag der Welle)   |                                          | Stillstandsmarkierungen                                                                       | Lager austauschen; größere Vorsicht bei Handhabung und Einbau der Lager                                                                           |
|                                            |                                          | Ausbrüche, Pittings                                                                           | Lager austauschen                                                                                                                                 |
|                                            |                                          | Einbaufehler                                                                                  | auf Rechtwinkligkeit zwischen Welle und Gehäuseschulter bzw. Zwischenring-Stirnflächen achten                                                     |
|                                            |                                          | Eindringen von Fremdteilchen                                                                  | Lager austauschen oder reinigen; bessere Dichtungen einsetzen                                                                                     |
| Austritt oder Verfärbung des Schmierstoffs |                                          | übermäßige Fettfüllung, Eindringen von Fremdteilchen oder Verunreinigung durch Abriebteilchen | weniger Schmierstoff einbringen oder Fett mit festerer Konsistenz wählen, Lager oder Schmierstoff austauschen, Gehäuse und Anschlussteile säubern |

**Anmerkung:**

1) Bei (mittleren bis großen) fettgeschmierten Kugel- oder Zylinderrollenlagern tritt manchmal ein quietschendes Geräusch auf – besonders bei niedrigen Umgebungstemperaturen im Winter. Das Geräusch hat keinen Einfluss auf Lagertemperatur und -lebensdauer oder Fettgebrauchsdauer. Ein solches Lager kann ohne Bedenken weiter betrieben werden. Im Zweifelsfall fragen Sie bitte bei NSK nach.

# 3. EINLAUFVORGANG

## Vorbereitungen

Nach dem Einbau müssen Lager, wie im Folgenden beschrieben, eingelaufen werden.

### ■ Auswuchten der Welle und der Baugruppenelemente

Jede Unwucht eines drehenden Bauteils verursacht aufgrund der auftretenden Fliehkräfte umlaufende Belastungskräfte oder übermäßige Schwingungen in der Anwendung. Dies gilt besonders für Spindeln, die mit Drehzahlkennwerten von  $n \times \text{dm}$  über 1.000.000 betrieben werden. Es ist daher wichtig, dass Lager und Welle gut ausgewuchtet sind.

### ■ Spindeleinbau

Bei Spindeleinheiten, die mit Keilriemen angetrieben werden, sollte die Abweichung von der Mitte der Spindelriemenscheibe zu der des Motors maximal 0,1 mm betragen.

Bei Kupplungsverbindungen soll die Schiefstellung der Mittelpunkte von Spindelwelle und Motorwelle weniger als 0,01 mm betragen.

## (1) Einlaufen durch Dauerlauf

[Eigenschaften]

Im Dauerlauf wird die Betriebsdrehzahl, beginnend von langsamen Drehzahlen, nur allmählich gesteigert. Dieses Verfahren ist zwar recht zeitaufwändig, hilft aber dem Bediener, mögliche Probleme an der Hauptwelle rechtzeitig zu entdecken, bevor die Lager beschädigt werden.

[Verfahren]

Die maximale Drehzahl wird über mehrere Schritte erreicht:

Schritt 1: Beginn mit einer ausreichend niedrigen Drehzahl.

Schritt 2: Den Temperaturanstieg der Lager kontinuierlich überwachen,

Schritt 3: bis die Beharrungstemperatur erreicht wird.

Schritt 4: Drehzahl um einen kleinen Betrag erhöhen.

Grundsätzlich muss der obige Zyklus so lange wiederholt werden, bis bei der maximalen Betriebsdrehzahl die Beharrungstemperatur erreicht ist. Diese Drehzahl ist durch 10 zu dividieren, um für jede der 10 Stufen des Einlaufens die erforderliche Drehzahl zu bestimmen. Dann den Zyklus ein bis zwei Stunden wiederholen, bis die gewünschte Drehzahl der ersten Stufe erreicht ist. Zur nächsten Stufe übergehen und den Zyklus so wiederholen, bis auch hier die gewünschte Drehzahl erreicht ist usw.

## Einlaufvorgang

Wenn Lager nach der Montage sofort bei hohen Drehzahlen betrieben werden, ist ein schnelles Ansteigen der Lagertemperatur zu erwarten, was zu einem Lagerausfall führen kann. Besonders fettgeschmierte Lager benötigen einen entsprechenden Einlaufvorgang.

Die Drehzahl darf nur langsam gesteigert werden, damit sich das bei der Montage eingebrachte Fett gleichmäßig auf den Funktionsflächen verteilt. Der Einlauf sollte bei normalen Umgebungstemperaturen (15 bis 25 °C) durchgeführt werden, wobei die Lager- und Gehäusetemperatur zu überwachen ist.

Eine maximale Betriebstemperatur von ca. 50 °C, außen am Spindelgehäuse gemessen, sollte nicht überschritten werden. Keinesfalls sollten jedoch Temperaturen größer als 55 °C überschritten werden. Im Fall eines schnellen Temperaturanstiegs ist das Einlaufen ganz abzubrechen oder die Drehzahl muss so weit verringert werden, bis die Temperatur wieder sinkt. In manchen Spindellagerungen sind Zylinderrollenlager und Schrägkugellager zusammen eingebaut. Da in einem Zylinderrollenlager die Temperatur normalerweise schneller ansteigt als in einem Kugellager, muss die Drehzahlerhöhung beim Einlaufen an der jeweiligen Temperatur der Rollenlager ausgerichtet werden.

Wichtig:

In Spindellagerungen mit Öl-Nebel- und Öl-Luft-Schmierung besteht beim ersten Anlauf oder nach einem längeren Betriebsstillstand die Gefahr eines schnellen Temperaturanstiegs. Überschüssiges Öl, das sich in den Ölleitungen gesammelt hat, wird auf einmal ins Lagerinnere gefördert. Dies führt zu einem sprunghaften Anstieg der Lagertemperatur. Auch hier empfiehlt sich ein Einlaufen der Lagerungen, das allerdings wesentlich kürzer als bei Fettschmierung durchgeführt werden kann.

Abb. 2.1: Anstieg der Temperatur beim Einlaufen im Dauerlaufverfahren (°C)

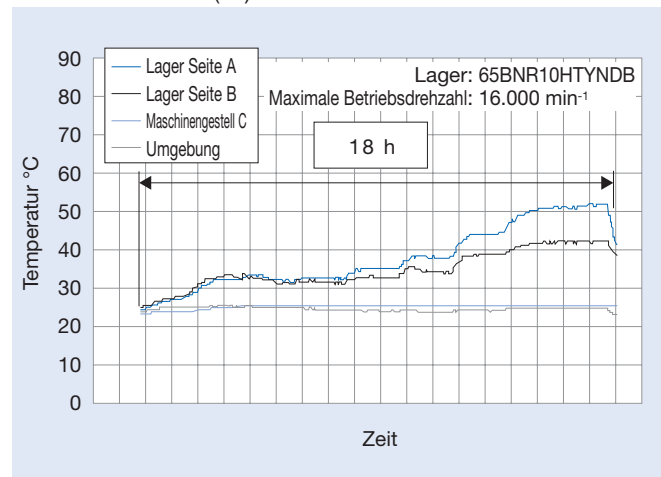
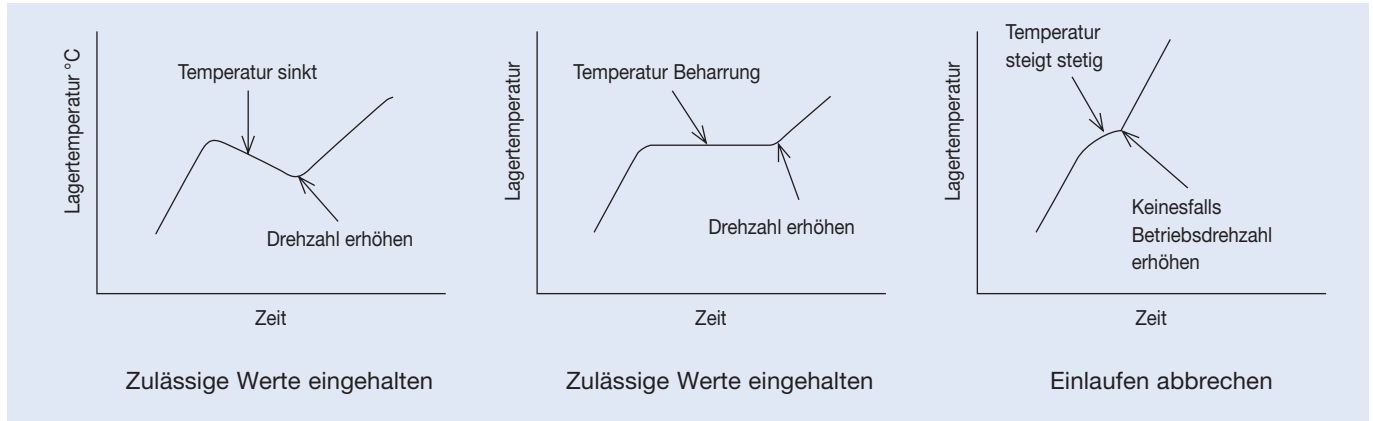


Abb. 2.2: Anstieg der Betriebstemperatur im Dauerlauf (°C)



Die Drehzahl kann erhöht werden, wenn der Temperaturanstieg innerhalb der zulässigen Werte liegt.

## (2) Einlaufen im Start-Stopp-Betrieb

[Eigenschaften]

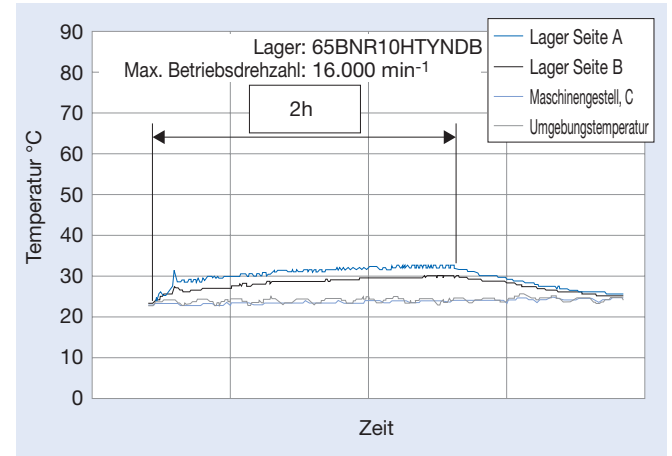
Im Start-Stopp-Betrieb wird der Lauf unterbrochen, so dass sich die Temperatur wieder stabilisiert, bevor durch die Zufuhr einer größeren Schmierstoffmenge ins Lager eine progressive Temperaturerhöhung entstehen kann. Mit diesem Einlaufverfahren ist ein schneller Einlaufvorgang möglich. Das genaue Vorgehen beim Einlaufen im Start-Stopp-Betrieb richtet sich nach der jeweiligen Lagerung und Anwendung. Folgende Methode zeigt die grundsätzliche Vorgehensweise, es ist jedoch erforderlich, den Einlaufvorgang entsprechend der vorliegenden Verhältnisse in der Spindel anzupassen.

[Verfahren]

Zunächst ist der Betrag der maximalen Betriebsdrehzahl durch 8 oder 10 zu dividieren, um die maximal erforderliche Drehzahl für die einzelnen 8 oder 10 Stufen des Einlaufens zu bestimmen. Jede Stufe wird dann wiederum in 10 Zyklen zu je einer Minute Länge unterteilt. Während jedes Zyklus wird die Spindellagerung schnell auf die erforderliche Drehzahl für die jeweilige Stufe beschleunigt, dann wieder auf Null abgebremst. Diesen Zyklus 10-mal nacheinander durchführen. Dann zur nächsten Stufe übergehen und auch hier den Zyklus mit der jeweilig erforderlichen Drehzahl 10-mal wiederholen. Abb. 2.3 zeigt den Temperaturanstieg eines Lagers mit einer maximalen Betriebsdrehzahl von  $16.000 \text{ min}^{-1}$ . Die maximale Drehzahl wurde in 8 Stufen mit je 10 Zyklen schneller Beschleunigung und Abbremsung unterteilt. In Abb. 2.4 ist ein solcher Zyklus dargestellt. Vor dem eigentlichen Einlaufen sollte die Spindel für kurze Zeit bei niedrigen Drehzahlen (mit  $500 \text{ min}^{-1}$ ) laufen. Hierbei kann der Bediener feststellen, ob vielleicht schon Probleme mit der Spindellagerung bestehen. Außerdem verteilt sich das Fett schon etwas auf den Laufflächen im Lager.

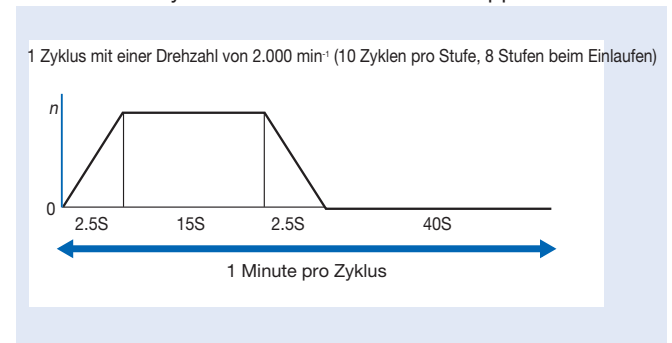
Zum Abschluss des Einlaufvorgangs sollte die Lagerung eine Stunde lang mit maximaler Drehzahl gefahren werden.

Abb. 2.3: Temperaturänderung bei Start-Stopp-Betrieb (°C)



Einlaufvorgang

Abb. 2.4: Ein Zyklus im Einlaufen im Start-Stopp-Betrieb



# DIAGNOSE VON LAGERAUSFÄLLEN





## Diagnose von Lagerausfällen

1. Lagerausfälle und Abhilfemaßnahmen ..... 216-219
2. Untersuchung mittels Geräusch- und Frequenzanalyse ..... 220-225

# 1. LAGERAUSFÄLLE UND ABHILFEMASSNAHMEN

## Instandhaltung, Wartung und Reparatur

Um die Leistungsfähigkeit eines Lager möglichst lange zu erhalten, sind regelmäßige Überprüfungen und ordnungsgemäße Instandhaltung erforderlich. So lassen sich viele Lagerprobleme von vornherein vermeiden und die Anwendungen mit größerer Zuverlässigkeit und Produktivität bei geringeren Gesamtkosten betreiben. NSK empfiehlt regelmäßige Instandhaltung der Lager nach einem festgelegten Verfahren. Zu dieser Instandhaltung gehören die Überwachung der Betriebsbedingungen, die Nachschmierung oder der Austausch des Schmierstoffs und regelmäßige Inspektionen.

Während des Betriebs sollten regelmäßig das Laufgeräusch der Lager, Schwingungen, Temperatur und Schmierzustand überprüft werden. Bei Auffälligkeiten muss anhand von Tabelle 2.1 (Seite 211) zunächst die Ursache festgestellt werden, dann sind die erforderlichen Korrekturmaßnahmen zu ergreifen.

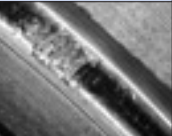
Falls notwendig, muss das betreffende Lager ausgebaut, zerlegt und genau untersucht werden.

## Lagerausfall und Gegenmaßnahmen

Wenn Wälzlager fachgerecht eingebaut und betrieben werden, laufen sie im Allgemeinen länger als die rechnerische Ermüdungslebensdauer.

Oft jedoch fallen sie durch andere Umstände, die einfach zu vermeiden wären, vorzeitig aus. Dies hat nichts mit der Ermüdung des Wälzlagerwerkstoffs zu tun. Diese vorzeitigen Ausfälle gehen auf Fehler beim Einbau, bei der Handhabung oder Schmierung, das Eindringen von Verunreinigungen oder Fremtteilchen oder zu starke Wärmeentwicklung zurück. Verschürfungen an den Borden beispielsweise entstehen bei der Verwendung des falschen Schmierstoffs, durch ein ungeeignetes Schmiersystem, das Eindringen von Verschmutzung, Einbaufehler, übermäßige Wellendurchbiegung oder das Zusammenspiel mehrerer dieser Faktoren. Bei manchen Frühausfällen lässt sich die Ursache nur schwer bestimmen. Wenn alle Umstände zum Zeitpunkt des Ausfalls und vorher bekannt sind, z.B. die Anwendung und die Betriebs- und Umgebungsbedingungen, kann man durch Untersuchung des Ausfalls und seiner möglichen Ursachen vergleichbaren Ausfällen in der Zukunft vorbeugen. Tabelle 1.1 führt die häufigsten Ausfallarten, ihre wahrscheinlichen Ursachen und mögliche Abhilfemaßnahmen auf.

Tabelle 1.1 Ursachen und Gegenmaßnahmen bei Lagerausfällen

| Ausfallart                    | Schaden                                                                                                                                              | Foto                                                                                | Wahrscheinliche Ursachen                                                                                                | Gegenmaßnahmen                                                                                                     |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ausbrüche und Grübchenbildung | Ausbrüche an einer Laufbahnseite im Radiallager                                                                                                      |  | übermäßige Axialbelastung (mangelnde Loslagerfunktion)                                                                  | lose Passung am Außenring von Loslagern ermöglicht Wärmedehnung der Welle                                          |
|                               | Spur von Ausbrüchen im Radialkugellager verläuft schräg zur Laufbahn. Ausbrüche bei Rollenlagern an der Kante der Laufbahn und Rollen-Mantelflächen. |  | Einbaufehler, Durchbiegung der Welle, falsche Toleranzen für Welle und Gehäuse                                          | Lager sorgfältig einbauen und zentrieren; Lager mit großer Luft wählen, Welle und Gehäuseschulter genau ausrichten |
|                               | Ausbrüche in der Laufbahn im Wälzkörperabstand                                                                                                       |  | starke Stoßbelastung beim Einbau, Rostbildung bei längerem Stillstand des Lagers, Schürfmacken bei Zylinderrollenlagern | Lager sorgfältig einbauen; bei längeren Betriebsunterbrechungen Korrosionsschutzmittel auftragen                   |
|                               | vorzeitiger Ausfall durch Grübchenbildung in Laufbahn und Wälzkörper                                                                                 |  | zu geringe Lagerluft, übermäßige Belastung, unsachgemäße Schmierung, Rost usw.                                          | richtige Passung, Lagerluft und Schmierung wählen                                                                  |
|                               | vorzeitiger Ausfall durch Grübchenbildung in Lagersätzen                                                                                             |  | übermäßige Vorspannung                                                                                                  | Vorspannung richtig einstellen                                                                                     |
| Anschmierungen                | Aufreißungen oder Anschmierungen an Laufbahnen und Wälzkörper                                                                                        |  | mangelhafte Schmierung beim Anlaufen, Fett von zu steifer Konsistenz und hohe Beschleunigung beim Anlaufen              | weicherer Fett verwenden, schnelle Beschleunigungen vermeiden                                                      |
|                               | Verschürfungen oder Anschmierungen an Rollenstirnflächen und Führungsbord                                                                            |  | unzureichende Schmierung, Einbaufehler oder hohe Axiallast                                                              | passenden Schmierstoff wählen, Einbauverfahren ändern                                                              |

| Ausfallart             | Schaden                                                                                                 | Foto                                                                                | Wahrscheinliche Ursachen                                                                                                                                                                                            | Gegenmaßnahmen                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Risse und Brüche       | Risse im Innen- oder Außenring                                                                          |    | übermäßige Stoßbelastung, zu großes Übermaß in der Passung, unzureichende Zylindrizität, fehlerhafte Kegeligkeit der Hülse, großer Einstichradius, Entstehung von Wärmerissen und Fortschreiten von Ausbröckelungen | Belastungsbedingungen überprüfen, Passung von Lager und Hülse ändern. Der Einstichradius muss kleiner als die Kantenkürzung des Lagers sein.                                                                    |
|                        | Bruch von Wälzkörper Gebrochener Bord                                                                   |    | fortgeschrittener Lagerschaden, Stoßbelastung des Bords beim Einbau oder Fallenlassen des Lagers                                                                                                                    | mehr Vorsicht und Sorgfalt bei Handhabung und Einbau                                                                                                                                                            |
|                        | Käfigbruch                                                                                              |    | übermäßige Belastung des Käfigs aufgrund von Einbaufehlern und unsachgemäßer Schmierung                                                                                                                             | sorgfältiger Einbau der Lager, Schmierverfahren und Schmierstoff überprüfen                                                                                                                                     |
| Eindrücke              | Eindrücke auf den Laufbahnen im Wälzkörperabstand                                                       |    | Stoßbelastung beim Einbau oder übermäßige Belastung bei stillstehendem Lager                                                                                                                                        | mehr Sorgfalt beim Einbau                                                                                                                                                                                       |
|                        | Eindrücke auf den Laufbahnen und Wälzkörpern                                                            |   | von Fremdkörpern wie Metallspäne oder Staub                                                                                                                                                                         | Gehäuse reinigen, bessere Dichtungen einsetzen, sauberen Schmierstoff verwenden                                                                                                                                 |
| Übermäßiger Verschleiß | Stillstandsmarkierungen ähnlich Riffelbildung                                                           |  | Schwingungen bei stillstehendem Lager beim Versand/Transport oder bei Schwenkbewegung mit kleiner Amplitude                                                                                                         | Welle und Gehäuse beim Transport sichern; Lagerung mit Öl schmieren; Schwingungen durch Aufbringen einer Vorspannung verringern                                                                                 |
|                        | Reibkorrosion, Passungsrost, lokal begrenzter Verschleiß an Sitzflächen, rotbrauner staubartiger Abrieb |  | leichter Verschleiß der Sitzflächen                                                                                                                                                                                 | stärkeres Übermaß wählen, Öl aufbringen                                                                                                                                                                         |
|                        | Verschleiß an Laufbahn, Wälzkörpern, Bord und Käfig                                                     |  | Eindringen von Fremdstoffen, unzureichende Schmierung und Rost                                                                                                                                                      | bessere Dichtungen einsetzen, Gehäuse reinigen, sauberen Schmierstoff verwenden                                                                                                                                 |
|                        | Gleitverschleiß, Riefen auf der Sitzfläche                                                              |  | unzureichende Überdeckung, ungenügend befestigte Hülse                                                                                                                                                              | größere Überdeckung wählen, Hülse ausreichend befestigen                                                                                                                                                        |
| Blockieren             | Verfärbung und Aufschmelzen der Laufbahnen, Wälzkörper und Borde                                        |  | unzureichende Lagerluft, ungenügende Schmierung oder unsachgemäßer Einbau                                                                                                                                           | Lagerluft und Passung prüfen, Lager mit der richtigen Menge des richtigen Schmierstoffs befüllen, besseres Einbauverfahren wählen, Anschlusssteile optimieren                                                   |
| Korrosion und Rost     | Rost und Korrosion auf Sitzflächen und im Lagerinneren                                                  |  | Kondenswasserbildung oder Reibkorrosion; Eindringen eines korrodierenden Stoffes (insbesondere Lackdämpfe)                                                                                                          | Lagerungsbedingungen überprüfen: Lager nicht hohen Temperaturen und Feuchtigkeit aussetzen. Bei längeren Betriebsunterbrechungen Rostschutzmittel auftragen. Vorsicht bei der Auswahl von Lack und Schmierfett. |

# 1. LAGERAUSFÄLLE UND ABHILFEMASSNAHMEN

## Laufspuren und Lastrichtung

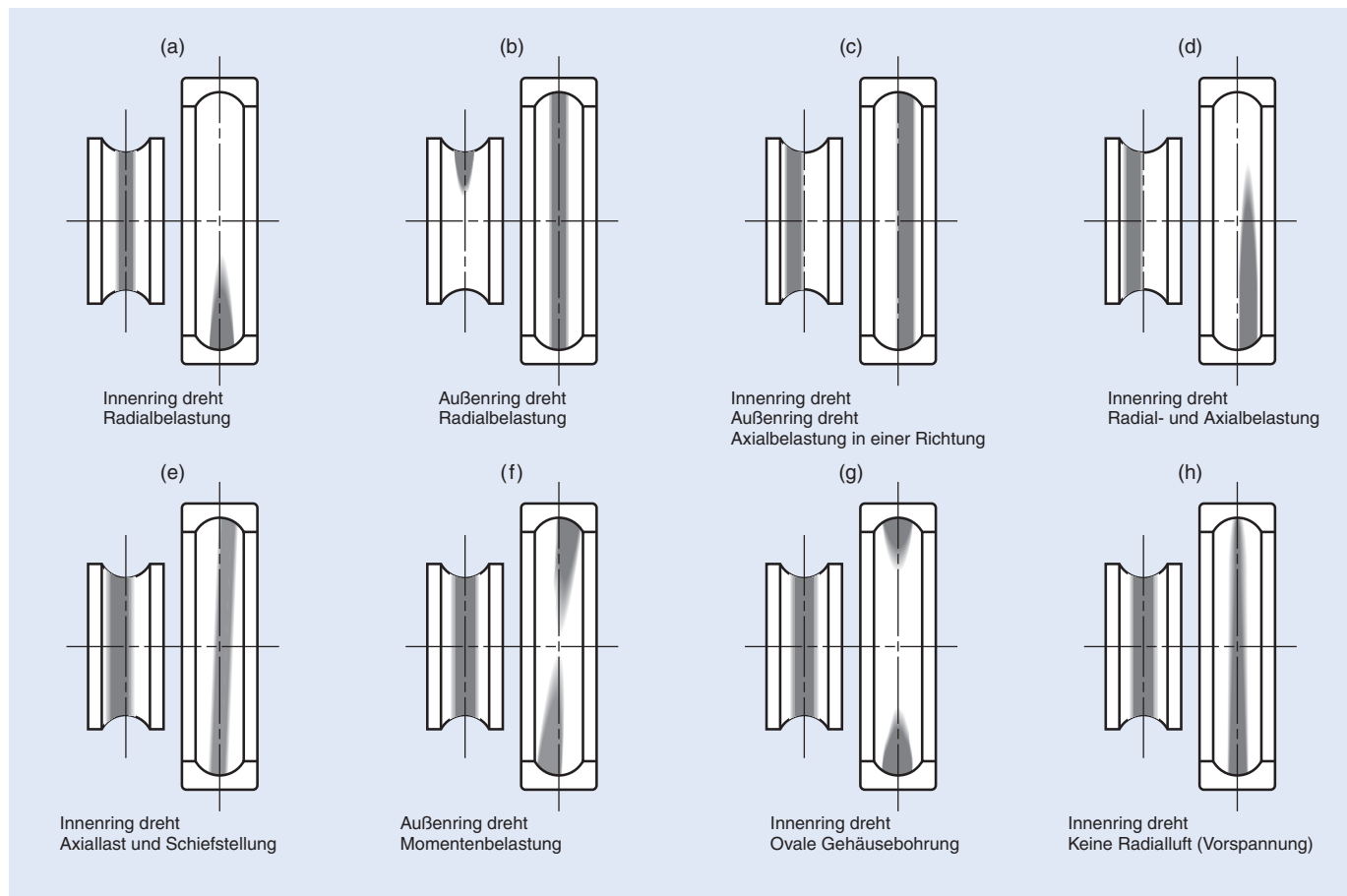


Abb.1.1. Übliche Laufspuren in Kugellagern

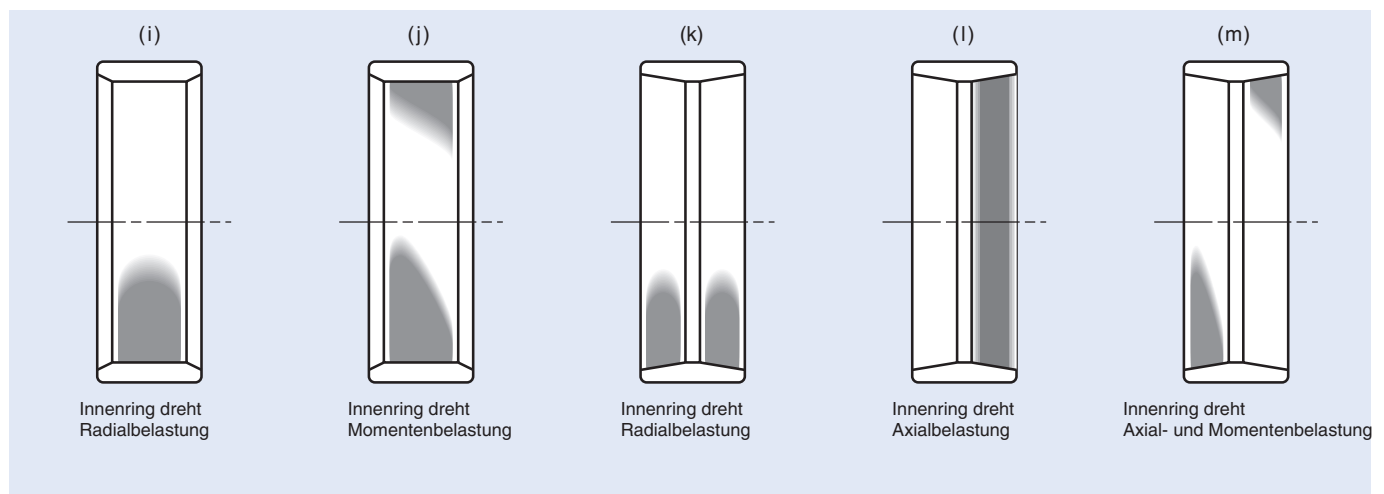


Abb. 1.2. Übliche Laufspuren in Rollenlagern

Tabelle 1.2 Übersicht der häufigsten Lagerschäden

| Art des Schadens                    | Ort Position                                                             | Ursache               |                         |                         |                       |                             |                         |                         |                       |                       |                         |                                            |                                                  | Bemerkung             |                                     |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
|                                     |                                                                          | Hand-<br>habung       |                         | Lagerumgebung           |                       |                             | Schmierung              |                         | Belastung             |                       |                         | Drehzahl                                   |                                                  |                       |                                     |
|                                     |                                                                          | Lagerung<br>Transport | Montage                 | Welle<br>Gehäuse        | Dichtung<br>Wasser    | Verschmutzung<br>Temperatur | Schmierung              | Art der<br>Schmierung   | Überbelastung         | Momentenbelastung     | Zu geringe<br>Belastung | Hohe<br>Drehzahlen und<br>Beschleunigungen | Ozillation<br>Vibrationen<br>statische Belastung |                       |                                     |
| 1. Abblätterungen<br>der Oberfläche | Laufbahn, Wälzkörper                                                     |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         |                                            |                                                  | <input type="radio"/> |                                     |
| 2. Aufrauung der<br>Oberfläche      | Laufbahn, Wälzkörper                                                     |                       |                         |                         | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>                      |                                                  |                       |                                     |
|                                     | Lageraußenflächen (Lauf-Stützrolle)                                      |                       |                         | <input type="radio"/> * | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       | * Laufflächen<br>mattiert           |
| 3. Riefen                           | Rollenstirnflächen, Bordoberflächen                                      |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         | <input type="radio"/>                      |                                                  |                       |                                     |
|                                     | Käfigführungsflächen, Käfigtaschen                                       |                       | <input type="radio"/>   |                         | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 4. Anschmierungen                   | Laufbahn, Wälzkörper                                                     |                       |                         |                         | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>                      |                                                  |                       |                                     |
| 5. Brüche                           | Laufbahn, Bord, Wälzkörper                                               | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                             |                         |                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 6. Risse                            | Lagerringe, Wälzkörper                                                   |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       | <input type="radio"/>       |                         |                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
|                                     | Bordoberfläche, Rollenstirnflächen,<br>Käfigführungsflächen (Wärmerisse) |                       |                         | <input type="radio"/>   |                       |                             |                         | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 7. Käfigschaden                     | Verformung, Bruch                                                        |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                             |                         |                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
|                                     | Verschleiß                                                               |                       | <input type="radio"/>   |                         | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         | <input type="radio"/>                      |                                                  |                       |                                     |
| 8. Eindrücke von<br>Fremdkörper     | Laufbahn, Wälzkörper<br>(feinste Eindrücke)                              |                       |                         |                         | <input type="radio"/> |                             |                         | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
|                                     | Laufbahn<br>(im Abstand der Wälzkörper)                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   |                         |                       |                             |                         |                         | <input type="radio"/> |                       |                         |                                            | <input type="radio"/>                            |                       |                                     |
| 9. Pitting                          | Laufbahn, Wälzkörper                                                     |                       |                         |                         | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 10. Verschleiß                      | Laufbahn, Wälzkörper, Bordfläche,<br>Wälzkörperstirnfläche               |                       | <input type="radio"/>   |                         | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 11. Reibkorrosion                   | Laufbahn, Wälzkörper                                                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> |                       |                         | <input type="radio"/>                      | <input type="radio"/>                            |                       |                                     |
|                                     | Lagerbohrung und Mantelfläche                                            |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                             |                         |                         | <input type="radio"/> |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 12. Stillstandsmar-<br>kierung      | Laufbahn, Wälzkörper                                                     | <input type="radio"/> |                         |                         |                       |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            | <input type="radio"/>                            |                       |                                     |
| 13. Gleitspuren                     | Passflächen                                                              |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> * | <input type="radio"/> * | <input type="radio"/> |                       |                         | <input type="radio"/>                      |                                                  |                       | * bei<br>Spielpassung               |
| 14. Freißspuren                     | Laufbahn, Wälzkörper, Käfig                                              |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> |                             | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                         | <input type="radio"/>                      |                                                  | <input type="radio"/> |                                     |
| 15. Stromdurch-<br>gang             | Laufbahn, Wälzkörper                                                     |                       | <input type="radio"/> * | <input type="radio"/> * |                       |                             |                         |                         |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       | * Stromdurchgang<br>durch das Lager |
| 16. Korrosion                       | Laufbahn, Wälzkörper, Käfig                                              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>   |                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 17. Schürfmacken                    | Laufbahn, Wälzkörper                                                     |                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                             |                         |                         |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |
| 18. Verfärbung                      | Laufbahn, Wälzkörper, Käfig                                              |                       |                         |                         |                       | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/>   |                       |                       |                         |                                            |                                                  |                       |                                     |

Bemerkung: Diese Tabelle ist nicht vollständig. Sie zeigt die Lage und Ursachen der häufigsten Schäden

## 2. Untersuchung mittels Geräusch- und Frequenzanalyse

### Einteilung von Geräuschen und Schwingungen

Im Betrieb von Wälzlager entstehen Schwingungen und Geräusche. Die Klangfarbe und die Amplitude dieser Geräusche und Schwingungen hängt u.a. von der Art des Wälzlagers, den Einbau- und Betriebsbedingungen ab. Das Geräusch und die Schwingung eines Wälzlagers lässt sich unter den folgenden vier Hauptkategorien zusammenfassen, von denen sich jede wiederum in mehrere Unterkategorien einteilen lässt, wie in nachfolgender Tabelle 2.1 dargestellt. Die Grenzen zwischen den einzelnen Gruppen sind jedoch nicht streng abgeteilt. Obwohl manche Arten von Geräuschen oder Schwingungen zu den Wälzlager gehören, kann die Lautstärke am Herstellungsprozess liegen, während andere Arten von Geräuschen oder Schwingungen auf den Herstellungsprozess

zurückgehen und auch unter normalen Bedingungen nicht ganz vermieden werden können.

Durch das Aufzeichnen der Geräusche und Schwingungen einer laufenden Maschine und ihrer Auswertung lassen sich Rückschlüsse auf ihre Ursache ziehen. Wie die Abbildungen auf der nachfolgenden Seite zeigen, weist ein Wälzlager ohne Schäden eine stabile Wellenform auf. Dagegen zeigt ein Wälzlager mit z.B. einem Kratzer eine Wellenform mit breiten Amplituden, die ein Zeichen für weite Geräusche in regelmäßigen Abständen sind. NSK stellt den Bearingmonitor NB-4 her, ein Vibrationsmessgerät, der Schäden in einer laufenden Maschine erkennen kann. Zusammen mit dem NB-4 und Aufzeichnungsgeräten wie einem PC lassen sich darüber hinaus Rückschlüsse auf die Ursachen dieser Schäden ziehen.

Tabelle 2.1 Einteilung von Geräuschen und Schwingungen in einem Wälzlager

|             | Geräusche                    |               | Vibrationen                                 |              | Merkmale                                                                                                                                |
|-------------|------------------------------|---------------|---------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Strukturell | Laufgeräusch                 |               | Eigenfrequenz Lagerringe                    |              | Kontinuierliches Geräusch, unvermeidliches Grundgeräusch, das alle Wälzlager erzeugen                                                   |
|             | Klickgeräusch                |               | Eigenfrequenz Lagerringe und Käfig          |              | Regelmäßiges Geräusch in bestimmten Zeitabständen häufig bei großen Lagern und horizontale Welle, Radialbelastung und niedrige Drehzahl |
|             | Quietschendes Geräusch       |               | Eigenfrequenz Lagerringe                    |              | Unterbrochen oder kontinuierlich, zumeist große Zylinderrollenlager, Radialbelastung, Fettschmierung bei konkreter Geschwindigkeit      |
|             | Käfig-<br>geräusch           | “CK”-Geräusch | Eigenfrequenz Käfig                         |              | Regelmäßiges Geräusch in bestimmten Zeitabständen, wird von allen Lagertypen erzeugt                                                    |
|             |                              | “CG”-Geräusch | Eigenfrequenz Käfig                         |              | Unterbrochen oder kontinuierlich, Schmierung mit besonderem Fett                                                                        |
|             |                              | Klopfgeräusch | Eigenfrequenz Käfig                         |              | In bestimmten Zeitabständen, aber etwas unregelmäßig bei Radialbelastung und beim Anlauf                                                |
|             | —                            |               | Schwingung bei Überrollung durch Wälzkörper |              | Kontinuierlich, alle Lagertypen bei Radialbelastung                                                                                     |
| Herstellung | Welligkeitsgeräusch          |               | Schwingungen hervorgerufen durch Welligkeit | Innenring    | Kontinuierliches Geräusch                                                                                                               |
|             |                              |               |                                             | Außenring    | Kontinuierliches Geräusch                                                                                                               |
|             |                              |               |                                             | Wälzkörper   | Häufig bei Rollen, manchmal bei Kugeln                                                                                                  |
| Handhabung  | Rattergeräusch               |               | Schwingungen verursacht durch Schäden       | Innenring    | Regelmäßiges Geräusch in bestimmten Abständen                                                                                           |
|             |                              |               |                                             | Außenring    |                                                                                                                                         |
|             |                              |               |                                             | Wälzkörper   |                                                                                                                                         |
|             | Geräusch durch Verschmutzung |               | Schwingung durch Verschmutzung erzeugt      |              | Unregelmäßig                                                                                                                            |
| Sonstige    | Geräusch der Dichtung        |               | Freie Dichtungsschwingung                   |              | Kontaktdichtung                                                                                                                         |
|             | Geräusch des Schmierstoffes  |               | —                                           |              | Unregelmäßig                                                                                                                            |
|             | —                            |               | Auslaufen                                   | $f_r$        | Kontinuierlich                                                                                                                          |
|             |                              |               |                                             | $f_c$        | Kontinuierlich                                                                                                                          |
|             |                              |               |                                             | $f_r - 2f_c$ | Kontinuierlich                                                                                                                          |

$n$ : Positive ganze Zahl (1, 2, 3...)

$Z$ : Anzahl an Wälzkörpern

$f_{RIN}$ : Ring natürliche Frequenz bei radialer Krümmung, Hz

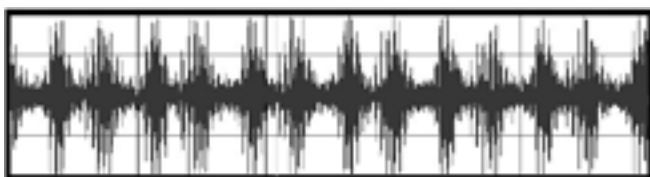
$f_{INR}$ : Natürliche Frequenz bei Winkelvibration bei Trägheit des Außenring-Federsystems, Hz

$f_r$ : Rotationsfrequenz des Innenrings, Hz





Frequenzkurve eines normalen Wälzlagers



Frequenzkurve eines Wälzlagers mit Schäden auf der Laufbahn



Vibrationsmessgerät Bearing Monitor NB-4 (s. S. 128)

| Erzeugte Frequenz (Frequenzanalyse)           |                         |                               | Quelle                                                                                                 | Gegenmaßnahmen                                                                                                 |
|-----------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FFT der Originalfrequenz                      |                         | FFT nach Hüllkurve (Grundnr.) |                                                                                                        |                                                                                                                |
| Radiale (Winkel-) Richtung                    | Axiale Richtung         |                               |                                                                                                        |                                                                                                                |
| $f_{RIN}, f_{MI}$                             | $f_{AIN}, f_{AM}$       | —                             | Selektive Wellenresonanz (Rollreibung)                                                                 | Steifigkeit der Umbauteile verbessern, richtiges radiales Spiel, hochviskoses Schmiermittel, hochwertige Lager |
| $f_{RIN}, f_{MI}$<br>Natürliche Käfigfrequenz | $f_{AIN}, f_{AM}$       | $Zf_c$                        | Stoßen von Wälzkörpern gegen Innenring oder Käfig                                                      | Radialspiel reduzieren, Lager vorspannen, hochviskoses Öl verwenden                                            |
| $(= f_{R2N}, f_{R3N})$                        | —                       | ?                             | Eigenvibration durch Gleitreibung an der Rollfläche                                                    | Radialspiel reduzieren, Lager vorspannen, das Fett wechseln, durch anderes Lager austauschen                   |
| Natürliche Käfigfrequenz                      |                         | $f_c$                         | Kontakt von Wälzkörpern gegen Wälzkörper oder Ringe                                                    | Vorspannen, hochviskoses Schmiermittel verwenden, Einbaufehler reduzieren                                      |
| Natürliche Käfigfrequenz                      |                         | ?                             | Eigenvibration durch Reibung an der Käfigführungsfläche                                                | Fettmarke wechseln, durch anderen Käfig austauschen                                                            |
| Natürliche Käfigfrequenz                      |                         | $Zf_c$                        | Kontakt des Käfigs gegen Wälzkörper, verursacht durch Walkwiderstand                                   | Radialspiel reduzieren, Lager vorspannen, Schmiermittel mit geringer Viskosität verwenden                      |
| $Zf_c$                                        | —                       | —                             | Verschiebung des Innenrings durch Wälzkörperdurchgang                                                  | Radialspiel reduzieren, vorspannen                                                                             |
| $nZf_i \pm f_r$ ( $nZ \pm 1$ Spitzen)         | $nZf_i$ ( $nZ$ Spitzen) | —                             | Welligkeit Innenringlaufbahn, unregelmäßigkeit Außendurchmesser Welle                                  | Hochwertige Lager, Wellengenauigkeit verbessern                                                                |
| $nZf_c$ ( $nZ \pm 1$ Spitzen)                 | $nZf_c$ ( $nZ$ Spitzen) | —                             | Welligkeit Außenringlaufbahn, unregelmäßige Gehäusebohrung                                             | Hochwertige Lager, Genauigkeit Gehäusebohrung verbessern                                                       |
| $2nf_b \pm f_c$ ( $2n$ Spitzen)               | $2nf_b$ ( $2n$ Spitzen) | —                             | Welligkeit Wälzkörper                                                                                  | Hochwertige Lager                                                                                              |
| $f_{RIN}, f_{MI}$                             | $f_{AIN}, f_{AM}$       | $Zf_i$                        | Kerben, Beulen, Rost, Abblätterung an Innenringlaufbahn                                                | Lageraustausch und sorgfältige Handhabung der Lager                                                            |
|                                               |                         | $Zf_c$                        | Kerben, Beulen, Rost, Abblätterung an Innenringlaufbahn                                                | Lageraustausch und sorgfältige Handhabung der Lager                                                            |
|                                               |                         | $2f_b$                        | Kerben, Beulen, Rost, Abblätterung an Wälzkörpern                                                      | Lageraustausch und sorgfältige Handhabung der Lager                                                            |
| $f_{RIN}, f_{MI}$                             | $f_{AIN}, f_{AM}$       | Unregelmäßig                  | Eindringen von Schmutz und Verunreinigungen                                                            | Waschen, Dichtung verbessern                                                                                   |
| KugelnNatürliche Dichtungsfrequenz            |                         | $(f_r)$                       | Eigenvibration durch Reibung im Dichtungskontaktbereich                                                | Die Dichtung austauschen, das Fett wechseln                                                                    |
| ?                                             | ?                       | Unregelmäßig                  | Schmierstoff wird von den Wälzkörpern überrollt bzw. gewalkt                                           | Das Fett wechseln                                                                                              |
| $f_r$                                         | —                       | —                             | Unregelmäßiger Innenringquerschnitt                                                                    | Hochwertige Lager verwenden                                                                                    |
| $f_c$                                         | —                       | —                             | Unterschiedliche Kugelsortierungen im Lager                                                            | Hochwertige Lager verwenden                                                                                    |
| $f_r - 2f_c$                                  | —                       | —                             | Nicht-lineare Schwingung durch Abweichung der Steifigkeit aufgrund von verschiedenen Kugelsortierungen | Hochwertige Lager verwenden                                                                                    |

$f_c$ : Orbitale Drehungsfrequenz der Wälzkörper, Hz  
 $f_{AIN}$ : Ring natürliche Frequenz bei axialer Krümmung, Hz  
 $f_{AM}$ : Natürliche Frequenz bei axialer Vibration der Masse des Außenring-Federsystems, Hz  
 $f_r$ :  $f_r = f_c - f_c$ , Hz  
 $f_b$ : Rotationsfrequenz des Wälzkörpers um seine Mitte, Hz



## 2. Untersuchung mittels Geräusch- und Frequenzanalyse

### Die Aufzeichnung von Geräuschen und Schwingungen

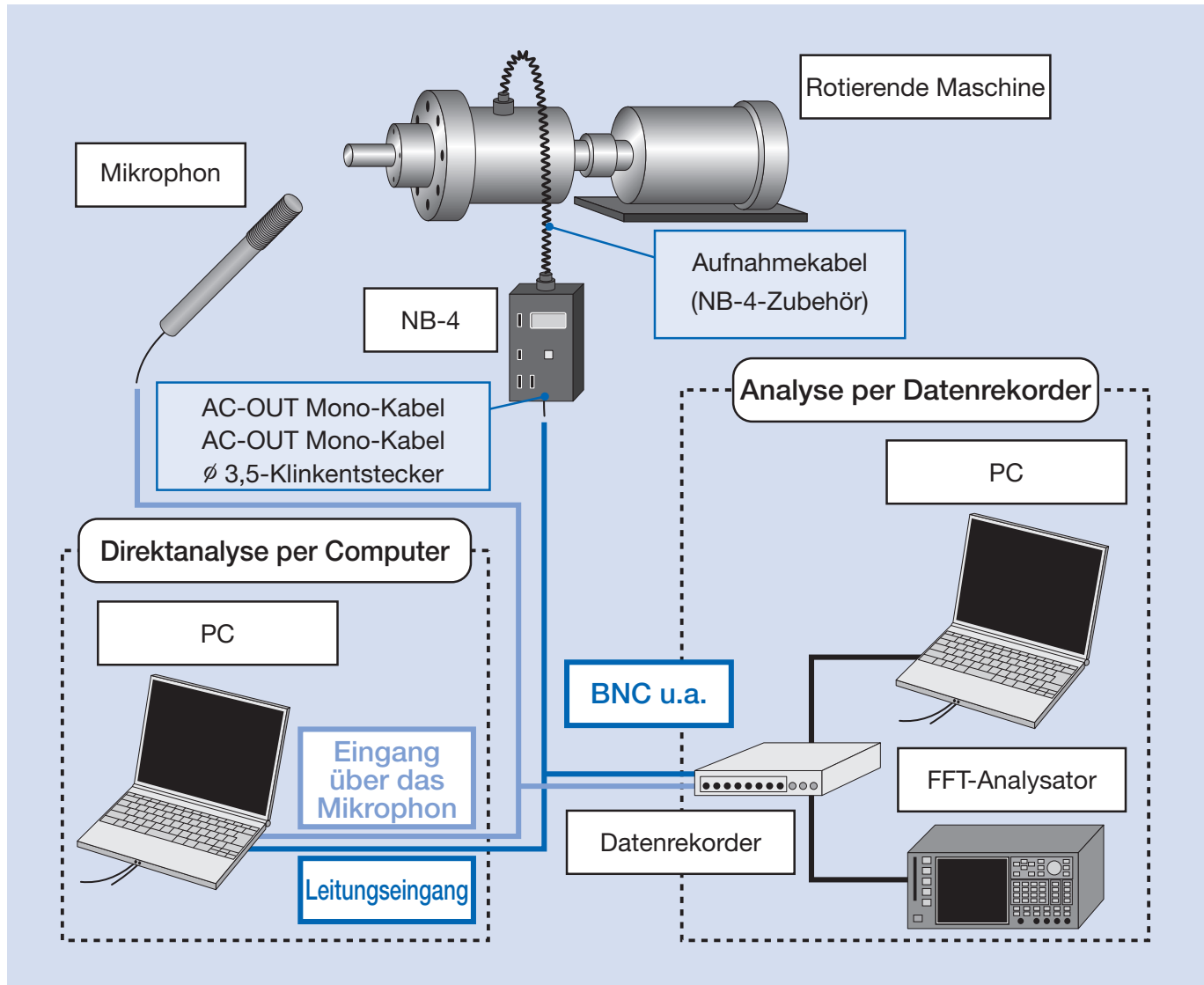
Anhand von Frequenzanalysen des Geräuschs oder der Vibration einer rotierenden Maschine lassen sich Rückschlüsse auf die Ursache anormaler Schwingungen ziehen.

Nachfolgend soll beschrieben werden, wie Schwingungen

mit dem Bearing Monitor NB-4 aufgezeichnet werden können (s. S. 128) und wie sich Geräusche mit einem Mikrofon aufnehmen lassen.

Geräusche und Schwingungen sollten unter normalen und unter anormalen Bedingungen aufgezeichnet werden, um die Ursachen der Abweichungen bestimmen zu können.

Abb. 2.1 Anordnung zum Aufzeichnen von Geräuschen und Schwingungswellen



### Vorsichtsmaßnahmen beim Aufzeichnen von Geräuschen und Schwingungswellen

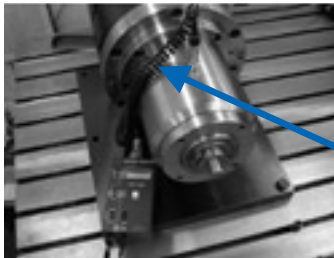
Wenn die folgenden Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, lassen sich die Daten nach der Aufzeichnung ganz einfach auswerten.

- 1) Den Betrieb von Maschinen in der Nähe anhalten, um Umgebungsgeräusche und -schwingungen auszuschalten.
- 2) Geräusch- und Schwingungsdaten unter normalen und unter anormalen Bedingungen messen.
- 3) Die aufgezeichneten Geräusche auf Abweichungen abhören.
- 4) Geräusch- und Schwingungsdaten bei verschiedenen Drehzahlen der Maschine messen (z.B. 100 min<sup>-1</sup>, 800 min<sup>-1</sup> und 2 000 min<sup>-1</sup>).

## Die Aufzeichnung von Schwingungen, wenn die Frequenzkurven direkt von einem Computer aufgezeichnet werden

### Erforderliche Geräte:

- Bearing Monitor NB-4
- PC ( mit Line In und Software zu Frequenzauswertung)
- Mono-Kabel zur Aufzeichnung von Frequenzkurven (Ø3,5-Stift-Stecker an einem Ende)



Aufnehmerkabel

Das Aufnehmerkabel mit dem Bearing Monitor NB-4 verbinden und anschließend den Schwingungssensor an die Maschine anschließen, die gemessen werden soll. Zum Messen von Schwingungen wird der Schwingungssensor am besten an einer Stelle in der Nähe des Wälzlagers in der Maschine befestigt.



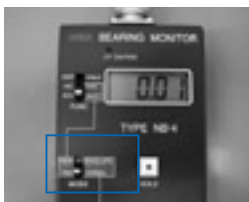
Signal-  
ausgang



Line In

NB-4 (AC-OUT) und den PC (in der Abb. links der Mikrofonanschluss eines PCs\*) mit einem Mono-Kabel (Ø3,5 Klinkenstecker an der NB-4-Seite) anschließen.

\*1 Ersatzweise kann ein Mikrofon-Eingang genutzt werden. Möglicherweise liegt jedoch das Eingangssignal außerhalb des zulässigen Eingangsbereiches und kann deshalb nicht aufgezeichnet werden.



Aufzeichnung von  
Drehschwingungen  
(NORMAL)



Aufzeichnung von Schwingungen  
aufgrund eines Kratzers an der  
Lagerinnenseite (ENVELOPE)

Zum Messen von normalen Schwingungen einer Maschine NB-4 auf ACC-NORMAL stellen. Werden Schwingungen aus Oberflächenschäden (Kratzer usw.) erwartet, NB-4 auf ACC-Envelope (Hüllkurvenanalyse\*) stellen.

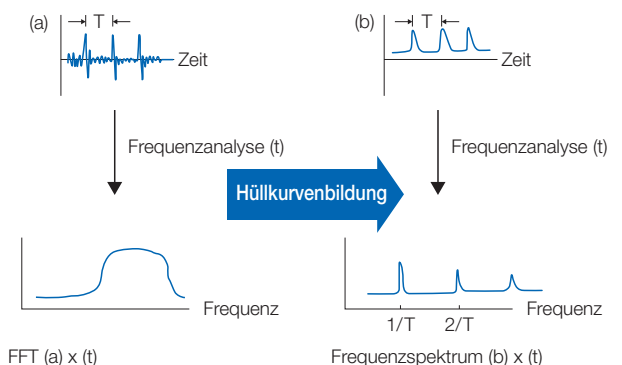
Die Aufzeichnung der Frequenzkurven mit der Audio-Aufzeichnungssoftware beginnen. Die Eingangssignalstärke des PCs so einstellen, dass die Eingangssignale innerhalb der zulässigen Bandbreite bleiben. Es wird empfohlen, mindestens 20 Sekunden aufzunehmen.

Die aufgezeichneten Frequenzkurven speichern. (Achtung: Manche Schwingungsdaten können je nach Datei-format verloren gehen.)

Die aufgezeichneten Frequenzkurven auf unregel-mäßige Schwingungen auswerten.

### \*2 Hüllkurvenanalyse

Schäden in der Oberfläche von Laufbahnen oder Wälz erzeugen stoßartige Anregungen. In diesem Fall kann in der FFT-Analyse kein Schaden erkannt werden. Daher muß mit einer Hüllkurvenanalyse gearbeitet werden. Aus dem originalen Schwingungssignal wird eine Hüllkurve erzeugt. Diese wird per FFT analysiert.



## 2. Untersuchung mittels Geräusch- und Frequenzanalyse

### Aufzeichnung von Lagergeräuschen direkt auf einem Computer

#### Erforderliche Geräte:

- Mikrophon zur Geräuschmessung
- PC (mit einem Mikrophon-Eingang und Audio-Aufnahmesoftware)



Ein Mikrophon an das Aufnahmegerät anschließen. Wir empfehlen ein Mikrophon mit gleichmäßiger Frequenzcharakteristik<sup>\*3</sup>, die eine gute Aufzeichnung von Maschinengeräuschen gewährleisten. Es sollte ein externes Mikrophon zur Geräuschmessung verwendet werden. Ein im PC integriertes Mikrophon ist zur Aufzeichnung von Stimmen geeignet jedoch nicht für die Aufnahme von Maschinengeräuschen.



Das Mikrophon in angemessenem Abstand zu der laufenden Maschine, die untersucht werden soll, halten. (Wenn das Mikrophon zu nah an der Maschine ist, werden die Luftgeräusche mit aufgenommen; wenn es zu weit entfernt ist, ist die Lautstärke zu niedrig.) Es empfiehlt sich, andere Maschinen in unmittelbarer Nähe auszuschalten, die sonst die Analyse der aufgenommenen Geräusche erschweren. Wenn möglich, ein Richtmikrophon verwenden.

#### <sup>\*3</sup> Mikrophon-Frequenzcharakteristik

Die Frequenzcharakteristik hängt vom jeweiligen Mikrofontyp ab. So erweist sich das Mikrophon (s. Abb. 2.2) bei 60Hz oder weniger als wenig empfindlich, während das andere Mikrophon (s. Abb. 2.3) eine gleichmäßige Empfindlichkeit über den ganzen Frequenzbereich aufweist. Damit ist das Mikrophon aus Abb. 2.3 besser zum Messen von Maschinengeräuschen geeignet.

Abb. 2.2

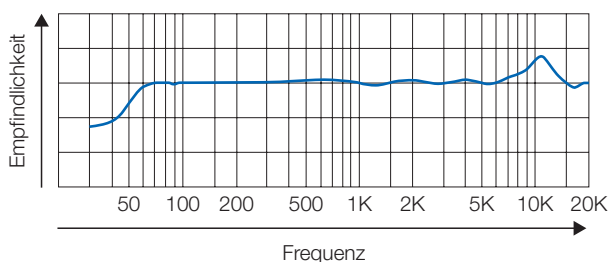
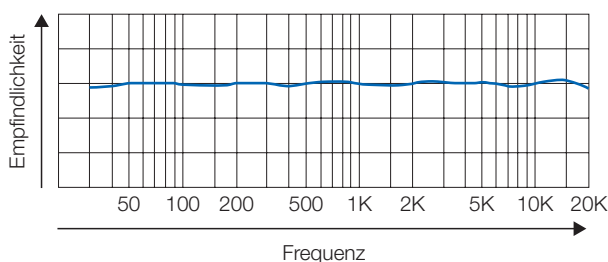


Abb. 2.3



Aufzeichnung mit dem Aufnahmegerät beginnen. Das Eingangssignal des PCs so einstellen, dass die Eingangsstärke innerhalb des zulässigen Bereiches liegt.

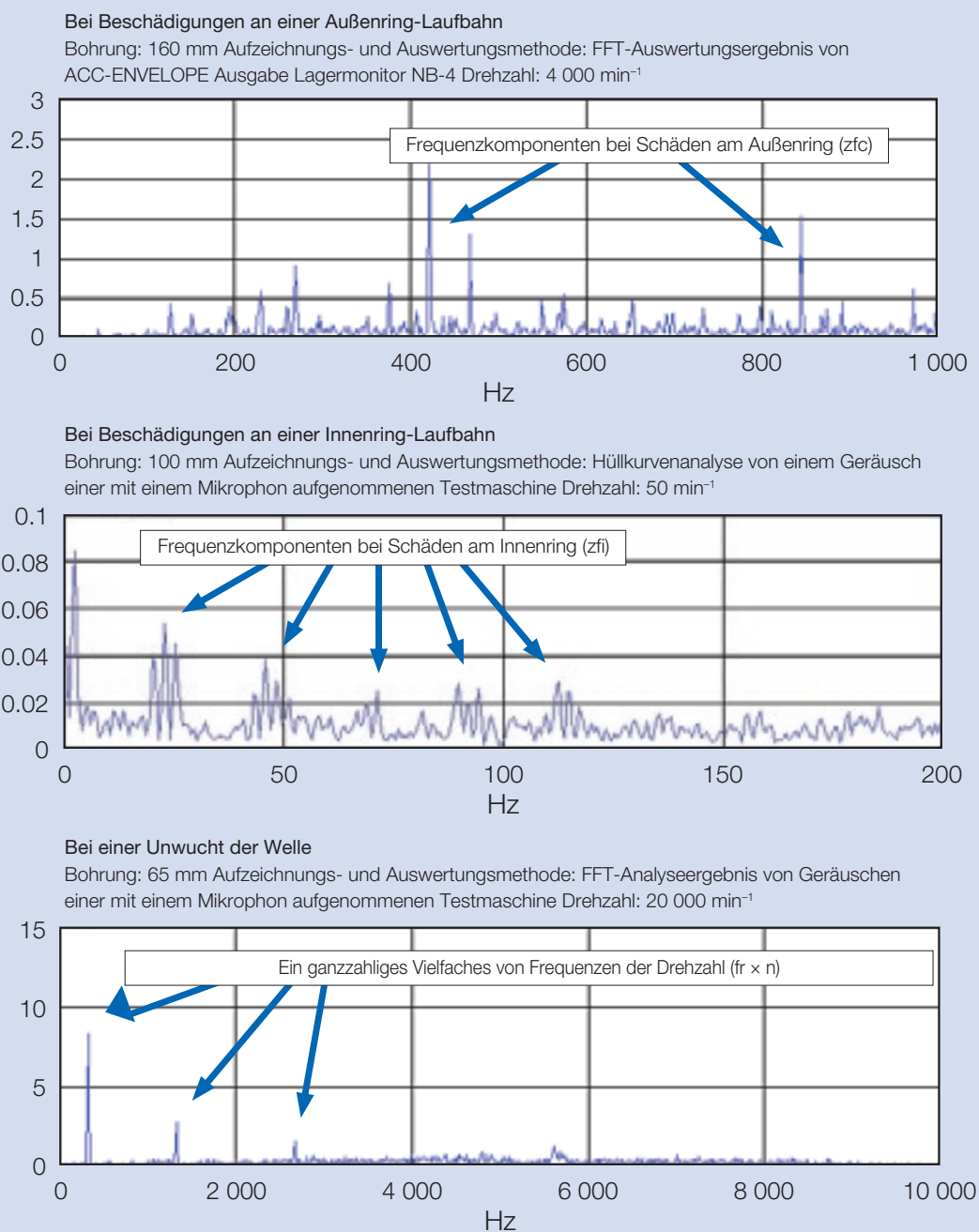
Aufgezeichnete Geräuschdaten speichern. (Achtung: Manche Schwingungsdaten können je nach Dateiformat verloren gehen.)

Die aufgezeichneten Geräusche auf Störungen abhören.

Die auf diese Weise aufgenommenen und als WAV-Datei gespeicherten Geräusche können mithilfe handelsüblicher FFT-Software nach Frequenzen analysiert werden. Es lassen sich Schwingungen oder Geräuschfrequenzen im Zusammenhang mit Beschädigungen wie Kratzern oder Welligkeiten an der Lagerlaufbahn gemäß Abb. 2.4 ermitteln. Wenn die Frequenzanalyse mit der FFT-Software solche

Frequenzkomponenten ergibt, kann es sein, dass die Lagerfläche beschädigt ist. Auf Anfrage kann NSK die gespeicherten Geräusche analysieren. Bei einer solchen Anfrage benötigt NSK die Vergleichsaufnahme der neuen Maschine. Beachten Sie, dass die Frequenzanalyse von Geräuschen und Schwingungen einer drehenden Maschine nicht möglich ist, wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind.

Abb. 2.4 Beispiel von Geräusch- und Frequenzanalysen mit der FFT-Software





## Anhang

|                                                                          |         |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| Toleranzen für die Wellendurchmesser .....                               | 228-229 |
| Toleranzen für die Gehäusebohrung.....                                   | 230-231 |
| ISO-Toleranzreihen .....                                                 | 232-233 |
| Umwertungstabelle für Härtewerte .....                                   | 234     |
| Physikalische und mechanische Eigenschaften der<br>Lagerwerkstoffe ..... | 235-236 |
| Kundenlastenheft .....                                                   | 237     |
| Vergleichstabelle .....                                                  | 238     |
| Messen der Lagerluft-Vorspannung bei Lagersätzen .....                   | 239     |

## Toleranzen für die Wellendurchmesser

| Durchmesserbereich (mm)<br>über bis |       | d6             | e6             | f6             | g5           | g6            | h5        | h6        | h7         | h8         | h9         | h10        | js5    | js6    |
|-------------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|--------------|---------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|--------|--------|
| 3                                   | 6     | - 30<br>- 38   | - 20<br>- 28   | - 10<br>- 18   | - 4<br>- 9   | - 4<br>- 12   | 0<br>- 5  | 0<br>- 8  | 0<br>- 12  | 0<br>- 18  | 0<br>- 30  | 0<br>- 48  | ± 2,5  | ± 4    |
| 6                                   | 10    | - 40<br>- 49   | - 25<br>- 34   | - 13<br>- 22   | - 5<br>- 11  | - 5<br>- 14   | 0<br>- 6  | 0<br>- 9  | 0<br>- 15  | 0<br>- 22  | 0<br>- 36  | 0<br>- 58  | ± 3    | ± 4,5  |
| 10                                  | 18    | - 50<br>- 61   | - 32<br>- 43   | - 16<br>- 27   | - 6<br>- 14  | - 6<br>- 17   | 0<br>- 8  | 0<br>- 11 | 0<br>- 18  | 0<br>- 27  | 0<br>- 43  | 0<br>- 70  | ± 4    | ± 5,5  |
| 18                                  | 30    | - 65<br>- 78   | - 40<br>- 53   | - 20<br>- 33   | - 7<br>- 16  | - 7<br>- 20   | 0<br>- 9  | 0<br>- 13 | 0<br>- 21  | 0<br>- 33  | 0<br>- 52  | 0<br>- 84  | ± 4,5  | ± 6,5  |
| 30                                  | 50    | - 80<br>- 96   | - 50<br>- 66   | - 25<br>- 41   | - 9<br>- 20  | - 9<br>- 25   | 0<br>- 11 | 0<br>- 16 | 0<br>- 25  | 0<br>- 39  | 0<br>- 62  | 0<br>- 100 | ± 5,5  | ± 8    |
| 50                                  | 80    | - 100<br>- 119 | - 60<br>- 79   | - 30<br>- 49   | - 10<br>- 23 | - 10<br>- 29  | 0<br>- 13 | 0<br>- 19 | 0<br>- 30  | 0<br>- 46  | 0<br>- 74  | 0<br>- 120 | ± 6,5  | ± 9,5  |
| 80                                  | 120   | - 120<br>- 142 | - 72<br>- 94   | - 36<br>- 58   | - 12<br>- 27 | - 12<br>- 34  | 0<br>- 15 | 0<br>- 22 | 0<br>- 35  | 0<br>- 54  | 0<br>- 87  | 0<br>- 140 | ± 7,5  | ± 11,0 |
| 120                                 | 180   | - 145<br>- 170 | - 85<br>- 110  | - 43<br>- 68   | - 14<br>- 32 | - 14<br>- 39  | 0<br>- 18 | 0<br>- 25 | 0<br>- 40  | 0<br>- 63  | 0<br>- 100 | 0<br>- 160 | ± 9    | ± 12,5 |
| 180                                 | 250   | - 170<br>- 199 | - 100<br>- 129 | - 50<br>- 79   | - 15<br>- 35 | - 15<br>- 44  | 0<br>- 20 | 0<br>- 29 | 0<br>- 46  | 0<br>- 72  | 0<br>- 115 | 0<br>- 185 | ± 10   | ± 14,5 |
| 250                                 | 315   | - 190<br>- 222 | - 110<br>- 142 | - 56<br>- 88   | - 17<br>- 40 | - 17<br>- 49  | 0<br>- 23 | 0<br>- 32 | 0<br>- 52  | 0<br>- 81  | 0<br>- 130 | 0<br>- 210 | ± 11,5 | ± 16,0 |
| 315                                 | 400   | - 210<br>- 246 | - 125<br>- 161 | - 62<br>- 98   | - 18<br>- 43 | - 18<br>- 54  | 0<br>- 25 | 0<br>- 36 | 0<br>- 57  | 0<br>- 89  | 0<br>- 140 | 0<br>- 230 | ± 12,5 | ± 18,0 |
| 400                                 | 500   | - 230<br>- 270 | - 135<br>- 175 | - 68<br>- 108  | - 20<br>- 47 | - 20<br>- 60  | 0<br>- 27 | 0<br>- 40 | 0<br>- 63  | 0<br>- 97  | 0<br>- 155 | 0<br>- 250 | ± 13,5 | ± 20,0 |
| 500                                 | 630   | - 260<br>- 304 | - 145<br>- 189 | - 76<br>- 120  | —            | - 22<br>- 66  | —         | 0<br>- 44 | 0<br>- 70  | 0<br>- 110 | 0<br>- 175 | 0<br>- 280 | —      | ± 22,0 |
| 630                                 | 800   | - 290<br>- 340 | - 160<br>- 210 | - 80<br>- 130  | —            | - 24<br>- 74  | —         | 0<br>- 50 | 0<br>- 80  | 0<br>- 125 | 0<br>- 200 | 0<br>- 320 | —      | ± 25,0 |
| 800                                 | 1 000 | - 320<br>- 376 | - 170<br>- 226 | - 86<br>- 142  | —            | - 26<br>- 82  | —         | 0<br>- 56 | 0<br>- 90  | 0<br>- 140 | 0<br>- 230 | 0<br>- 360 | —      | ± 28,0 |
| 1 000                               | 1 250 | - 350<br>- 416 | - 195<br>- 261 | - 98<br>- 164  | —            | - 28<br>- 94  | —         | 0<br>- 66 | 0<br>- 105 | 0<br>- 165 | 0<br>- 260 | 0<br>- 420 | —      | ± 33,0 |
| 1 250                               | 1 600 | - 390<br>- 468 | - 220<br>- 298 | - 110<br>- 188 | —            | - 30<br>- 108 | —         | 0<br>- 78 | 0<br>- 125 | 0<br>- 195 | 0<br>- 310 | 0<br>- 500 | —      | ± 39,0 |
| 1 600                               | 2 000 | - 430<br>- 522 | - 240<br>- 332 | - 120<br>- 212 | —            | - 32<br>- 124 | —         | 0<br>- 92 | 0<br>- 150 | 0<br>- 230 | 0<br>- 370 | 0<br>- 600 | —      | ± 46,0 |



Maßeinheit:  $\mu\text{m}$

| j5         | j6         | j7         | k5         | k6         | k7         | m5         | m6           | n6           | p6           | r6           | r7           | Durchmesserbereich (mm) |              |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|
|            |            |            |            |            |            |            |              |              |              |              |              | über                    | bis          |
| + 3<br>- 2 | + 6<br>- 2 | + 8<br>- 4 | + 6<br>+ 1 | + 9<br>+ 1 | +13<br>+ 1 | + 9<br>+ 4 | + 12<br>+ 4  | + 16<br>+ 8  | + 20<br>+ 12 | + 23<br>+ 15 | + 27<br>+ 15 | <b>3</b>                | <b>6</b>     |
| + 4<br>- 2 | + 7<br>- 2 | +10<br>- 5 | + 7<br>+ 1 | +10<br>+ 1 | +16<br>+ 1 | +12<br>+ 6 | + 15<br>+ 6  | + 19<br>+ 10 | + 24<br>+ 15 | + 28<br>+ 19 | + 34<br>+ 19 | <b>6</b>                | <b>10</b>    |
| + 5<br>- 3 | + 8<br>- 3 | +12<br>- 6 | + 9<br>+ 1 | +12<br>+ 1 | +19<br>+ 1 | +15<br>+ 7 | + 18<br>+ 7  | + 23<br>+ 12 | + 29<br>+ 18 | + 34<br>+ 23 | + 41<br>+ 23 | <b>10</b>               | <b>18</b>    |
| + 5<br>- 4 | + 9<br>- 4 | +13<br>- 8 | +11<br>+ 2 | +15<br>+ 2 | +23<br>+ 2 | +17<br>+ 8 | + 21<br>+ 8  | + 28<br>+ 15 | + 35<br>+ 22 | + 41<br>+ 28 | + 49<br>+ 28 | <b>18</b>               | <b>30</b>    |
| + 6<br>- 5 | +11<br>- 5 | +15<br>-10 | +13<br>+ 2 | +18<br>+ 2 | +27<br>+ 2 | +20<br>+ 9 | + 25<br>+ 9  | + 33<br>+ 17 | + 42<br>+ 26 | + 50<br>+ 34 | + 59<br>+ 34 | <b>30</b>               | <b>50</b>    |
| + 6<br>- 7 | +12<br>- 7 | +18<br>-12 | +15<br>+ 2 | +21<br>+ 2 | +32<br>+ 2 | +24<br>+11 | + 30<br>+ 11 | + 39<br>+ 20 | + 51<br>+ 32 | + 60<br>+ 41 | + 71<br>+ 41 | <b>50</b>               | <b>65</b>    |
| + 6<br>- 7 | +12<br>- 7 | +18<br>-12 | +15<br>+ 2 | +21<br>+ 2 | +32<br>+ 2 | +24<br>+11 | + 30<br>+ 11 | + 39<br>+ 20 | + 51<br>+ 32 | + 62<br>+ 43 | + 73<br>+ 43 | <b>65</b>               | <b>80</b>    |
| + 6<br>- 9 | +13<br>- 9 | +20<br>-15 | +18<br>+ 3 | +25<br>+ 3 | +38<br>+ 3 | +28<br>+13 | + 35<br>+ 13 | + 45<br>+ 23 | + 59<br>+ 37 | + 73<br>+ 51 | + 86<br>+ 51 | <b>80</b>               | <b>100</b>   |
| + 6<br>- 9 | +13<br>- 9 | +20<br>-15 | +18<br>+ 3 | +25<br>+ 3 | +38<br>+ 3 | +28<br>+13 | + 35<br>+ 13 | + 45<br>+ 23 | + 59<br>+ 37 | + 76<br>+ 54 | + 89<br>+ 54 | <b>100</b>              | <b>120</b>   |
| + 7<br>-11 | +14<br>-11 | +22<br>-18 | +21<br>+ 3 | +28<br>+ 3 | +43<br>+ 3 | +33<br>+15 | + 40<br>+ 15 | + 52<br>+ 27 | + 68<br>+ 43 | + 88<br>+ 63 | +103<br>+ 63 | <b>120</b>              | <b>140</b>   |
| + 7<br>-11 | +14<br>-11 | +22<br>-18 | +21<br>+ 3 | +28<br>+ 3 | +43<br>+ 3 | +33<br>+15 | + 40<br>+ 15 | + 52<br>+ 27 | + 68<br>+ 43 | + 90<br>+ 65 | +105<br>+ 65 | <b>140</b>              | <b>160</b>   |
| + 7<br>-11 | +14<br>-11 | +22<br>-18 | +21<br>+ 3 | +28<br>+ 3 | +43<br>+ 3 | +33<br>+15 | + 40<br>+ 15 | + 52<br>+ 27 | + 68<br>+ 43 | + 93<br>+ 68 | +108<br>+ 68 | <b>160</b>              | <b>180</b>   |
| + 7<br>-13 | +16<br>-13 | +25<br>-21 | +24<br>+ 4 | +33<br>+ 4 | +50<br>+ 4 | +37<br>+17 | + 46<br>+ 17 | + 60<br>+ 31 | + 79<br>+ 50 | +106<br>+ 77 | +123<br>+ 77 | <b>180</b>              | <b>200</b>   |
| + 7<br>-13 | +16<br>-13 | +25<br>-21 | +24<br>+ 4 | +33<br>+ 4 | +50<br>+ 4 | +37<br>+17 | + 46<br>+ 17 | + 60<br>+ 31 | + 79<br>+ 50 | +109<br>+ 80 | +126<br>+ 80 | <b>200</b>              | <b>225</b>   |
| + 7<br>-13 | +16<br>-13 | +25<br>-21 | +24<br>+ 4 | +33<br>+ 4 | +50<br>+ 4 | +37<br>+17 | + 46<br>+ 17 | + 60<br>+ 31 | + 79<br>+ 50 | +113<br>+ 84 | +130<br>+ 84 | <b>225</b>              | <b>250</b>   |
| + 7<br>-16 | +16<br>-16 | +26<br>-26 | +27<br>+ 4 | +36<br>+ 4 | +56<br>+ 4 | +43<br>+20 | + 52<br>+ 20 | + 66<br>+ 34 | + 88<br>+ 56 | +126<br>+ 94 | +146<br>+ 94 | <b>250</b>              | <b>280</b>   |
| + 7<br>-16 | +16<br>-16 | +26<br>-26 | +27<br>+ 4 | +36<br>+ 4 | +56<br>+ 4 | +43<br>+20 | + 52<br>+ 20 | + 66<br>+ 34 | + 88<br>+ 56 | +130<br>+ 98 | +150<br>+ 98 | <b>280</b>              | <b>315</b>   |
| + 7<br>-18 | +18<br>-18 | +29<br>-28 | +29<br>+ 4 | +40<br>+ 4 | +61<br>+ 4 | +46<br>+21 | + 57<br>+ 21 | + 73<br>+ 37 | + 98<br>+ 62 | +144<br>+108 | +165<br>+108 | <b>315</b>              | <b>355</b>   |
| + 7<br>-18 | +18<br>-18 | +29<br>-28 | +29<br>+ 4 | +40<br>+ 4 | +61<br>+ 4 | +46<br>+21 | + 57<br>+ 21 | + 73<br>+ 37 | + 98<br>+ 62 | +150<br>+114 | +171<br>+114 | <b>355</b>              | <b>400</b>   |
| + 7<br>-20 | +20<br>-20 | +31<br>-32 | +32<br>+ 5 | +45<br>+ 5 | +68<br>+ 5 | +50<br>+23 | + 63<br>+ 23 | + 80<br>+ 40 | +108<br>+ 68 | +166<br>+126 | +189<br>+126 | <b>400</b>              | <b>450</b>   |
| + 7<br>-20 | +20<br>-20 | +31<br>-32 | +32<br>+ 5 | +45<br>+ 5 | +68<br>+ 5 | +50<br>+23 | + 63<br>+ 23 | + 80<br>+ 40 | +108<br>+ 68 | +172<br>+132 | +195<br>+132 | <b>450</b>              | <b>500</b>   |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +44<br>0   | +70<br>0   | —<br>—     | + 70<br>+ 26 | + 88<br>+ 44 | +122<br>+ 78 | +194<br>+150 | +220<br>+150 | <b>500</b>              | <b>560</b>   |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +44<br>0   | +70<br>0   | —<br>—     | + 70<br>+ 26 | + 88<br>+ 44 | +122<br>+ 78 | +199<br>+155 | +225<br>+155 | <b>560</b>              | <b>630</b>   |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +50<br>0   | +80<br>0   | —<br>—     | + 80<br>+ 30 | +100<br>+ 50 | +138<br>+ 88 | +225<br>+175 | +255<br>+175 | <b>630</b>              | <b>710</b>   |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +50<br>0   | +80<br>0   | —<br>—     | + 80<br>+ 30 | +100<br>+ 50 | +138<br>+ 88 | +235<br>+185 | +265<br>+185 | <b>710</b>              | <b>800</b>   |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +56<br>0   | +90<br>0   | —<br>—     | + 90<br>+ 34 | +112<br>+ 56 | +156<br>+100 | +266<br>+210 | +300<br>+210 | <b>800</b>              | <b>900</b>   |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +56<br>0   | +90<br>0   | —<br>—     | + 90<br>+ 34 | +112<br>+ 56 | +156<br>+100 | +276<br>+220 | +310<br>+220 | <b>900</b>              | <b>1 000</b> |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +66<br>0   | +105<br>0  | —<br>—     | +106<br>+ 40 | +132<br>+ 66 | +186<br>+120 | +316<br>+250 | +355<br>+250 | <b>1 000</b>            | <b>1 120</b> |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +66<br>0   | +105<br>0  | —<br>—     | +106<br>+ 40 | +132<br>+ 66 | +186<br>+120 | +326<br>+260 | +365<br>+260 | <b>1 120</b>            | <b>1 250</b> |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +78<br>0   | +125<br>0  | —<br>—     | +126<br>+ 48 | +156<br>+ 78 | +218<br>+140 | +378<br>+300 | +425<br>+300 | <b>1 250</b>            | <b>1 400</b> |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +78<br>0   | +125<br>0  | —<br>—     | +126<br>+ 48 | +156<br>+ 78 | +218<br>+140 | +408<br>+330 | +455<br>+330 | <b>1 400</b>            | <b>1 600</b> |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +92<br>0   | +150<br>0  | —<br>—     | +150<br>+ 58 | +184<br>+ 92 | +262<br>+170 | +462<br>+370 | +520<br>+370 | <b>1 600</b>            | <b>1 800</b> |
| —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | —<br>—     | +92<br>0   | +150<br>0  | —<br>—     | +150<br>+ 58 | +184<br>+ 92 | +262<br>+170 | +492<br>+400 | +550<br>+400 | <b>1 800</b>            | <b>2 000</b> |

## Toleranzen für die Gehäusebohrung

| Durchmesserbereich (mm) |       | E6           | F6           | F7           | G6          | G7          | H6        | H7        | H8        | J6        | J7         | JS6    | JS7    |
|-------------------------|-------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------|--------|
| über                    | bis   |              |              |              |             |             |           |           |           |           |            |        |        |
| 10                      | 18    | +43<br>+32   | +27<br>+16   | +34<br>+16   | +17<br>+6   | +24<br>+6   | +11<br>0  | +18<br>0  | +27<br>0  | +6<br>-5  | +10<br>-8  | ± 5,5  | ± 9,0  |
| 18                      | 30    | +53<br>+40   | +33<br>+20   | +41<br>+20   | +20<br>+7   | +28<br>+7   | +13<br>0  | +21<br>0  | +33<br>0  | +8<br>-5  | +12<br>-9  | ± 6,5  | ± 10,5 |
| 30                      | 50    | +66<br>+50   | +41<br>+25   | +50<br>+25   | +25<br>+9   | +34<br>+9   | +16<br>0  | +25<br>0  | +39<br>0  | +10<br>-6 | +14<br>-11 | ± 8,0  | ± 12,5 |
| 50                      | 80    | +79<br>+60   | +49<br>+30   | +60<br>+30   | +29<br>+10  | +40<br>+10  | +19<br>0  | +30<br>0  | +46<br>0  | +13<br>-6 | +18<br>-12 | ± 9,5  | ± 15,0 |
| 80                      | 120   | +94<br>+72   | +58<br>+36   | +71<br>+36   | +34<br>+12  | +47<br>+12  | +22<br>0  | +35<br>0  | +54<br>0  | +16<br>-6 | +22<br>-13 | ± 11,0 | ± 17,5 |
| 120                     | 180   | +110<br>+85  | +68<br>+43   | +83<br>+43   | +39<br>+14  | +54<br>+14  | +25<br>0  | +40<br>0  | +63<br>0  | +18<br>-7 | +26<br>-14 | ± 12,5 | ± 20,0 |
| 180                     | 250   | +129<br>+100 | +79<br>+50   | +96<br>+50   | +44<br>+15  | +61<br>+15  | +29<br>0  | +46<br>0  | +72<br>0  | +22<br>-7 | +30<br>-16 | ± 14,5 | ± 23,0 |
| 250                     | 315   | +142<br>+110 | +88<br>+56   | +108<br>+56  | +49<br>+17  | +69<br>+17  | +32<br>0  | +52<br>0  | +81<br>0  | +25<br>-7 | +36<br>-16 | ± 16,0 | ± 26,0 |
| 315                     | 400   | +161<br>+125 | +98<br>+62   | +119<br>+62  | +54<br>+18  | +75<br>+18  | +36<br>0  | +57<br>0  | +89<br>0  | +29<br>-7 | +39<br>-18 | ± 18,0 | ± 28,5 |
| 400                     | 500   | +175<br>+135 | +108<br>+68  | +131<br>+68  | +60<br>+20  | +83<br>+20  | +40<br>0  | +63<br>0  | +97<br>0  | +33<br>-7 | +43<br>-20 | ± 20,0 | ± 31,5 |
| 500                     | 630   | +189<br>+145 | +120<br>+76  | +146<br>+76  | +66<br>+22  | +92<br>+22  | +44<br>0  | +70<br>0  | +110<br>0 | —         | —          | ± 22,0 | ± 35,0 |
| 630                     | 800   | +210<br>+160 | +130<br>+80  | +160<br>+80  | +74<br>+24  | +104<br>+24 | +50<br>0  | +80<br>0  | +125<br>0 | —         | —          | ± 25,0 | ± 40,0 |
| 800                     | 1 000 | +226<br>+170 | +142<br>+86  | +176<br>+86  | +82<br>+26  | +116<br>+26 | +56<br>0  | +90<br>0  | +140<br>0 | —         | —          | ± 28,0 | ± 45,0 |
| 1 000                   | 1 250 | +261<br>+195 | +164<br>+98  | +203<br>+98  | +94<br>+28  | +133<br>+28 | +66<br>0  | +105<br>0 | +165<br>0 | —         | —          | ± 33,0 | ± 52,5 |
| 1 250                   | 1 600 | +298<br>+220 | +188<br>+110 | +235<br>+110 | +108<br>+30 | +155<br>+30 | +78<br>0  | +125<br>0 | +195<br>0 | —         | —          | ± 39,0 | ± 62,5 |
| 1 600                   | 2 000 | +332<br>+240 | +212<br>+120 | +270<br>+120 | +124<br>+32 | +182<br>+32 | +92<br>0  | +150<br>0 | +230<br>0 | —         | —          | ± 46,0 | ± 75,0 |
| 2 000                   | 2 500 | +370<br>+260 | +240<br>+130 | +305<br>+130 | +144<br>+34 | +209<br>+34 | +110<br>0 | +175<br>0 | +280<br>0 | —         | —          | ± 55,0 | ± 87,5 |

Maßeinheit:  $\mu\text{m}$ 

| K5          | K6          | K7           | M5           | M6            | M7            | N5           | N6             | N7             | P6             | P7             | Durchmesserbereich (mm) |       |
|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|-------|
|             |             |              |              |               |               |              |                |                |                |                | über                    | bis   |
| + 2<br>- 6  | + 2<br>- 9  | + 6<br>- 12  | - 4<br>- 12  | - 4<br>- 15   | 0<br>- 18     | - 9<br>- 17  | - 9<br>- 20    | - 5<br>- 23    | - 15<br>- 26   | - 11<br>- 29   | 10                      | 18    |
| + 1<br>- 8  | + 2<br>- 11 | + 6<br>- 15  | - 5<br>- 14  | - 4<br>- 17   | 0<br>- 21     | - 12<br>- 21 | - 11<br>- 24   | - 7<br>- 28    | - 18<br>- 31   | - 14<br>- 35   | 18                      | 30    |
| + 2<br>- 9  | + 3<br>- 13 | + 7<br>- 18  | - 5<br>- 16  | - 4<br>- 20   | 0<br>- 25     | - 13<br>- 24 | - 12<br>- 28   | - 8<br>- 33    | - 21<br>- 37   | - 17<br>- 42   | 30                      | 50    |
| + 3<br>- 10 | + 4<br>- 15 | + 9<br>- 21  | - 6<br>- 19  | - 5<br>- 24   | 0<br>- 30     | - 15<br>- 28 | - 14<br>- 33   | - 9<br>- 39    | - 26<br>- 45   | - 21<br>- 51   | 50                      | 80    |
| + 2<br>- 13 | + 4<br>- 18 | + 10<br>- 25 | - 8<br>- 23  | - 6<br>- 28   | 0<br>- 35     | - 18<br>- 33 | - 16<br>- 38   | - 10<br>- 45   | - 30<br>- 52   | - 24<br>- 59   | 80                      | 120   |
| + 3<br>- 15 | + 4<br>- 21 | + 12<br>- 28 | - 9<br>- 27  | - 8<br>- 33   | 0<br>- 40     | - 21<br>- 39 | - 20<br>- 45   | - 12<br>- 52   | - 36<br>- 61   | - 28<br>- 68   | 120                     | 180   |
| + 2<br>- 18 | + 5<br>- 24 | + 13<br>- 33 | - 11<br>- 31 | - 8<br>- 37   | 0<br>- 46     | - 25<br>- 45 | - 22<br>- 51   | - 14<br>- 60   | - 41<br>- 70   | - 33<br>- 79   | 180                     | 250   |
| + 3<br>- 20 | + 5<br>- 27 | + 16<br>- 36 | - 13<br>- 36 | - 9<br>- 41   | 0<br>- 52     | - 27<br>- 50 | - 25<br>- 57   | - 14<br>- 66   | - 47<br>- 79   | - 36<br>- 88   | 250                     | 315   |
| + 3<br>- 22 | + 7<br>- 29 | + 17<br>- 40 | - 14<br>- 39 | - 10<br>- 46  | 0<br>- 57     | - 30<br>- 55 | - 26<br>- 62   | - 16<br>- 73   | - 51<br>- 87   | - 41<br>- 98   | 315                     | 400   |
| + 2<br>- 25 | + 8<br>- 32 | + 18<br>- 45 | - 16<br>- 43 | - 10<br>- 50  | 0<br>- 63     | - 33<br>- 60 | - 27<br>- 67   | - 17<br>- 80   | - 55<br>- 95   | - 45<br>- 108  | 400                     | 500   |
| —           | 0<br>- 44   | 0<br>- 70    | —            | - 26<br>- 70  | - 26<br>- 96  | —            | - 44<br>- 88   | - 44<br>- 114  | - 78<br>- 122  | - 78<br>- 148  | 500                     | 630   |
| —           | 0<br>- 50   | 0<br>- 80    | —            | - 30<br>- 80  | - 30<br>- 110 | —            | - 50<br>- 100  | - 50<br>- 130  | - 88<br>- 138  | - 88<br>- 168  | 630                     | 800   |
| —           | 0<br>- 56   | 0<br>- 90    | —            | - 34<br>- 90  | - 34<br>- 124 | —            | - 56<br>- 112  | - 56<br>- 146  | - 100<br>- 156 | - 100<br>- 190 | 800                     | 1 000 |
| —           | 0<br>- 66   | 0<br>- 105   | —            | - 40<br>- 106 | - 40<br>- 145 | —            | - 66<br>- 132  | - 66<br>- 171  | - 120<br>- 186 | - 120<br>- 225 | 1 000                   | 1 250 |
| —           | 0<br>- 78   | 0<br>- 125   | —            | - 48<br>- 126 | - 48<br>- 173 | —            | - 78<br>- 156  | - 78<br>- 203  | - 140<br>- 218 | - 140<br>- 265 | 1 250                   | 1 600 |
| —           | 0<br>- 92   | 0<br>- 150   | —            | - 58<br>- 150 | - 58<br>- 208 | —            | - 92<br>- 184  | - 92<br>- 242  | - 170<br>- 262 | - 170<br>- 320 | 1 600                   | 2 000 |
| —           | 0<br>- 110  | 0<br>- 175   | —            | - 68<br>- 178 | - 68<br>- 243 | —            | - 110<br>- 220 | - 110<br>- 285 | - 195<br>- 305 | - 195<br>- 370 | 2 000                   | 2 500 |

## ISO-Toleranzreihen

| Nenn-<br>maßbereich |       | Toleranzgrade                   |      |      |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-------|---------------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                     |       | IT1                             | IT2  | IT3  | IT4 | IT5 | IT6 | IT7 | IT8 | IT9 |
| über                | bis   | Toleranzwerte ( $\mu\text{m}$ ) |      |      |     |     |     |     |     |     |
| —                   | 3     | 0,8                             | 1,2  | 2,0  | 3   | 4   | 6   | 10  | 14  | 25  |
| 3                   | 6     | 1,0                             | 1,5  | 2,5  | 4   | 5   | 8   | 12  | 18  | 30  |
| 6                   | 10    | 1,0                             | 1,5  | 2,5  | 4   | 6   | 9   | 15  | 22  | 36  |
| 10                  | 18    | 1,2                             | 2,0  | 3,0  | 5   | 8   | 11  | 18  | 27  | 43  |
| 18                  | 30    | 1,5                             | 2,5  | 4,0  | 6   | 9   | 13  | 21  | 33  | 52  |
| 30                  | 50    | 1,5                             | 2,5  | 4,0  | 7   | 11  | 16  | 25  | 39  | 62  |
| 50                  | 80    | 2,0                             | 3,0  | 5,0  | 8   | 13  | 19  | 30  | 46  | 74  |
| 80                  | 120   | 2,5                             | 4,0  | 6,0  | 10  | 15  | 22  | 35  | 54  | 87  |
| 120                 | 180   | 3,5                             | 5,0  | 8,0  | 12  | 18  | 25  | 40  | 63  | 100 |
| 180                 | 250   | 4,5                             | 7,0  | 10,0 | 14  | 20  | 29  | 46  | 72  | 115 |
| 250                 | 315   | 6,0                             | 8,0  | 12,0 | 16  | 23  | 32  | 52  | 81  | 130 |
| 315                 | 400   | 7,0                             | 9,0  | 13,0 | 18  | 25  | 36  | 57  | 89  | 140 |
| 400                 | 500   | 8,0                             | 10,0 | 15,0 | 20  | 27  | 40  | 63  | 97  | 155 |
| 500                 | 630   | 9,0                             | 11,0 | 16,0 | 22  | 30  | 44  | 70  | 110 | 175 |
| 630                 | 800   | 10,0                            | 13,0 | 18,0 | 25  | 35  | 50  | 80  | 125 | 200 |
| 800                 | 1 000 | 11,0                            | 15,0 | 21,0 | 29  | 40  | 56  | 90  | 140 | 230 |
| 1 000               | 1 250 | 13,0                            | 18,0 | 24,0 | 34  | 46  | 66  | 105 | 165 | 260 |
| 1 250               | 1 600 | 15,0                            | 21,0 | 29,0 | 40  | 54  | 78  | 125 | 195 | 310 |
| 1 600               | 2 000 | 18,0                            | 25,0 | 35,0 | 48  | 65  | 92  | 150 | 230 | 370 |
| 2 000               | 2 500 | 22,0                            | 30,0 | 41,0 | 57  | 77  | 110 | 175 | 280 | 440 |
| 2 500               | 3 150 | 26,0                            | 36,0 | 50,0 | 69  | 93  | 135 | 210 | 330 | 540 |

Anmerkungen 1. Die Toleranzgrade IT 14 bis IT 16 sollten nicht für den Nennmaßbereich 1 mm oder kleiner verwendet werden.

2. Die Werte der Toleranzgrade IT1 bis IT5 für den Nennmaßbereich über 500 mm sind der Vollständigkeit halber angeführt.

| Toleranzgrade                     |       |       |       |       |       |        |        |        | Nenn-<br>maßbereich |       |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------------------|-------|
| IT10                              | IT11  | IT12  | IT13  | IT14  | IT15  | IT16   | IT17   | IT18   |                     |       |
| Toleranzenwerte ( $\mu\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |        |        |        | über                | bis   |
| 40                                | 60    | 100   | 140   | 260   | 400   | 600    | 1 000  | 1 400  | —                   | 3     |
| 48                                | 75    | 120   | 180   | 300   | 480   | 750    | 1 200  | 1 800  | 3                   | 6     |
| 58                                | 90    | 150   | 220   | 360   | 580   | 900    | 1 500  | 2 200  | 6                   | 10    |
| 70                                | 110   | 180   | 270   | 430   | 700   | 1 100  | 1 800  | 2 700  | 10                  | 18    |
| 84                                | 130   | 210   | 330   | 520   | 840   | 1 300  | 2 100  | 3 300  | 18                  | 30    |
| 100                               | 160   | 250   | 390   | 620   | 1 000 | 1 600  | 2 500  | 3 900  | 30                  | 50    |
| 120                               | 190   | 300   | 460   | 740   | 1 200 | 1 900  | 3 000  | 4 600  | 50                  | 80    |
| 140                               | 220   | 350   | 540   | 870   | 1 400 | 2 200  | 3 500  | 5 400  | 80                  | 120   |
| 160                               | 250   | 400   | 630   | 1 000 | 1 600 | 2 500  | 4 000  | 6 300  | 120                 | 180   |
| 185                               | 290   | 460   | 720   | 1 150 | 1 850 | 2 900  | 4 600  | 7 200  | 180                 | 250   |
| 210                               | 320   | 520   | 810   | 1 300 | 2 100 | 3 200  | 5 200  | 8 100  | 250                 | 315   |
| 230                               | 360   | 570   | 890   | 1 400 | 2 300 | 3 600  | 5 700  | 8 900  | 315                 | 400   |
| 250                               | 400   | 630   | 970   | 1 550 | 2 500 | 4 000  | 6 300  | 9 700  | 400                 | 500   |
| 280                               | 440   | 700   | 1 100 | 1 750 | 2 800 | 4 400  | 7 000  | 11 000 | 500                 | 630   |
| 320                               | 500   | 800   | 1 250 | 2 000 | 3 200 | 5 000  | 8 000  | 12 500 | 630                 | 800   |
| 360                               | 560   | 900   | 1 400 | 2 300 | 3 600 | 5 600  | 9 000  | 14 000 | 800                 | 1 000 |
| 420                               | 660   | 1 050 | 1 650 | 2 600 | 4 200 | 6 600  | 10 500 | 16 500 | 1 000               | 1 250 |
| 500                               | 780   | 1 250 | 1 950 | 3 100 | 5 000 | 7 800  | 12 500 | 19 500 | 1 250               | 1 600 |
| 600                               | 920   | 1 500 | 2 300 | 3 700 | 6 000 | 9 200  | 15 000 | 23 000 | 1 600               | 2 000 |
| 700                               | 1 100 | 1 750 | 2 800 | 4 400 | 7 000 | 11 000 | 17 500 | 28 000 | 2 000               | 2 500 |
| 860                               | 1 350 | 2 100 | 3 300 | 5 400 | 8 600 | 13 500 | 21 000 | 33 000 | 2 500               | 3 150 |

## Umwertungstabelle für Härtewerte

| Rockwell-Härte<br>Skala C<br>Last 1471 N<br>Diamantkegel<br>HRC | Vickers-Härte<br>Diamantpyramide<br>HV | Brinell-Härte        |                                | Rockwell-Härte                                 |                                                  | Shore-Härte |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|
|                                                                 |                                        | Standardkugel<br>HBS | Wolframkarbid-<br>Kugel<br>HBW | Skala A<br>Last 588,4 N<br>Diamantkegel<br>HRA | Skala B<br>Last 980,7 N<br>Kugel 1,588 mm<br>HRB |             |
| 68                                                              | 940                                    | —                    | —                              | 85,6                                           | —                                                | 97          |
| 67                                                              | 900                                    | —                    | —                              | 85,0                                           | —                                                | 95          |
| 66                                                              | 865                                    | —                    | —                              | 84,5                                           | —                                                | 92          |
| 65                                                              | 832                                    | —                    | 739                            | 83,9                                           | —                                                | 91          |
| 64                                                              | 800                                    | —                    | 722                            | 83,4                                           | —                                                | 88          |
| 63                                                              | 772                                    | —                    | 705                            | 82,8                                           | —                                                | 87          |
| 62                                                              | 746                                    | —                    | 688                            | 82,3                                           | —                                                | 85          |
| 61                                                              | 720                                    | —                    | 670                            | 81,8                                           | —                                                | 83          |
| 60                                                              | 697                                    | —                    | 654                            | 81,2                                           | —                                                | 81          |
| 59                                                              | 674                                    | —                    | 634                            | 80,7                                           | —                                                | 80          |
| 58                                                              | 653                                    | —                    | 615                            | 80,1                                           | —                                                | 78          |
| 57                                                              | 633                                    | —                    | 595                            | 79,6                                           | —                                                | 76          |
| 56                                                              | 613                                    | —                    | 577                            | 79,0                                           | —                                                | 75          |
| 55                                                              | 595                                    | —                    | 560                            | 78,5                                           | —                                                | 74          |
| 54                                                              | 577                                    | —                    | 543                            | 78,0                                           | —                                                | 72          |
| 53                                                              | 560                                    | —                    | 525                            | 77,4                                           | —                                                | 71          |
| 52                                                              | 544                                    | 500                  | 512                            | 76,8                                           | —                                                | 69          |
| 51                                                              | 528                                    | 487                  | 496                            | 76,3                                           | —                                                | 68          |
| 50                                                              | 513                                    | 475                  | 481                            | 75,9                                           | —                                                | 67          |
| 49                                                              | 498                                    | 464                  | 469                            | 75,2                                           | —                                                | 66          |
| 48                                                              | 484                                    | 451                  | 455                            | 74,7                                           | —                                                | 64          |
| 47                                                              | 471                                    | 442                  | 443                            | 74,1                                           | —                                                | 63          |
| 46                                                              | 458                                    | 432                  | 432                            | 73,6                                           | —                                                | 62          |
| 45                                                              | 446                                    | 421                  | 421                            | 73,1                                           | —                                                | 60          |
| 44                                                              | 434                                    | 409                  | 409                            | 72,5                                           | —                                                | 58          |
| 43                                                              | 423                                    | 400                  | 400                            | 72,0                                           | —                                                | 57          |
| 42                                                              | 412                                    | 390                  | 390                            | 71,5                                           | —                                                | 56          |
| 41                                                              | 402                                    | 381                  | 381                            | 70,9                                           | —                                                | 55          |
| 40                                                              | 392                                    | 371                  | 371                            | 70,4                                           | —                                                | 54          |
| 39                                                              | 382                                    | 362                  | 362                            | 69,9                                           | —                                                | 52          |
| 38                                                              | 372                                    | 353                  | 353                            | 69,4                                           | —                                                | 51          |
| 37                                                              | 363                                    | 344                  | 344                            | 68,9                                           | —                                                | 50          |
| 36                                                              | 354                                    | 336                  | 336                            | 68,4                                           | (109,0)                                          | 49          |
| 35                                                              | 345                                    | 327                  | 327                            | 67,9                                           | (108,5)                                          | 48          |
| 34                                                              | 336                                    | 319                  | 319                            | 67,4                                           | (108,0)                                          | 47          |
| 33                                                              | 327                                    | 311                  | 311                            | 66,8                                           | (107,5)                                          | 46          |
| 32                                                              | 318                                    | 301                  | 301                            | 66,3                                           | (107,0)                                          | 44          |
| 31                                                              | 310                                    | 294                  | 294                            | 65,8                                           | (106,0)                                          | 43          |
| 30                                                              | 302                                    | 286                  | 286                            | 65,3                                           | (105,5)                                          | 42          |
| 29                                                              | 294                                    | 279                  | 279                            | 64,7                                           | (104,5)                                          | 41          |
| 28                                                              | 286                                    | 271                  | 271                            | 64,3                                           | (104,0)                                          | 41          |
| 27                                                              | 279                                    | 264                  | 264                            | 63,8                                           | (103,0)                                          | 40          |
| 26                                                              | 272                                    | 258                  | 258                            | 63,3                                           | (102,5)                                          | 38          |
| 25                                                              | 266                                    | 253                  | 253                            | 62,8                                           | (101,5)                                          | 38          |
| 24                                                              | 260                                    | 247                  | 247                            | 62,4                                           | (101,0)                                          | 37          |
| 23                                                              | 254                                    | 243                  | 243                            | 62,0                                           | 100,0                                            | 36          |
| 22                                                              | 248                                    | 237                  | 237                            | 61,5                                           | 99,0                                             | 35          |
| 21                                                              | 243                                    | 231                  | 231                            | 61,0                                           | 98,5                                             | 35          |
| 20                                                              | 238                                    | 226                  | 226                            | 60,5                                           | 97,8                                             | 34          |
| (18)                                                            | 230                                    | 219                  | 219                            | —                                              | 96,7                                             | 33          |
| (16)                                                            | 222                                    | 212                  | 212                            | —                                              | 95,5                                             | 32          |
| (14)                                                            | 213                                    | 203                  | 203                            | —                                              | 93,9                                             | 31          |
| (12)                                                            | 204                                    | 194                  | 194                            | —                                              | 92,3                                             | 29          |
| (10)                                                            | 196                                    | 187                  | 187                            | —                                              | 90,7                                             | 28          |
| (8)                                                             | 188                                    | 179                  | 179                            | —                                              | 89,5                                             | 27          |
| (6)                                                             | 180                                    | 171                  | 171                            | —                                              | 87,1                                             | 26          |
| (4)                                                             | 173                                    | 165                  | 165                            | —                                              | 85,5                                             | 25          |
| (2)                                                             | 166                                    | 158                  | 158                            | —                                              | 83,5                                             | 24          |
| (0)                                                             | 160                                    | 152                  | 152                            | —                                              | 81,7                                             | 24          |

**Physikalische und mechanische Eigenschaften der Wälzlagerwerkstoffe**

| Anwendung  | Werkstoff-<br>bezeichnung | Wärmebehandlung                                 | Dichte<br>g/cm³ | spezifische<br>Wärme-<br>kapazität<br>KJ/<br>(kg·K) | Wärmeleit-<br>fähigkeit<br>W/(m·K) | elektrischer<br>Widerstands-<br>beiwert<br>μΩ·cm | Linearer<br>Wärmeaus-<br>dehnungs-<br>koeffizient<br>(0°~100°C)<br>x10 <sup>-6</sup> /°C | Elastizitäts-<br>modul<br>HPa | Streck-<br>grenze<br>HPa | Zugfestig-<br>keit<br>MPa | Bruch-<br>dehnung<br>% | Härte<br>HB   | Anmerkungen                                            |
|------------|---------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|
| Lagerstahl | SUJ2                      | Härten,<br>Anlassen                             | 7,83            | 0,47                                                | 46                                 | 22                                               | 12,5                                                                                     | 208 000                       | 1 370                    | 1 570<br>~1 960           | Max.<br>0.5            | 650<br>~740   | Kohlenstoff-<br>Chrom-Stahl<br>Wälzlagerstahl<br>Typ 2 |
|            | SUJ2                      | Weichglühen                                     | 7,86            |                                                     |                                    |                                                  |                                                                                          |                               | 11,9                     | 420                       | 647                    | 27            |                                                        |
|            | SCr420                    | Härten, Anlassen<br>bei niedriger<br>Temperatur | 7,83            |                                                     | 48                                 | 21                                               | 12,8                                                                                     |                               | 882                      | 1 225                     | 15                     | 370           | Chromstahl                                             |
|            | SAE4320<br>(SNCM420)      | Härten, Anlassen<br>bei niedriger<br>Temperatur |                 |                                                     | 44                                 | 20                                               | 11,7                                                                                     |                               | 902                      | 1 009                     | 16                     | **293<br>~375 | Nickel-Chrom-<br>Molybdän-Stahl                        |
|            | SNCM815                   | Härten, Anlassen<br>bei niedriger<br>Temperatur | 7,89            |                                                     | 40                                 | 35                                               | —                                                                                        |                               | —                        | Min.<br>*1 080            | Min.<br>*12            | *311<br>~375  | Nickel-Chrom-<br>Molybdän-Stahl                        |
|            | SUS440C                   | Härten, Anlassen<br>bei niedriger<br>Temperatur | 7,68            | 0,46                                                | 24                                 | 60                                               | 10,1                                                                                     | 200 000                       | 1 860                    | 1 960                     | —                      | **580         | Korrosionsbeständiger<br>Martensitstahl                |
|            | SPCC                      | Glühen                                          | 7,86            | 0,47                                                | 59                                 | 15                                               | 11,6                                                                                     | 206 000                       | —                        | Min.<br>*275              | Min.<br>*32            | —             | Kaltgewalzter<br>Stahl                                 |
|            | S25C                      | Glühen                                          |                 | 0,48                                                | 50                                 | 17                                               | 11,8                                                                                     |                               | 323                      | 431                       | 33                     | 120           | Vergütungsstahl                                        |
|            | HB <sub>s</sub> C1        |                                                 | 8,50            | 0,38                                                | 123                                | 6,2                                              | 6,2,0                                                                                    | 103 000                       | —                        | Min.<br>*431              | Min.<br>*20            | —             | Messingguss<br>hohe Festigkeit                         |

**Anmerkungen:**

\*Standardwert nach JIS oder Referenzwert

\*\*Die Härte wird normalerweise als Rockwell C angegeben. Wegen der besseren Vergleichbarkeit wird sie hier in Brinell umgerechnet.

Bezugswert: die Grenzwerte für SUJ2 und SCr420 betragen 833 MPa bzw. 440 MPa



| Anwendung                            | Werkstoff-<br>bezeichnung | Wärmebehandlung                                              | Dichte<br>g/cm <sup>3</sup> | Spezifische<br>Wärmekapa-<br>zität<br>KJ/<br>(kg·K) | Wärmeleit-<br>fähigkeit<br>W/(m·K) | elektrischer<br>Widerstands-<br>beiwert<br>μΩ·cm | Linearer<br>Wärmeaus-<br>dehnungs-<br>koeffizient<br>(0°~100°C)<br>x10 <sup>-6</sup> /°C | Elastizitäts-<br>modul<br>MPa | Streck-<br>grenze<br>MPa | Zugfestig-<br>keit<br>MPa | Bruch-<br>dehnung<br>% | Härte<br>HB  | Anmerkungen                                  |
|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|--------------|----------------------------------------------|
| W<br>e<br>i<br>l<br>i<br>g<br>e      | S45C                      | Härten, Anlassen<br>bei 650°C                                | 7,83                        | 0,48                                                | 47                                 | 18                                               | 12,8                                                                                     | 207 000                       | 440                      | 735                       | 25                     | 217          | Vergütungsstahl                              |
|                                      | SCr430                    | Härten,<br>Abschrecken bei<br>520 – 620 °C                   |                             |                                                     |                                    | 22                                               | 12,5                                                                                     | 208 000                       | Min.<br>*637             | Min.<br>*784              | Min.<br>*18            | *229<br>~293 | Chromstahl                                   |
|                                      | SCr440                    | Härten,<br>Abschrecken bei<br>520 – 620 °C                   |                             |                                                     | 45                                 | 23                                               |                                                                                          |                               | Min.<br>*748             | Min.<br>*930              | Min.<br>*13            | *269<br>~331 | Chromstahl                                   |
|                                      | SCM420                    | Härten,<br>Abschrecken bei<br>150 – 200 °C                   |                             | 0,47                                                | 48                                 | 21                                               | 12,8                                                                                     |                               | —                        | Min.<br>*93               | Min.<br>*14            | *262<br>~352 | Chrom-<br>Molybdän-Stahl                     |
|                                      | SNCM439                   | Härten, Anlassen<br>bei 650 °C                               |                             |                                                     | 38                                 | 30                                               | 11,3                                                                                     |                               | 920                      | 1 030                     | 18                     | 320          | Chrom- Nickel-<br>Molybdän-Stahl             |
|                                      | SC46                      | Normalglühen                                                 | —                           | —                                                   | —                                  | —                                                | —                                                                                        | 206 000                       | 294                      | 520                       | 27                     | 143          | Baustahl                                     |
|                                      | SUS420J2                  | Härten,<br>Abschrecken bei<br>1038 °C – Öl,<br>400 °C – Luft | 7,75                        | 0,46                                                | 22                                 | 55                                               | 10,4                                                                                     | 200 000                       | 1 440                    | 1 650                     | 10                     | 400          | Korrosionsbe-<br>ständiger<br>Martensitstahl |
| G<br>e<br>s<br>a<br>m<br>m<br>e<br>n | FC200                     | Entfällt                                                     | 7,30                        | 0,50                                                | 43                                 | —                                                |                                                                                          | 98 000                        | —                        | Min.<br>*200              | —                      | Max.<br>*217 | Grauguss                                     |
|                                      | FCD400                    | Entfällt                                                     | 7,00                        | 0,48                                                | 20                                 | —                                                | 11,7                                                                                     |                               | Min.<br>*250             | Min.<br>*400              | Min.<br>*12            | Max.<br>*201 | Grauguss mit<br>Kugelgraphit                 |
|                                      | A1100                     | Glühen                                                       | 2,69                        | 0,90                                                | 222                                | 3,0                                              | 23,7                                                                                     | 70 000                        | 34                       | 78                        | 35                     | —            | Reinaluminium                                |
|                                      | AC4C                      | Entfällt                                                     | 2,68                        | 0,88                                                | 151                                | 4,2                                              | 21,5                                                                                     | 72 000                        | 88                       | 167                       | 7                      | —            | Aluminiumlegie-<br>rung für Sandguss         |
|                                      | ADC10                     | Entfällt                                                     | 2,74                        | 0,96                                                | 96                                 | 7,5                                              | 22,0                                                                                     | 71 000                        | 167                      | 323                       | 4                      | —            | Aluminiumlegie-<br>rung für<br>Druckguss     |
|                                      | SUS304                    | Glühen                                                       | 8,03                        | 0,50                                                | 15                                 | 72                                               | 15,7~<br>16,8                                                                            | 193 000                       | 245                      | 588                       | 60                     | 150          | Korrosionsbestän-<br>diger Austenitstahl     |

## Anmerkungen:

\*Standardwert nach JIS oder Referenzwert

\*\*Die Härte wird normalerweise als Rockwell C angegeben. Wegen der besseren Vergleichbarkeit wird sie hier in Brinell umgerechnet.

Bezugswert:

die Grenzwerte für SUJ2 und SCr420 betragen 833 MPa bzw. 440 MPa

# Kundenlastenheft

Wenn Sie bei der Auslegung einer Werkzeugmaschinen­spindel Unterstützung wünschen, wenden Sie sich bitte an NSK. Wir benötigen dazu folgende Angaben:

## Anfrage Spezifikation Genauigkeitslager

Firma \_\_\_\_\_

● Betriebsbedingungen Art der Maschine [ Bearbeitungszentrum, Drehmaschine, Innenschleifmaschine, Motor, andere ( ) ]

Maschinenbezeichnung \_\_\_\_\_

Einbaustelle [ Hauptspindel, Axiallager für Kugelgewindtrieb ] [ Festlager, Loslager ]

Einbaulage der Spindel [ vertikal, horizontal, andere ( ) ]

Lagerbauform Bitte unterstreichen

Schräggugellager [ Standard-Reihe, ROBUST BNR, ROBUST BER, ROBUST BGR ]

Zylinderrollenlager [ einreihiges Zylinderrollenlager, Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen Reihe ROBUST, zweireihiges Zylinderrollenlager ]

Axial-Schräggugellager [ Hauptspindel TAC, ROBUST BAR, ROBUST BTR ]

Rillenkugellager [ Hochgenauigkeits-Rillenkugellager für Motorspindeln ]

Axiallager für Kugelgewindtrieb [ für Werkzeugmaschine, für Spritzgussmaschine ]

Lageranordnung [ DB, DBD, DBB, DF, DFD, DFF, andere ( ) ]

NSK Lagerbezeichnung \_\_\_\_\_

Lagerbezeichnung eines anderen Herstellers \_\_\_\_\_

Bohrung \_\_\_\_\_ mm Außendurchmesser \_\_\_\_\_ mm Gesamtbreite \_\_\_\_\_ mm

Außenringbreite \_\_\_\_\_ mm Innenringbreite \_\_\_\_\_ mm Genauigkeitsklasse \_\_\_\_\_

Lagerluft \_\_\_\_\_

### ● Lagerbelastung

Drehzahl \_\_\_\_\_ min<sup>-1</sup> Radiallast \_\_\_\_\_ N Axiallast \_\_\_\_\_ N

Drehmoment \_\_\_\_\_ N · mm Löse­kraft des Spannwerkzeugs \_\_\_\_\_ N

### ● Welle und Gehäuse

Wellentoleranz \_\_\_\_\_ Gehäuse-toleranz \_\_\_\_\_ Gehäuse-Außendurchmesser \_\_\_\_\_ mm

Werkstoff der Welle \_\_\_\_\_ Werkstoff des Gehäuses \_\_\_\_\_ Innendurchmesser der Hohlwelle \_\_\_\_\_ mm

Antriebsart \_\_\_\_\_ Kühlung (Kühlung: ja/nein) \_\_\_\_\_ Art der Vorspannung (starre Vorspannung oder Federvorspannung) \_\_\_\_\_

Breite des Zwischenrings \_\_\_\_\_ mm Umgebungstemperatur \_\_\_\_\_ °C

### ● erforderliche Werte

Steifigkeit \_\_\_\_\_ N/μm Vorspannung \_\_\_\_\_ N Lebensdauer \_\_\_\_\_ hr

### ● Anmerkungen

Spezielle Anforderungen, Fragen oder Anmerkungen

Anlagen: ja/nein

## Vergleichstabelle alte und neue Lagerbezeichnungen

|                                                       |             |               |                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------|-------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       |             |               |                                                                                                                    |
| Hochgenauigkeits-Schräggugellager                     | 79xxCTYNDBL | 79xxCTYDBC7   | TYN: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 46<br>TY: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 66<br>EL←C2, L←C7<br>M←C8, H←C9 |
|                                                       | 70xxCTYNDBL | 70xxCTYDBC7   |                                                                                                                    |
|                                                       | 72xxCTYNDBL | 72xxCTYDBC7   |                                                                                                                    |
|                                                       | 70xxATYNDBL | 70xxATYDBC7   |                                                                                                                    |
|                                                       | 72xxATYNDBL | 72xxATYDBC7   |                                                                                                                    |
|                                                       | 79xxA5TYN   | 79xxA5TY      | TYN: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 46<br>TY: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 66                              |
|                                                       | 70xxA5TYN   | 70xxA5TY      |                                                                                                                    |
|                                                       | 72xxA5TYN   | 72xxA5TY      |                                                                                                                    |
| Schräggugellager für höchste Drehzahlen               | xxBNR19STYN | xxBNC19TY     | TYN: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 46<br>TY: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 66                              |
|                                                       | xxBNR10STYN | xxBNC10TY     |                                                                                                                    |
|                                                       | xxBNR19HTYN | xxBNC19SN24TY |                                                                                                                    |
|                                                       | xxBNR10HTYN | xxBNC10SN24TY |                                                                                                                    |
| Schräggugellager höchster Genauigkeit                 | xxBGR10S    | xxBNT10F      | BGR: selbsthaltendes Lager<br>BNT: nicht selbsthaltendes Lager                                                     |
|                                                       | xxBGR10H    | xxBNT10FSN24  |                                                                                                                    |
| Zweireihige Zylinderrollenlager                       | NN30xxTB    | NN30xxT       | TB: rollengeführter PPS-Käfig<br>TP: außenringgeführter PEEK-Käfig<br>T: rollengeführter Käfig aus Polyamid 66     |
| Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen | N10xxRSTP   | N10xxBT       |                                                                                                                    |
| Axial-Schräggugellager für hohe Drehzahlen            | xxBAR10STYN | xxBA10XTY     | TYN: Käfig aus Polyamid 46<br>TY: außenringgeführter PEEK-Käfig                                                    |
|                                                       | xxBTR10STYN | xxBT10XTY     |                                                                                                                    |
|                                                       | xxBAR10S    | xxTAC20       | TAC20(29): zweiseitig wirkende Axial-Schräggugellager<br>BTR10S, BT19x: Axial-Schräggugellager                     |
|                                                       | xxBT19x     | xxTAC29       |                                                                                                                    |

Diese Liste ist natürlich nicht vollständig. Wenn Sie eine spezielle Lagerbezeichnung suchen, wenden Sie sich bitte an NSK.

## Messen der Lagerluft – Vorspannung bei Lagersätzen

Bei der O-Anordnung werden die Lager, wie unten abgebildet, ohne den kompletten Zwischenringsatz auf die Grundplatte gelegt. Nach Aufbringen der Messlast werden die Lager vorsichtig gedreht. Wenn die Messuhr einen konstanten Wert anzeigt, kann der Nullwert eingestellt werden.

Im nächsten Schritt wird der äußere Zwischenring durch den inneren Zwischenring ersetzt und die Messlast wird erneut aufgebracht. An der Messuhr kann dann die Axialluft abgelesen werden.

(Positive Werte bedeuten Lagerluft – CA, negative Werte bedeuten negative Lagerluft – CP, d.h. Lagervorspannung.)

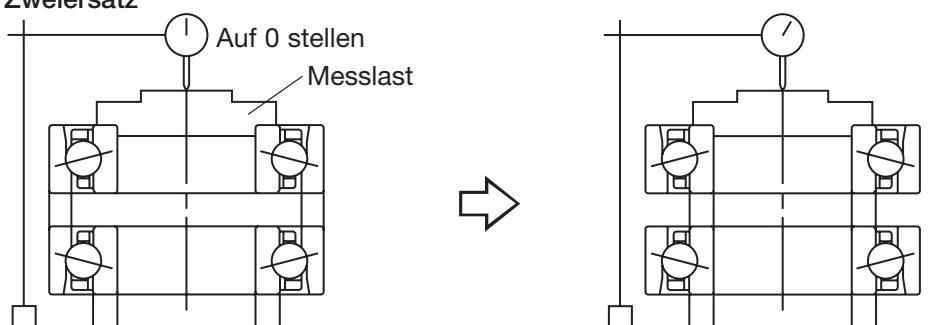
Im Fall der X-Anordnung wird der gleiche Messvorgang durchgeführt wie bei der O-Anordnung. Nur die Zwischenringe werden anders angeordnet.

Bei der Messung von Einzellagern kann die Axialluft des Lagersatzes durch Addition der jeweiligen Werte der Einzellager gewonnen werden.

Bezüglich der Messlast siehe Seite 155, Tabelle 4.1.

### O-Anordnung – DB

#### Im Fall Zweiersatz

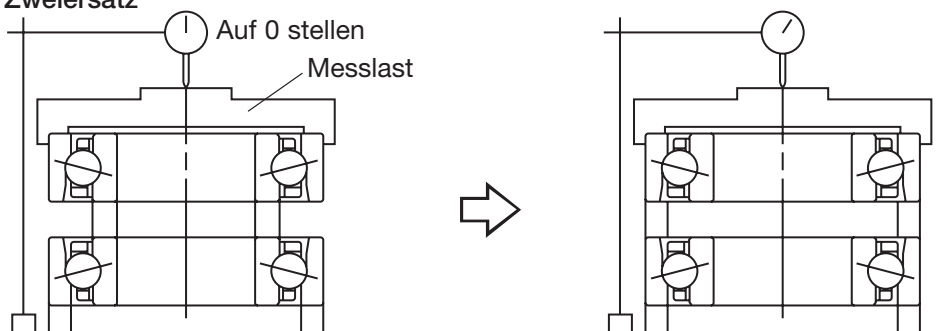


#### Im Fall Einzellager



### X-Anordnung – DF

#### Im Fall Zweiersatz



#### Im Fall Einzellager



## EUROPEAN NSK SALES OFFICES

### FRANCE

NSK France S.A.S.  
Quartier de l'Europe  
2, Rue Georges Guynemer  
78283 Guyancourt Cedex  
Tel: +33 1 30573939  
Fax: +33 1 30570001  
Email: info-fr@nsk.com

### GERMANY

NSK Deutschland GmbH  
Harkortstrasse 15  
40880 Ratingen  
Tel: +49 2102 4810  
Fax: +49 2102 4812290  
Email: info-de@nsk.com

### ITALY

NSK Italia S.p.A.  
Via Garibaldi 215 - C.P. 103  
20024 Garbagnate  
Milanese (MI)  
Tel: +39 02 995191  
Fax: +39 02 99025778  
Email: info-it@nsk.com

### NORWAY

#### NORDIC SALES OFFICE

NSK Europe Norwegian Branch NUF  
Østre Kullerød 5  
N-3241 Sandefjord  
Tel: +47 33 293160  
Fax: +47 33 429002  
Email: info-n@nsk.com

### POLAND & CEE

NSK Polska Sp. z o.o.  
Warsaw Branch  
Ul. Migdałowa 4/73  
02-796 Warszawa  
Tel: +48 22 6451525  
Fax: +48 22 6451529  
Email: info-pl@nsk.com

### SPAIN

NSK Spain, S.A.  
C/ Tarragona, 161 Cuerpo Bajo  
2ª Planta, 08014 Barcelona  
Tel: +34 93 2892763  
Fax: +34 93 4335776  
Email: info-es@nsk.com

### SWEDEN

NSK Sweden Office  
Karolinen Företagscenter  
Våxnäsgatan 10  
SE-65340 Karlstad  
Tel: +46 5410 3545  
Fax: +46 5410 3544  
Email: info-n@nsk.com

### TURKEY

NSK Rulmanlari Orta Doğu Tic. Ltd. Şti  
19 Mayıs Mah. Atatürk Cad.  
Ulya Engin İş Merkezi No: 68 Kat. 6  
P.K.: 34734  
Kozyatağı - İstanbul  
Tel: +90 216 3550398  
Fax: +90 216 3550399  
Email: turkey@nsk.com

### UK

NSK UK Ltd.  
Northern Road, Newark  
Nottinghamshire  
NG24 2JF  
Tel: +44 1636 605123  
Fax: +44 1636 602775  
Email: info-uk@nsk.com

Please also visit our website:

[www.nskeurope.com](http://www.nskeurope.com) – Global NSK: [www.nsk.com](http://www.nsk.com)

