

+ HOCHGENAUIGKEITSLAGER



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	
Miniaturlagerreihen	
Reihe 79	
Reihe 70	
Reihe 72	

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Eigenschaften	S62-79
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)

Eigenschaften	S80-84
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	

5. Hochgenauigkeits-Rillenkugellager

Hochgenauigkeits-Rillenkugellager	S118-120
Eigenschaften	
Bezeichnungssystem	
Lagertabellen	
Reihen 60, 62 und 63 (Polyamid-Käfige T1X und TYA)	
Reihen 60 und 62 (Hartgewebe-Käfige)	

6. Zubehör

Messgeräte und Lehren	S124-127
Maßringe GR	
Eigenschaften	
Bezeichnungssystem	
Kegellehrringe GTR	
Eigenschaften	
Bezeichnungssystem	
Hüllkreismessgeräte GN	
Eigenschaften	
Bezeichnungssystem	
Bearing Monitor NB-4	S128
Induktives Anwärmergerät	S129
Fett-Nachschmiersystem	S130-131
Öl-Luft-Schmiersystem	S132-133
Abgedichtete Präzisionszwischenringe	S134-135

Kap. 5 Technische Informationen

1. Lebensdauer	S138-145
· Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt und nominelle Tragzahl	
· Neue Lebensdauertheorie	
2. Statische Tragzahl und statisch äquivalente Lagerbelastung	S146-147
3. Lagersätze von Schrägkugellagern	S148-151
· Eigenschaften	
· Universalausführung	
4. Vorspannung und Steifigkeit	S152-169
· Arten von Vorspannung und Steifigkeit	
· Tabellen: Vorspannung und Steifigkeit	
5. Drehzahlgrenze	S170-171
6. Schmierung	S172-175
7. Toleranzen	S176-183
· Radiallager	
· Kegelige Bohrung	
· Axial-Schrägkugellager	
8. Ausführung von Welle und Gehäuse	S184-188
· Wellen- und Gehäusepassung	
· Bearbeitungstoleranzen von Welle und Gehäuse	
· Anschlussmaße	
· Kantenabstände und -radien	
9. Zwischenringe	S189-193
· Abmessungen der Zwischenringe	
· Position der Schmierdüse	

Kap. 6 Handhabung von Lagern

1. Lagermontage	S196-209
1. Reinigung der Lager und der Anschlusssteile	
2. Überprüfung der Maßgenauigkeit der Anschlusssteile	
3. Lagermontage	
4. Kontrolle nach der Montage	
2. Inspektion im Betrieb	S210-211
3. Einlaufvorgang	S212-213

Kap. 7 Diagnose von Lagerausfällen

1. Lagerausfälle und Abhilfemaßnahmen	S216-219
2. Untersuchung mittels Geräusch- und Frequenzanalyse	S220-225

Kap. 8 Anhang

Toleranzen für die Wellendurchmesser	S228-229
Toleranzen für die Gehäusebohrung	S230-231
ISO-Toleranzreihen	S232-233
Umwertungstabelle für Härtewerte	S234
Physikalische und mechanische Eigenschaften der Lagerwerkstoffe	S235-236
Kundenlastenheft	S237
Vergleichstabelle	S238
Messen der Lagerluft-Vorspannung bei Lagersätzen	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 wälzlager-technischen 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.






Konzernzentrale



**NSK Produktionswerk
Fujisawa**



**Amerikanisches
Technologiezentrum**

- Headquarter
- Verkaufsniederlassungen,
Produktionsstätten
- Technologiezentren

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

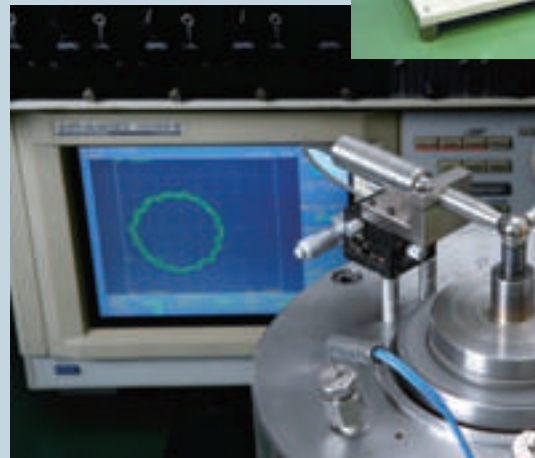
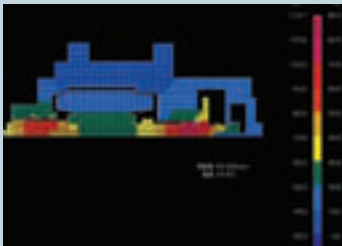
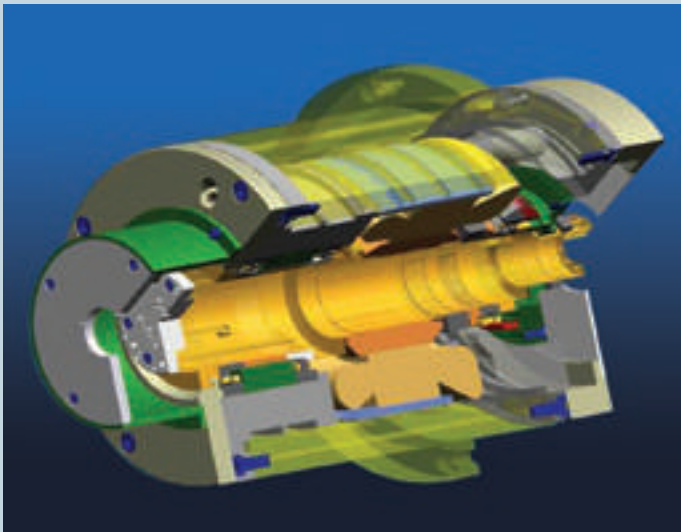
Im Mittelpunkt der Forschung steht die Tribologie, die Wissenschaft von Reibung und Verschleiß.

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 erfahrener Personal sowie strengsten Qualitätsrichtlinien für jeden Produktionsschritt in jedem NSK-Werk erzielt wird.

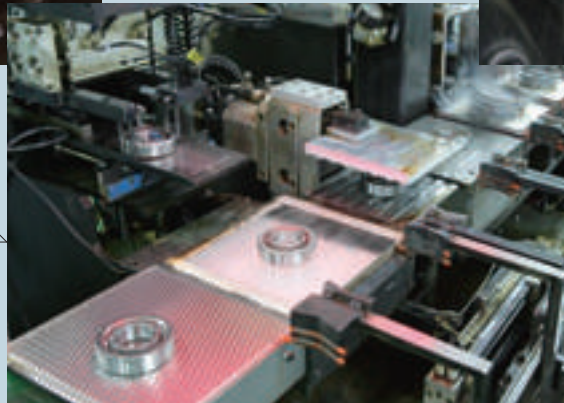
NSK hat für Hochgenauigkeitslager globale Produktionsstätten in Japan und England und kann dadurch schnell auf die Kundenanforderungen reagieren.



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.

Z-Stahl als Standard-Werkstoff für Hochgenauigkeitslager

Z Stahl

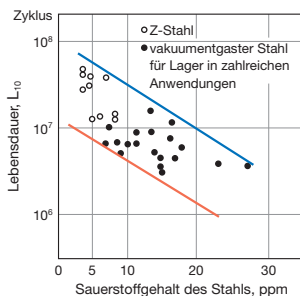
Standard-Werkstoff für lange Lebensdauer. 1,8-fach längere Ermüdungslebensdauer als herkömmlicher vakuumtgesteuerter Stahl

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 vakuumtgesteuerter 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

EP-Stahl für zuverlässigen Betrieb unter hohen Lasten

EP Stahl

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

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.

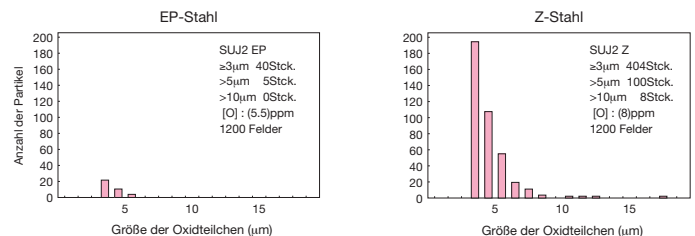
Neues Prüfverfahren

Die neue ISD²-Methode von NSK hilft, die oxidischen, nichtmetallischen Einschlüsse im Stahl besser zu beurteilen. Dies geschieht mit einem Bildanalyseverfahren, kombiniert mit verbesserter Stahlherstellung.

Verbesserte Stahlherstellung

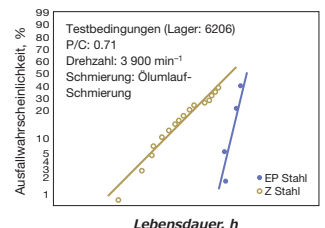
Eine neue Technik in der Stahlherstellung bringt wesentlich reinere Stahl mit einem geringeren Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen hervor, als es beim Z-Stahl der Fall ist. EP-Stahl weist außerdem eine geringere Anzahl großer Partikel auf als im Vakuumlichtbogenofen umerschmolzener Stahl (VAR) oder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

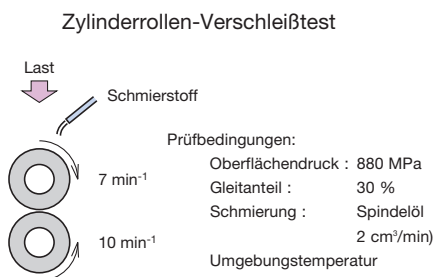
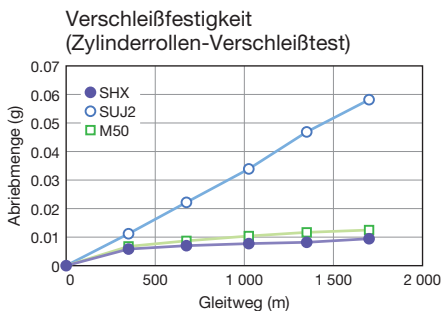
SHX-Stahl für Anwendungen mit extremen Drehzahlen

SHX Stahl

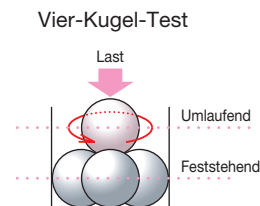
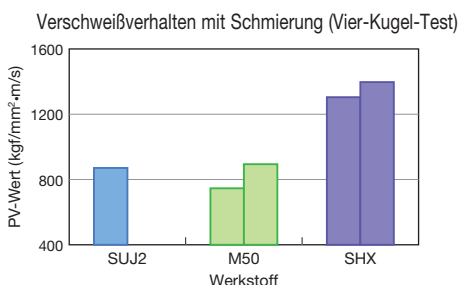
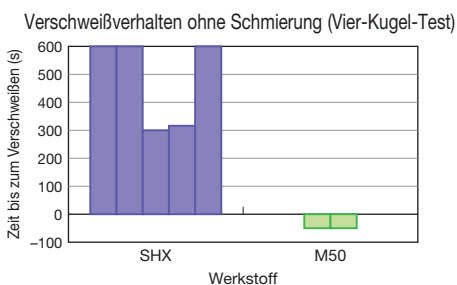
Wärmebeständiger Sonderstahl für längere Lebensdauer von Lagern bei höchsten Drehzahlen. 4-fache Ermüdungslebensdauer als herkömmlicher Wälzgerstahl bei 20% mehr Drehzahl

Die Eigenschaften von SHX-Stahl

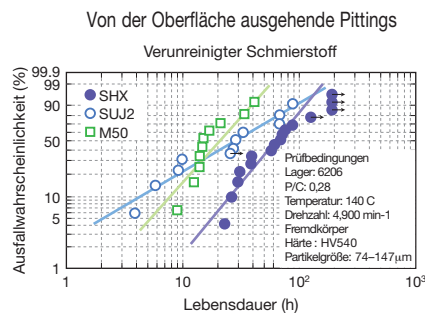
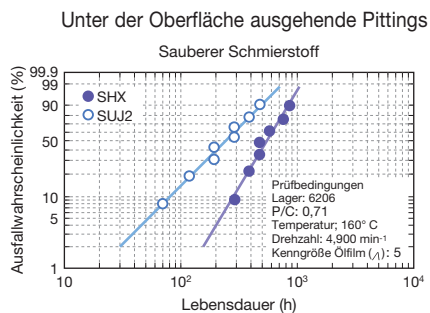
SHX-Stahl ist durch das spezielle Wärmebehandlungsverfahren von NSK besonders wärmebeständig. In dieser Eigenschaft unterscheidet er sich kaum vom Stahl M50, aus dem die Lager für Strahltriebwerke hergestellt werden, wo Temperaturen von bis zu 300 °C auftreten. Diese Wärmebeständigkeit sowie die geringere 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



Schräggkugellager 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 (Si_3N_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 Wärmeerzeugung

• 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

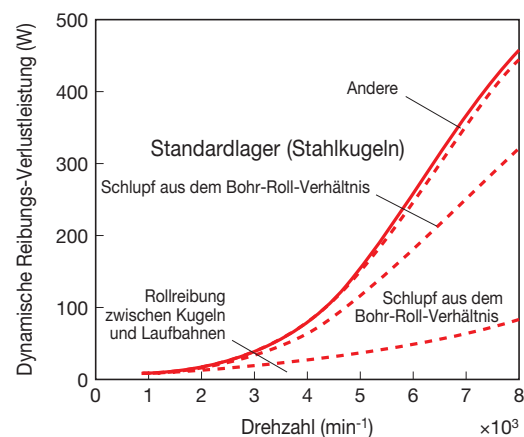
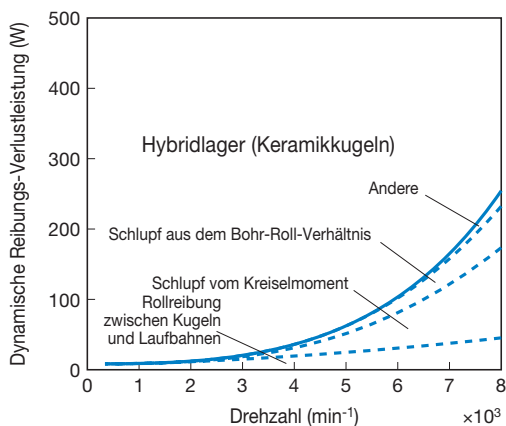
Keramik hat einen geringen Wärmedehnungskoeffizienten. Selbst bei hohen Betriebstemperaturen, die bei hohen Drehzahlen auftreten, dehnen sich die Wälzkörper weniger aus. Eine Erhöhung der Vorspannung und die daraus resultierende erneute Temperaturerhöhung werden vermindert.

• Geringe Reibung

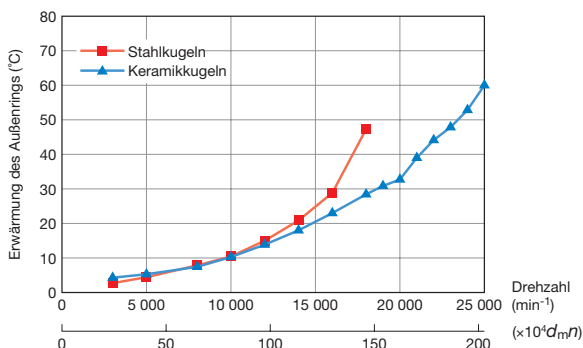
Die geringere Reibung der Wälzkörper im Betrieb bedeutet geringere Wärmeentwicklung.

➔ Geringere Wärmeerzeugung ermöglicht extreme Drehzahlen

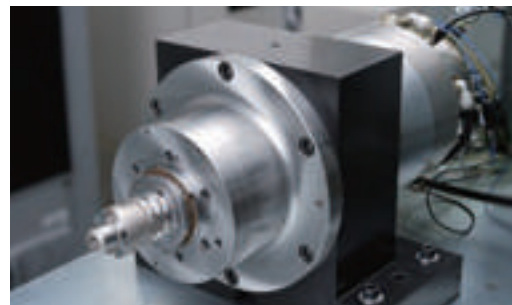
Rechnerisches Ergebnis der Erwärmung



Erwärmung des Außenrings bei hohen Drehzahlen

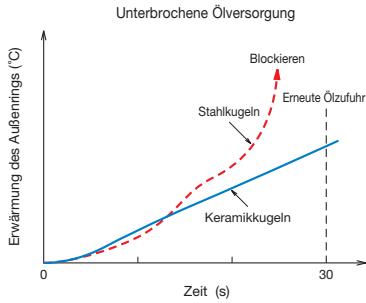


NSK Spindel erzielt ein $n \times d_m$ von 4 Millionen mit Keramikugeln



Geringe Blockierneigung

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



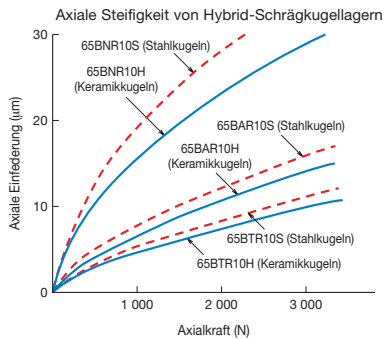
Zerspanung mit einer NSK-Spindel die mit Keramikugeln ausgerüstet ist



Fräser: Ø16
Werkstoff: A5052
Drehzahl: 20 000 min⁻¹
2 500 cm³/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



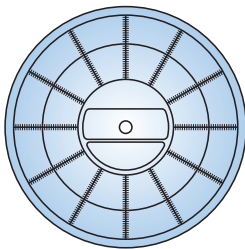
Stirnfräser: Ø80
Werkstoff: S50C
Drehzahl: 1 200 min⁻¹
504 cm³/min

Hohe Genauigkeit

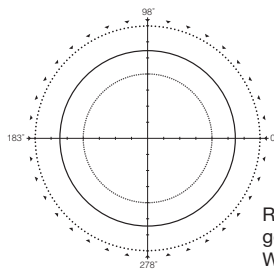
Die Erfahrung von NSK bei der Fertigung von Wälzkörpern in Verbindung mit einem optimierten Sinterprozess und verbesserten Werkstoffen ergeben Kugeln und Rollen mit

größerer Genauigkeit.

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



Kugeldurchmesser:
9/32" $\hat{=}$ 7,144 mm
Vergrößerung: 50.000-fach



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



Rundheitsmessgerät mit hoher Vergrößerung (200 000-fach)



Schrägkugellager mit Keramikugeln



Rollenlager mit Keramikrollen

Kunststoffkäfige für hohe Drehzahlen

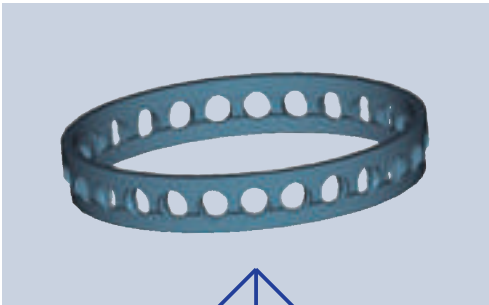
Kunststoffe werden wegen ihres geringen Gewichts (nur 1/6 der Dichte von Messing), der guten Formbarkeit und hohen Korrosionsbeständigkeit häufig für Wälzlagerkäfige eingesetzt. Kunststoffe lassen sich in der Zusammensetzung so verändern, dass gezielt geringere Reibung und Wärmeentwicklung und dadurch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

Schrägkugellager

Kugelgeführter Polyamidkäfig (TYN)

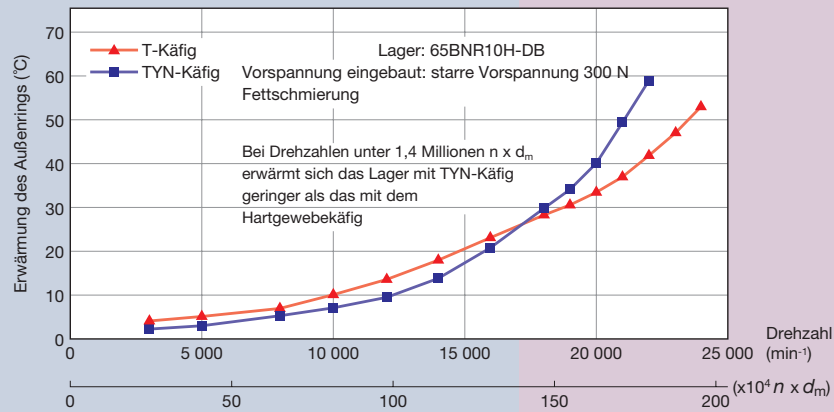
Geräuscharm

- 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.



Schrägkugellager für höchste Drehzahlen, ROBUST-Reihe

Leistungsfähigkeit des Käfigs



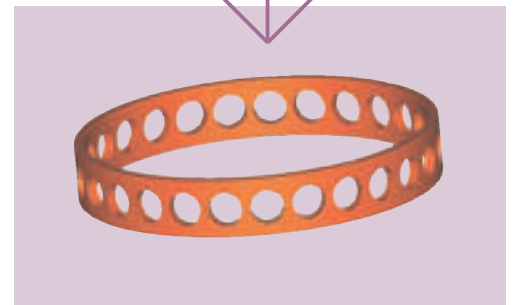
Außenringgeführter Hartgewebekäfig (T, TR)

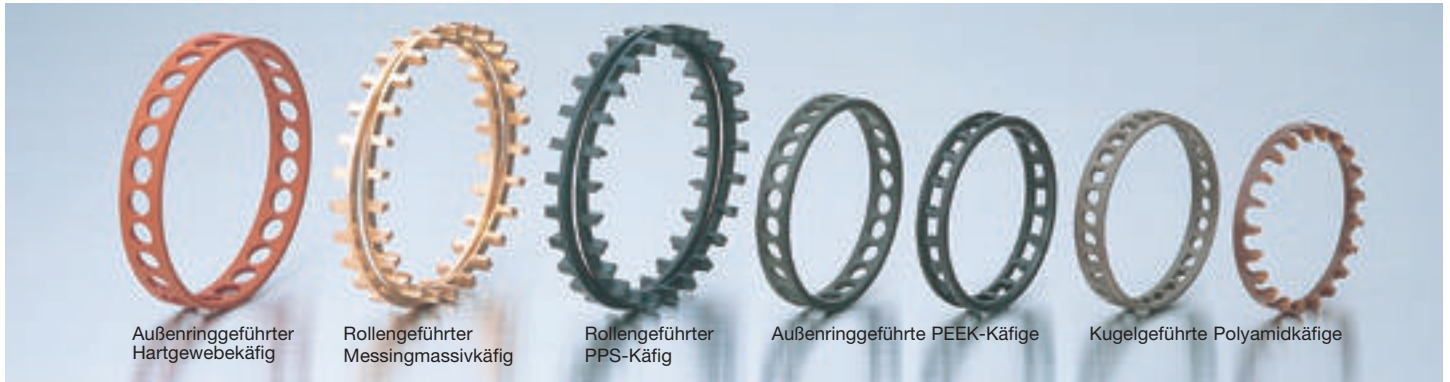
Höchste Drehzahl

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



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





Außenringgeführter Hartgewebekäfig

Rollengeführter Messingmassivkäfig

Rollengeführter PPS-Käfig

Außenringgeführte PEEK-Käfige

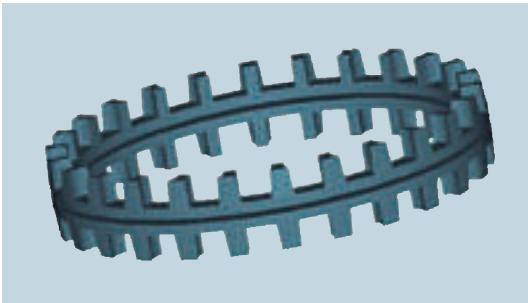
Kugelgeführte Polyamidkäfige

Käfig bei 2-reihigen Zylinderrollenlagern

Rollengeführter PPS-Käfig (Polyphenylsulfid) 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



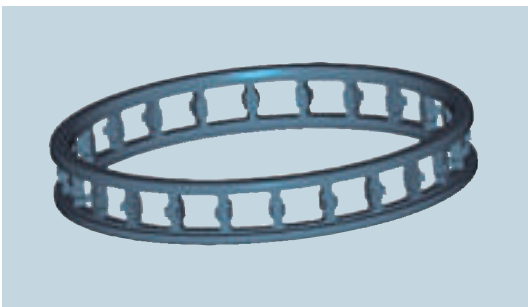
Zweireihiges Zylinderrollenlager
Lagerbauform mit hoher Steifigkeit

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.

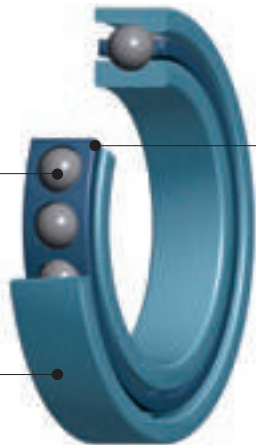
Lager-Komponenten

Hochgenauigkeitslager mit optimierten Innenkonstruktionen

Schrägkugellager (Standard Reihen)

· Wälzkörper

Keramik
SUJ2



· Käfige

Polyamid
Hartgewebe

· Ringe

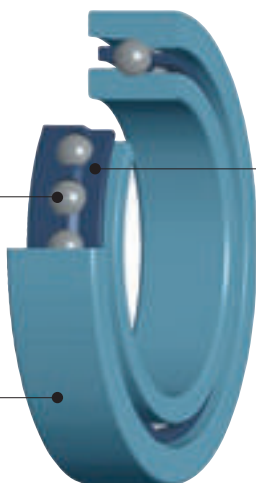
SUJ2

Typ	Ringe	Wälzkörper	Käfige
Stahlkugeln	SUJ2	SUJ2	Polyamid 46 (TYN) Hartgewebe (TR)
Keramikkugeln	SUJ2	Keramik	

Schrägkugellager (ROBUST Reihen)

· Wälzkörper

Keramik
SUJ2



· Käfige

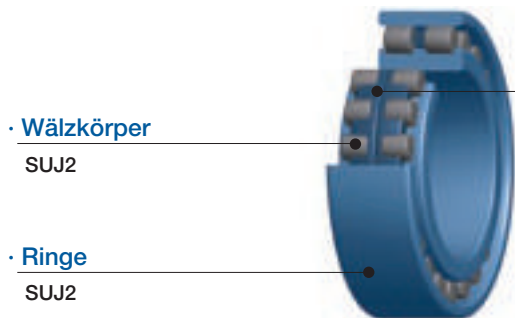
Polyamid
Hartgewebe
PEEK

· Ringe

SHX
SUJ2

Typ	Ringe	Wälzkörper	Käfige
S	SUJ2	SUJ2	Polyamid 46 (TYN) Hartgewebe (T) PEEK (T42)
H	SUJ2	Keramik	
X	SHX	Keramik	

Zylinderrollenlager



· Wälzkörper

SUJ2

· Ringe

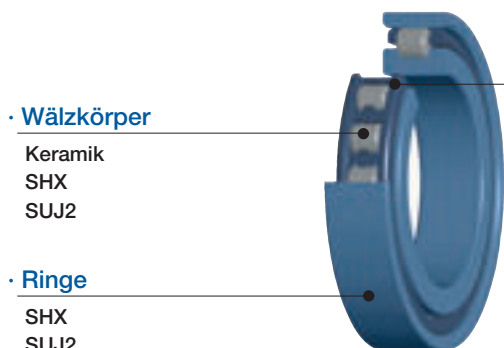
SUJ2

· Käfige

PPS
Messing

NN30

Typ	Ringe	Wälzkörper	Käfige
Standard	SUJ2	SUJ2	PPS (TB)/ Messing (MB)



· Wälzkörper

Keramik
SHX
SUJ2

· Ringe

SHX
SUJ2

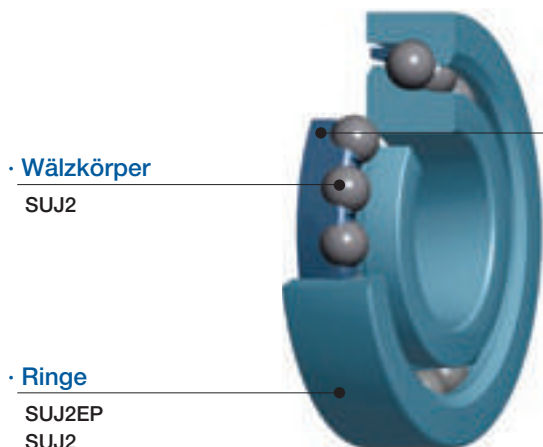
· Käfige

PEEK
Messing

N10

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

Axial-Schrägkugellager für Kugelgewindetriebe



· Wälzkörper

SUJ2

· Ringe

SUJ2EP
SUJ2

· Käfige

Polyamid
Messing

Typ	Ringe	Wälzkörper	Käfige
Anwendung: Werkzeugmaschinen	SUJ2EP	SUJ2	Polyamid 66
Anwendung: Sprizugußmaschinen	SUJ2	SUJ2	Polyamid 46/ 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-Schrägkugellager

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



Schrägkugellager 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 $n \times d_{m,1}$) geeignet.



Abdichtung bei Schrägkugellagern als Option

Option

Option

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

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



Axial-Schrägkugellager 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)



Schrägkugellager 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)⁽¹⁾ 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
- ⁽¹⁾ 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-Schräggugellager zur Lagerung von Kugelgewindtrieben

Sonderreihen

Für Werkzeugmaschinen

Axiallager hoher Steifigkeit zur Lagerung von Kugelgewindtrieben 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-Schräggugellager zur Lagerung von Kugelgewindtrieben

Sonderreihen

Für Spritzgussmaschinen

Die Lager mit hoher Tragfähigkeit erreichen eine fünfmal so lange Lebensdauer wie Lager derselben Größe zur Lagerung von Kugelgewindtrieben 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

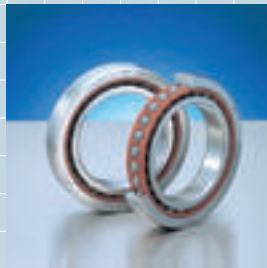
- Werkstoff der Lagerringe: wärmebeständiger SHX-Stahl
- Wälzkörper aus Keramik
- Käfigauswahl nach der erforderlichen Drehzahl
- Außenringgeführter Hartgewebekäfig: bis zu 2,5 Mio $n \times d_m$
- Außenringgeführter PEEK-Käfig: über 2,5 Mio $n \times d_m$



ROBUST-Reihe Bauform X

Hochleistungslager mit hoher Verschleißfestigkeit und Sicherheit gegen Heißblauschäden 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 $n \times d_m$
- Außenringgeführter Hartgewebekäfig: bis zu 2,5 Mio $n \times d_m$



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

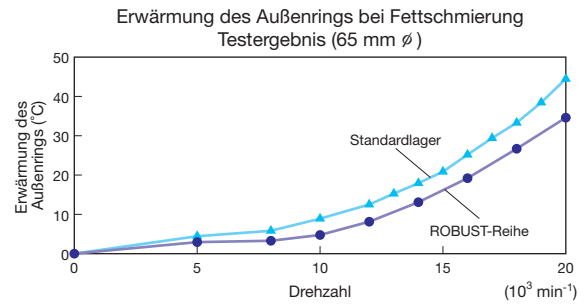
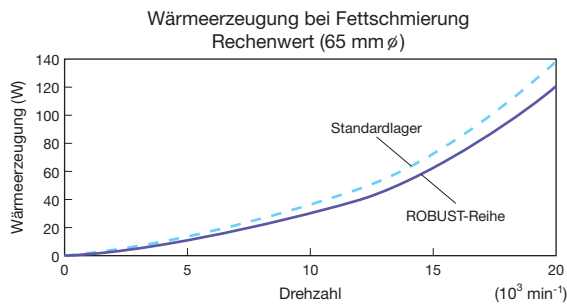
- **Geringer Luftverbrauch**

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

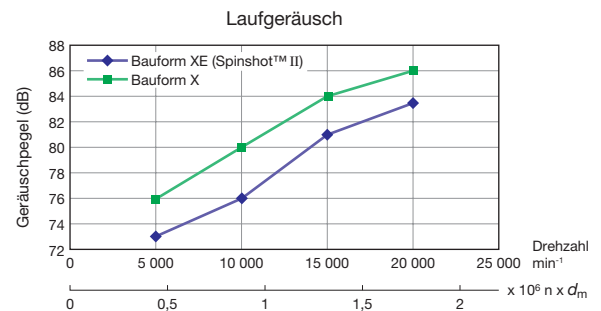
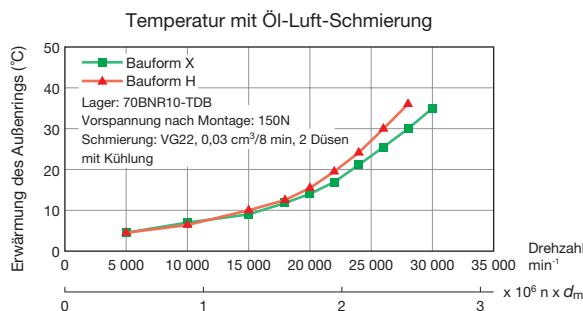
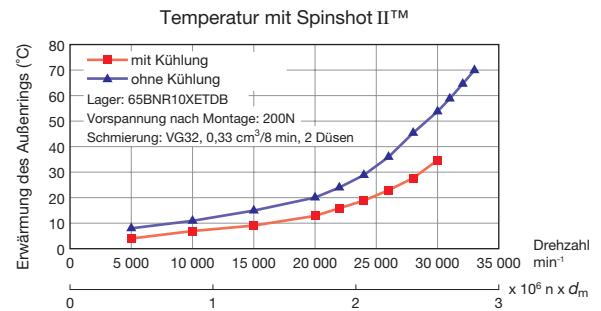
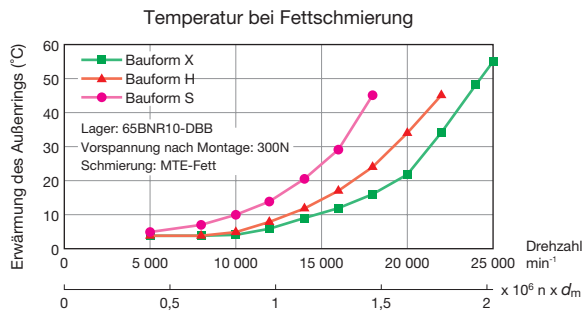


Theoretische Untersuchungsergebnisse

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



ROBUST-Reihe Bauform RX
Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen

Hochleistungslager mit hoher Verschleißfestigkeit und Sicherheit gegen Heißlaufschäden bei höchsten Drehzahlen

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



ROBUST-Reihe Bauform RXH
Einreihige 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



ROBUST-Reihe Bauform RS
Einreihiges Zylinderrollenlager für hohe Drehzahlen

Kostengünstige Ausführung für hohe Drehzahlen

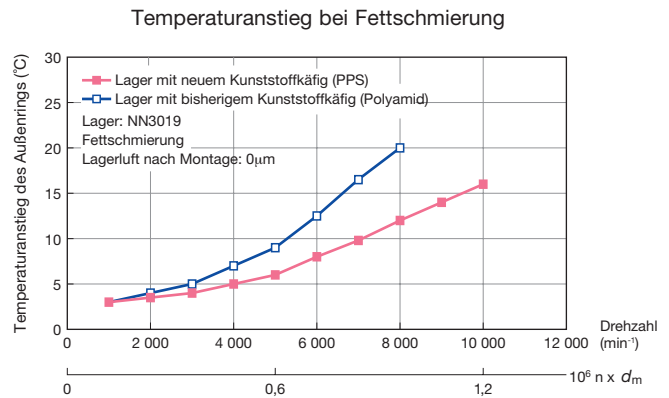
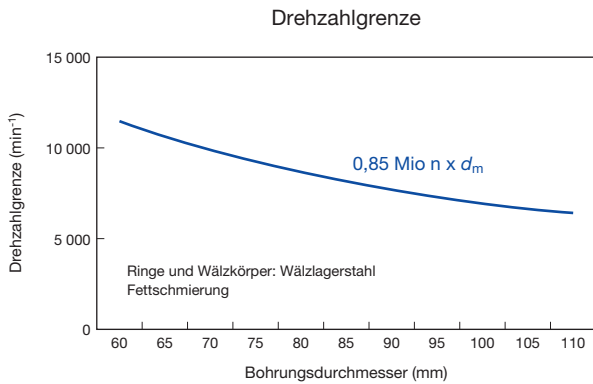
- Werkstoff der Lagerringe: Wälzlagerstahl
- Wälzkörper aus Stahl
- Außenringgeführter PEEK-Käfig

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**

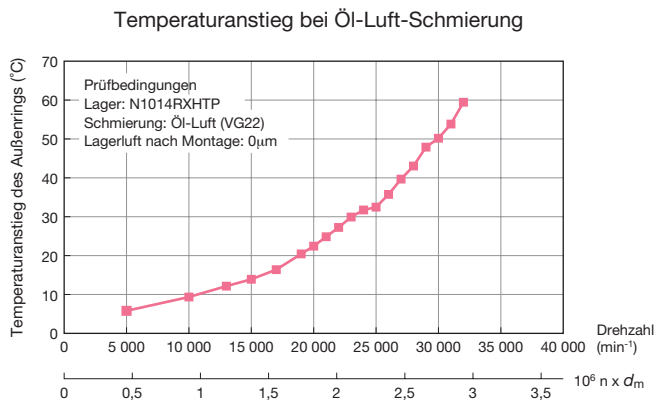
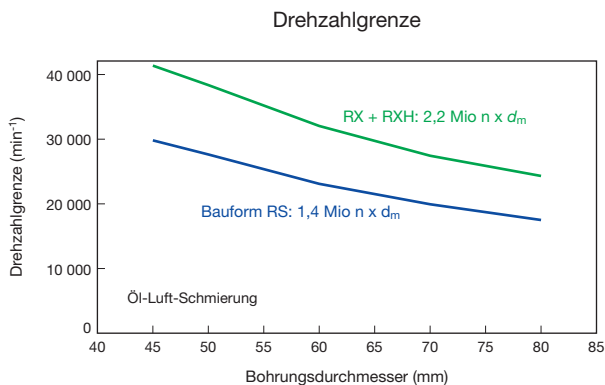
Innenkonstruktion und neuer Käfigwerkstoff bewirken eine geringe Eigenerwärmung.

· **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 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-Schrägkugellager
Reihe BAR10

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



Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager
Reihe BTR10

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



Zweireihige Axial-Schrägkugellager
TAC-Reihe

Druckwinkel 60°, sehr große axiale Steifigkeit

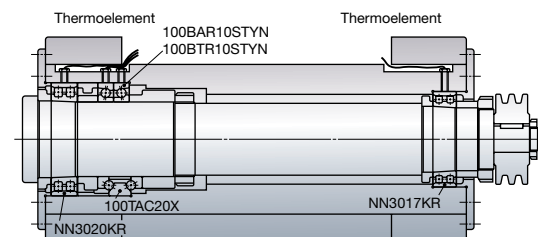
Eigenschaften der Axial-Schrägkugellager

· Hohe Genauigkeit

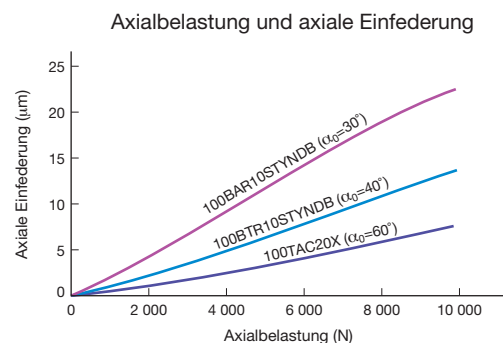
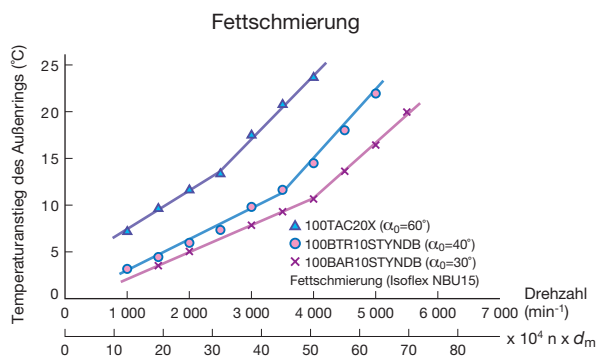
Wegen der großen Genauigkeit besonders für Drehmaschinenspindeln geeignet

· 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.



Aufbau des Prüfstandes



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

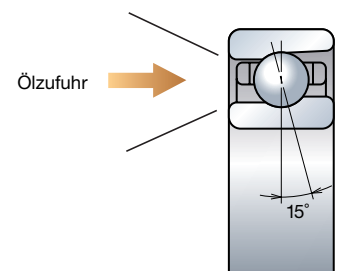
Nicht teilbar, dadurch einfacher Ein- und Ausbau

· 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

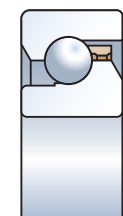
Leistungsmerkmale

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

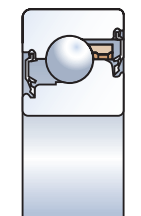


Eigenschaften

- **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 befedert 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

(für Spritzgussmaschinen)

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 Kugelgewindetrieibe in Spritzgussmaschinen

· Große Zuverlässigkeit

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

· Einfache Handhabung

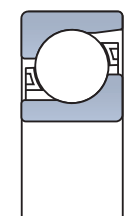
Nicht teilbare Lagerausführung, daher einfacher zu handhaben als Kegelrollenlager oder Axialpendelrollenlager

· 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

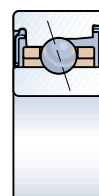
Leistungsmerkmale

- **Einfache Handhabung**

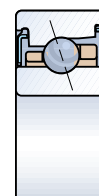
Die Lager müssen beim Zusammenbau der Spindel nicht be fettet werden.

- **Umweltfreundlich**

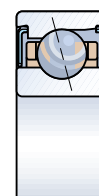
Abgedichtete Ausführung verhindert Fettaustritt.



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.

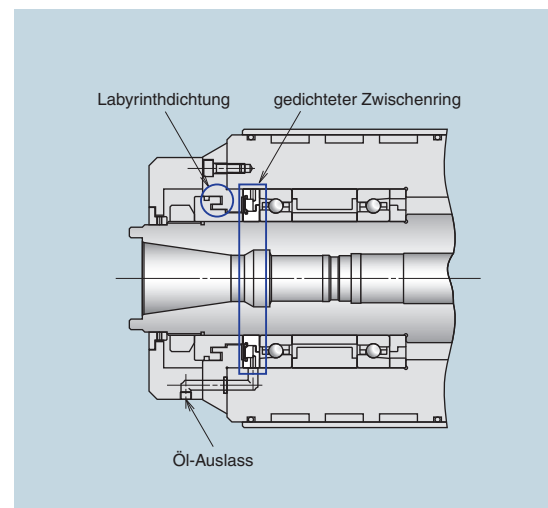
Leistungsmerkmale

- **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 ² /s)	40°C	22	20	32	JIS K2220 5.19
Walkpenetration NLGI	25°C, 60 W	2-3	2	2	JIS K2220 5.3
Tropfpunkt (°C)	—	> 220	> 220	> 260	JIS K2220 5.4
Verdampfungsverlust (Massenanteil %)	99°C × 22 H	0,3	0,4	0,4	JIS K2220 5.6B
Ölabscheidung (Massenanteil %)	100°C × 24 H	0,4	1,0	1,1	JIS K2220 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.

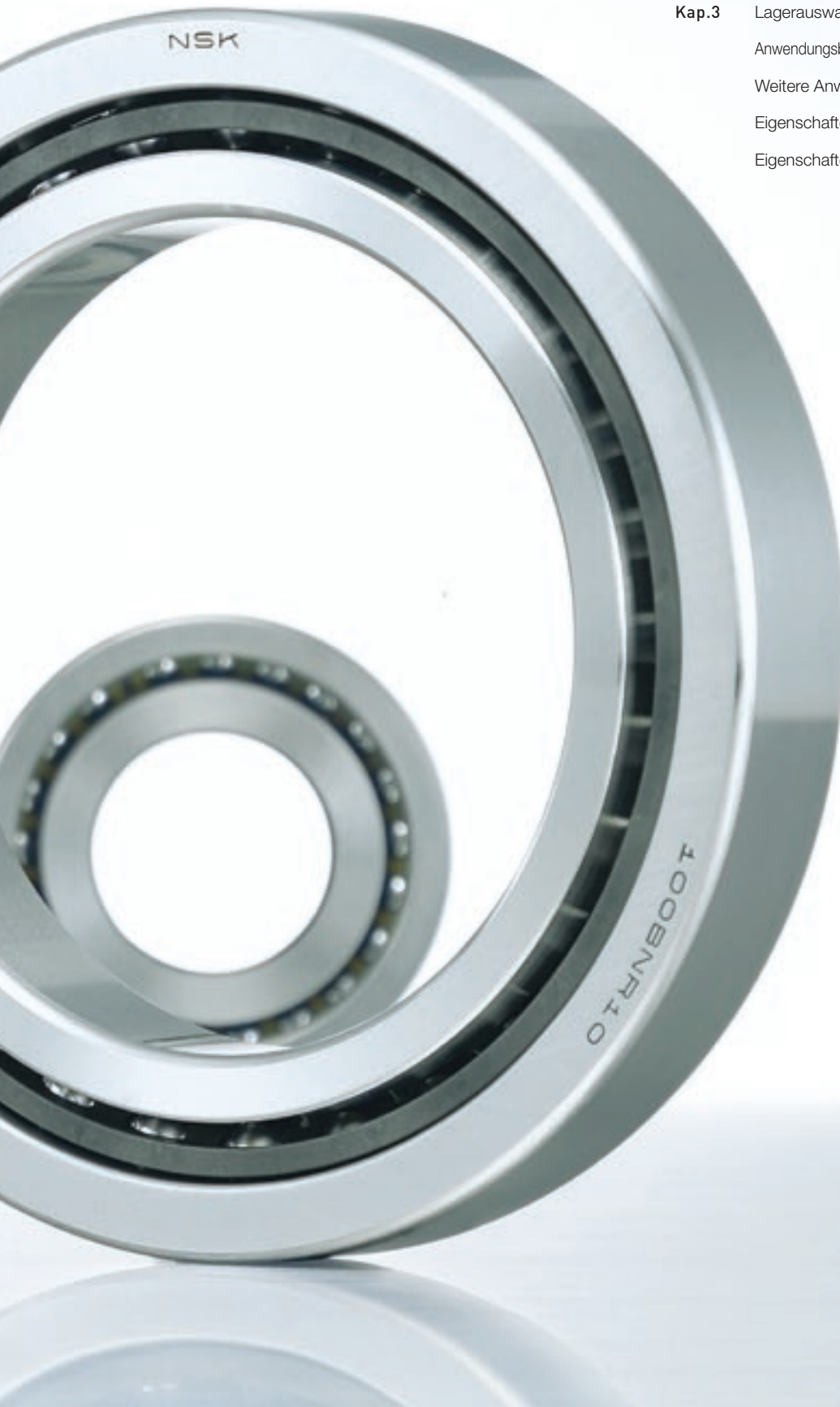
NSK im Internet

<http://www.nskeurope.com>



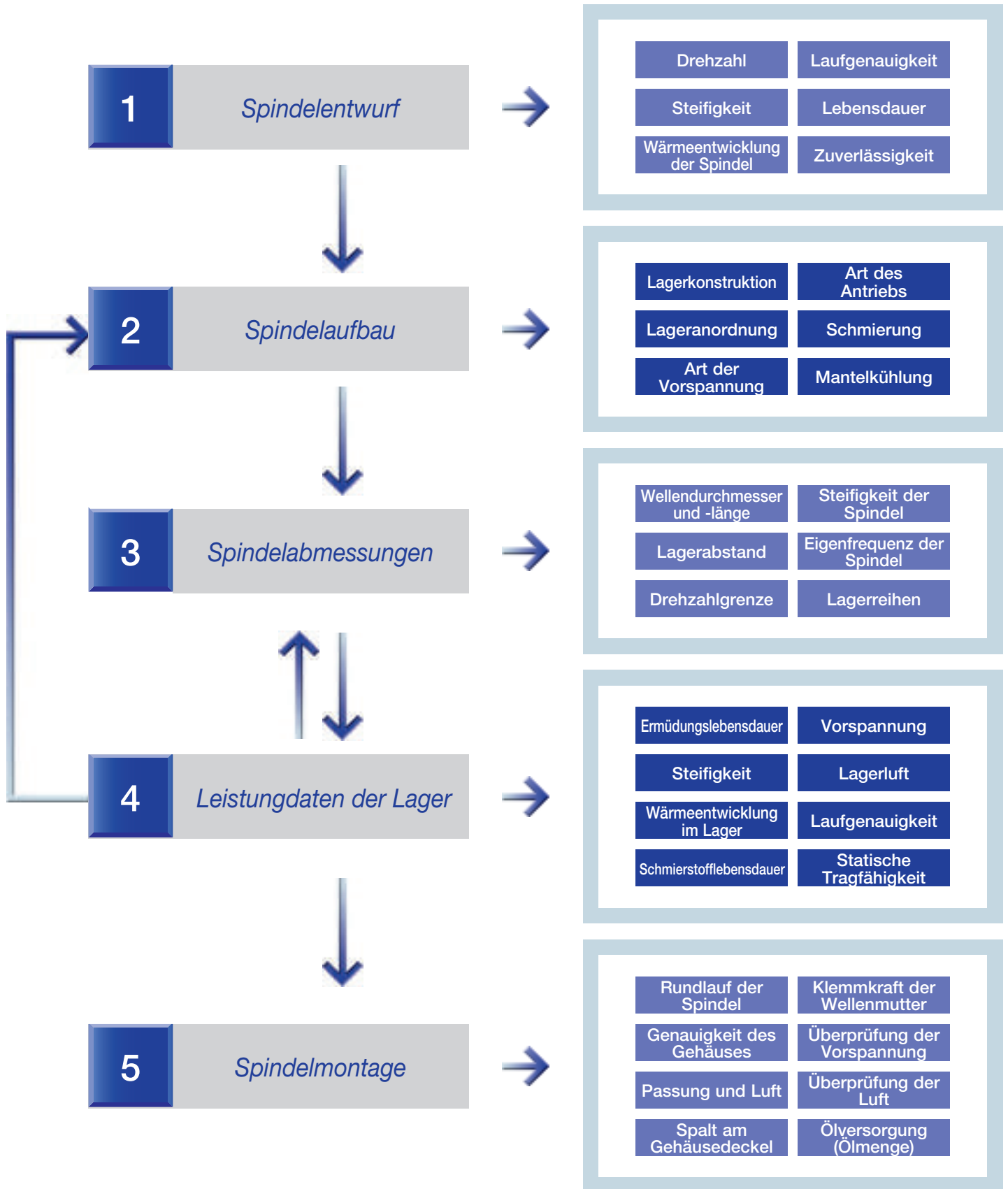
Inhalt

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 (Schrägkugellager 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.



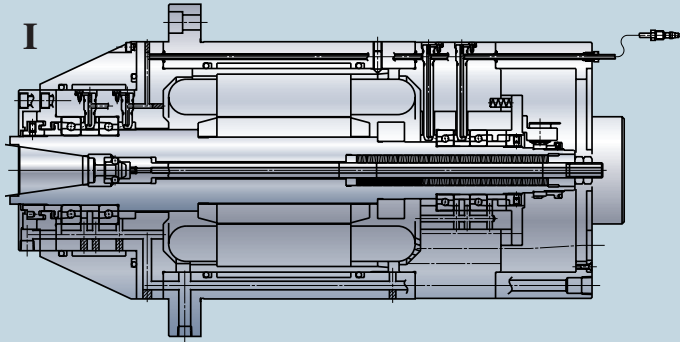
Kap. 6

ANWENDUNGSBEISPIELE ÜBLICHER HOCHGESCHWINDIGKEITSSPINDELN

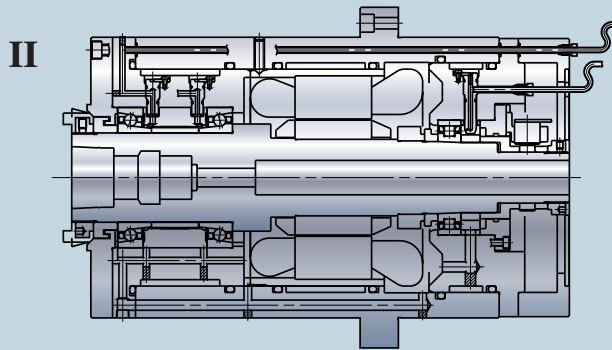
(Drehzahlkennwert über $n \times d_m$ 700.000)



Drehzahlkennwert ($n \times d_m$)



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



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

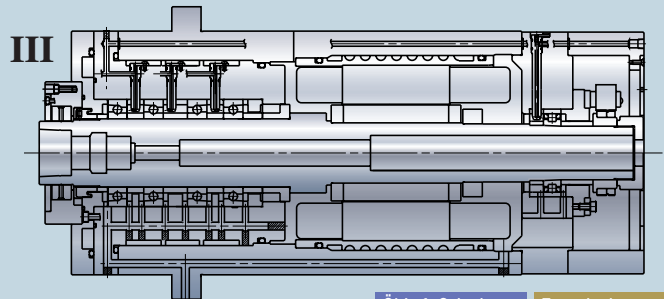
Lageranordnung III

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 $nxd_m \nearrow 2,2M$	Fettschmierung $nxd_m \nearrow 1,3M$
---	---

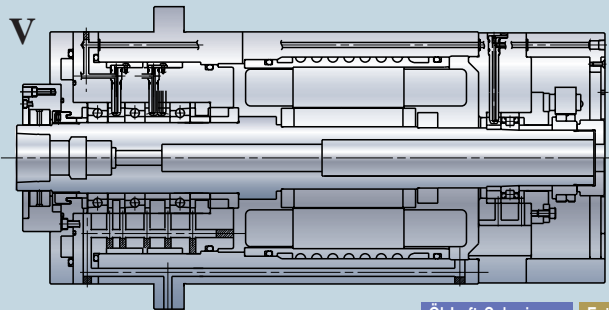
Lageranordnung V

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 $nxd_m \nearrow 1,8M$	Fettschmierung $nxd_m \nearrow 1,2M$
---	---

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.

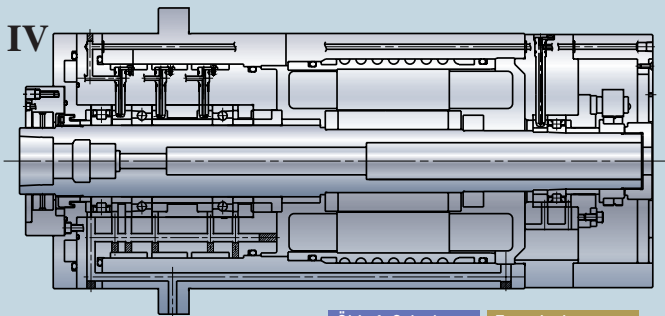
Lageranordnung II

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.



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

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)

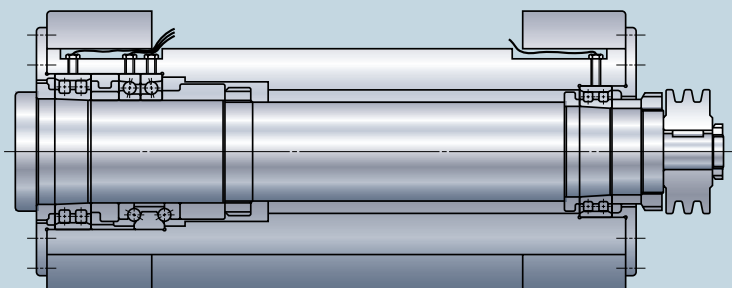
Hintere Lagerstelle: Zweireihiges Zylinderrollenlager

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.

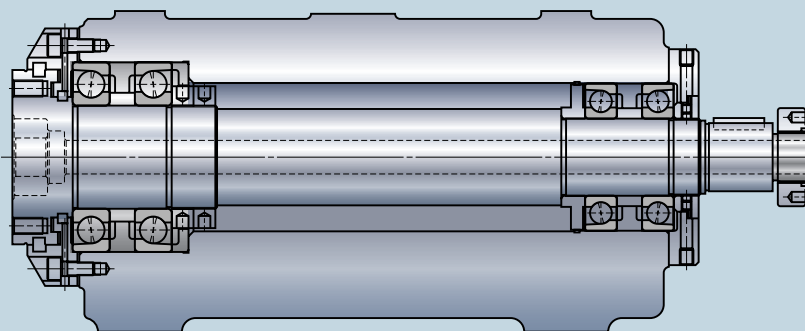
VI

Öl-Luft-Schmierung $nxd_m \nearrow 1,0M$ Fettschmierung $nxd_m \nearrow 0,8M$

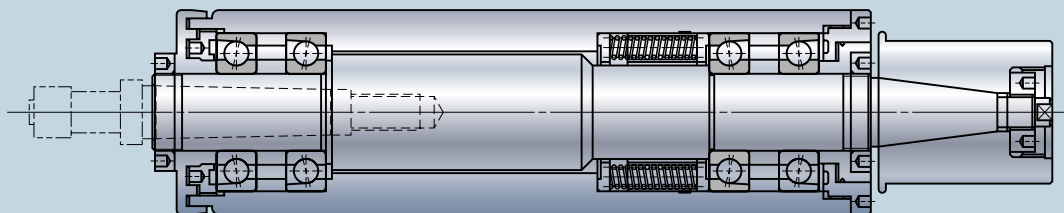


WEITERE ANWENDUNGSBEISPIELE

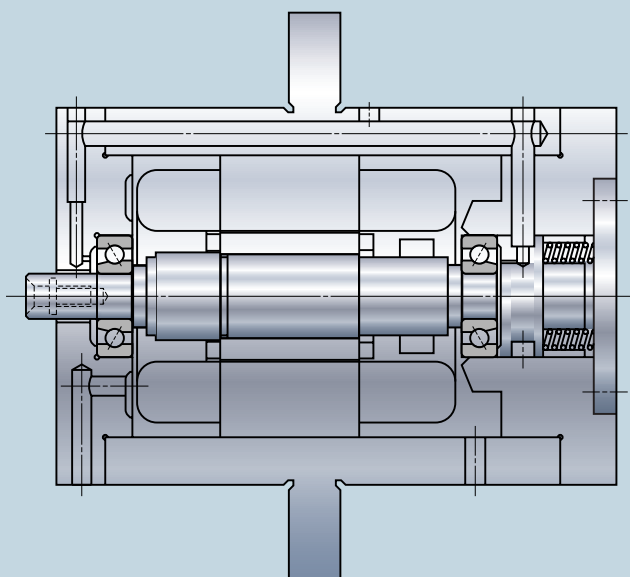
Bohreinheit



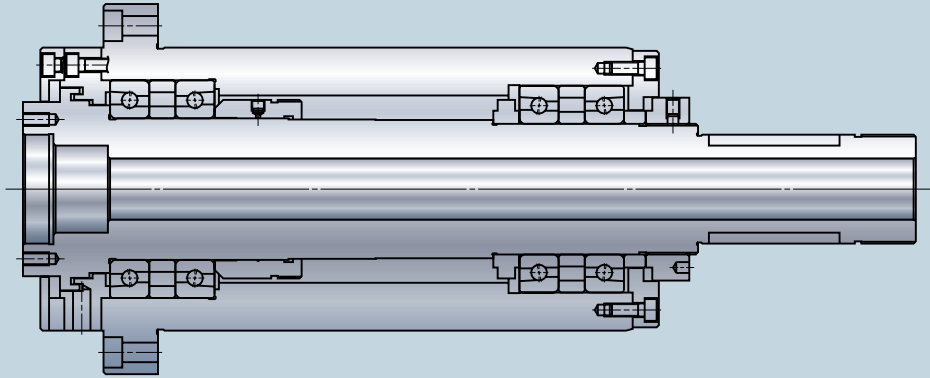
Schleifspindel



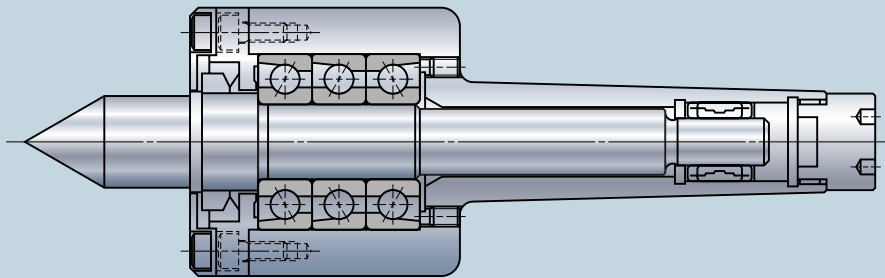
Hochfrequenzspindel



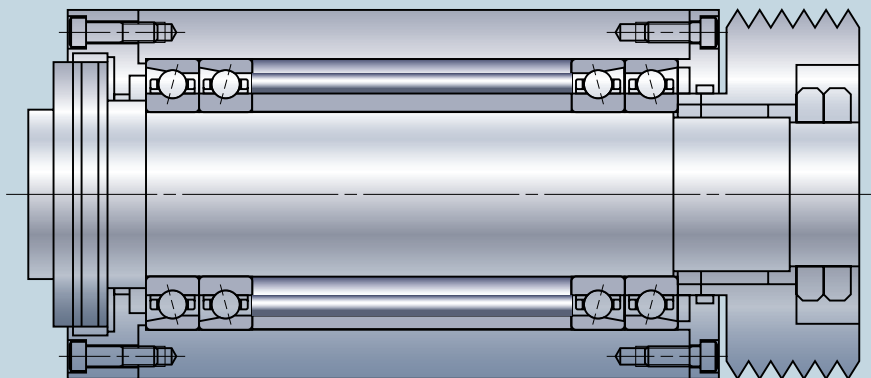
Spindeleinheit einer Präzisionsdrehmaschine



Mitlaufende Körnerspitze



Spindeleinheit



EIGENSCHAFTEN VON SCHRÄGKUGELLAGERN

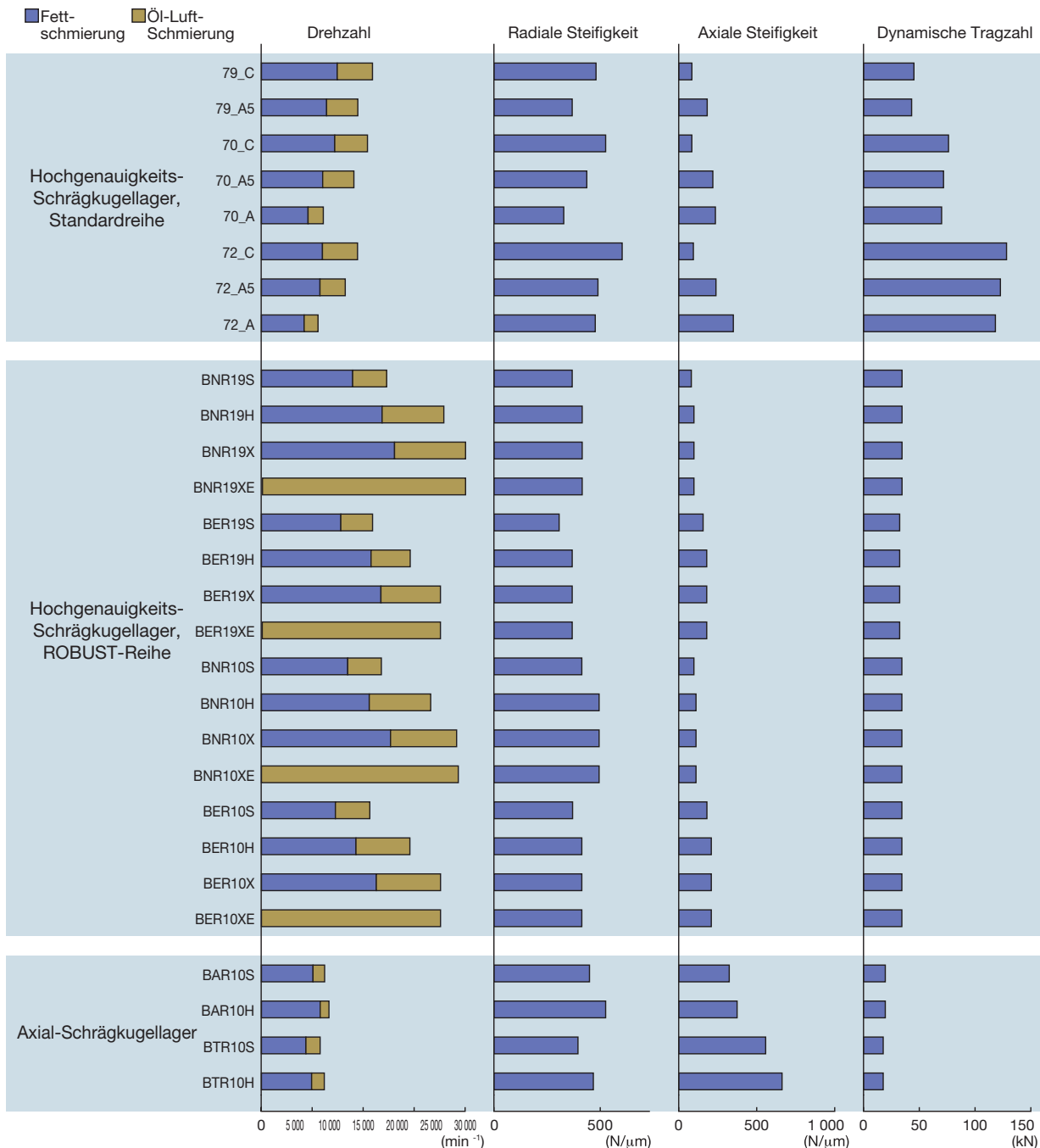
Die wichtigsten Eigenschaften von Schrägkugellagern

■ Definierter Druckwinkel

■ Verwendung in zusammengesetzten 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.

Vergleich von Schrägkugellagern (Bohrung 70 mm, Anordnung DB, Vorspannung L)

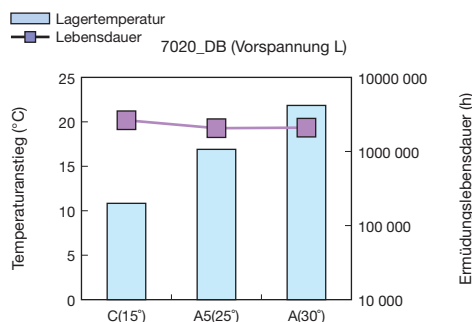
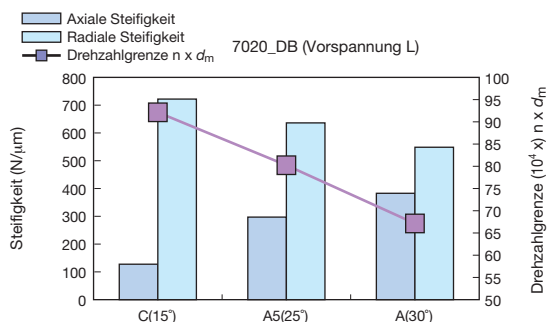


Der Einfluss des Druckwinkels

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.

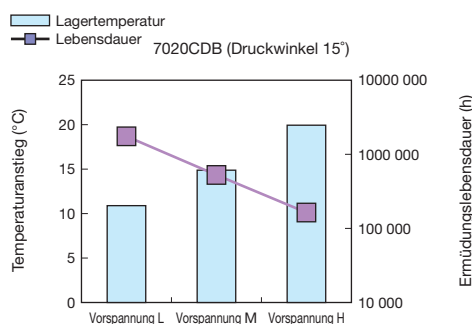
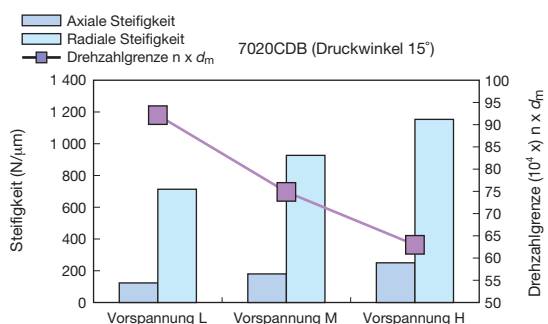


Der Einfluss der Vorspannung

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.

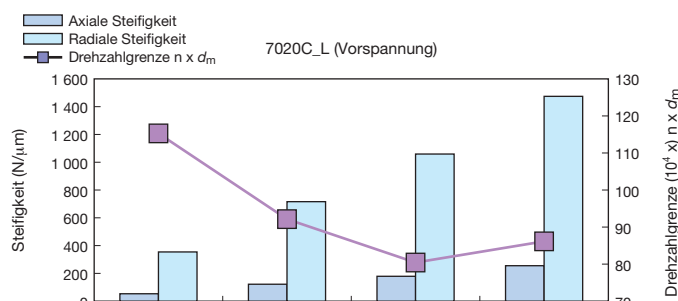
Hohe Steifigkeit lässt sich nur auf Kosten der Drehzahl erreichen. Und umgekehrt: Höhere Drehzahlen bedeuten stets Abstriche bei der Steifigkeit. Bei gleichzeitig zu hoher Vorspannung und hohen Drehzahlen besteht immer die Gefahr, dass die Lager blockieren.



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.



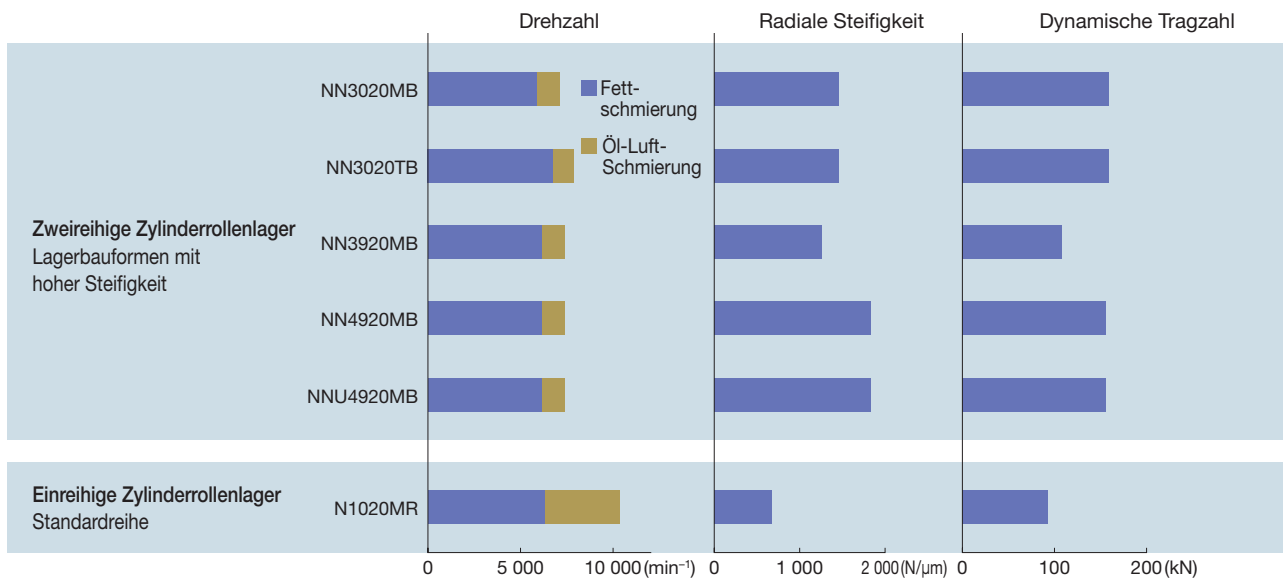
EIGENSCHAFTEN VON ZYLINDERROLLENLAGERN

Zylinderrollenlager

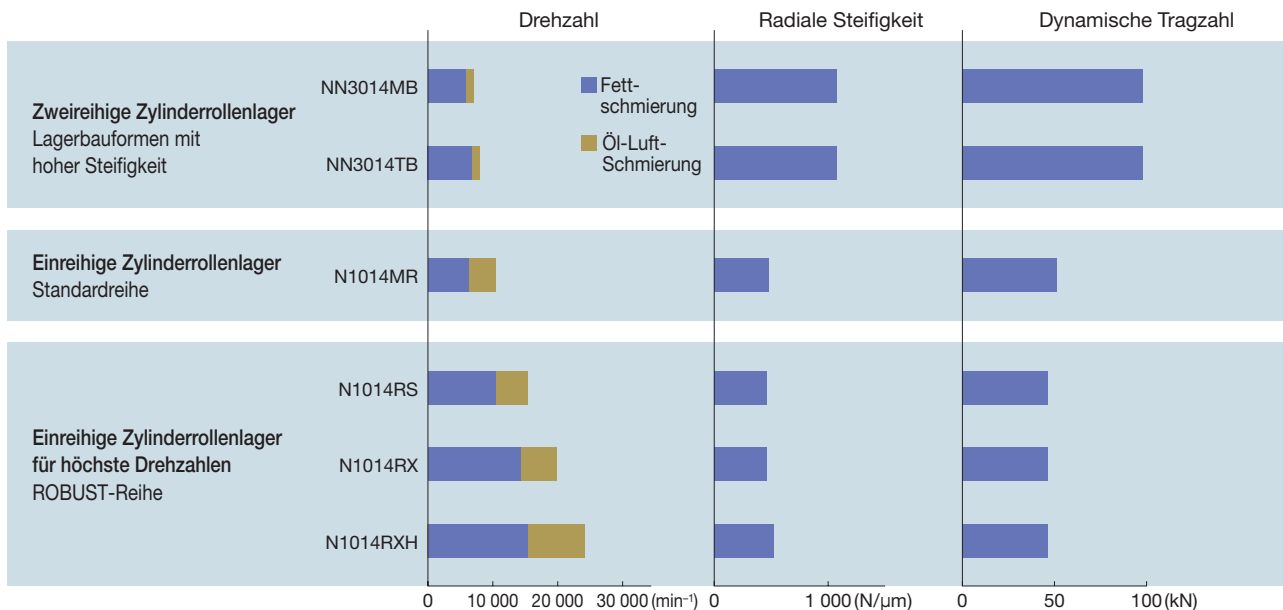
Im Gegensatz zu Schrägkugellagern, die Axial- und Radialbelastungen gleichermaßen aufnehmen, können Zylinderrollenlager nur radial belastet werden. Dafür haben sie eine höhere radiale Tragfähigkeit als Schrägkugellager. Je nach Anwendung kommen zweireihige (Bauformen NN und NNU) oder einreihige Lager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

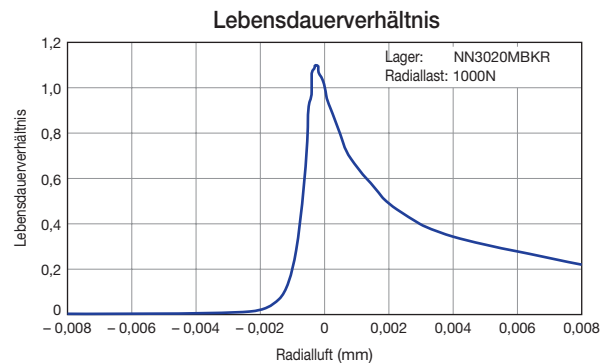
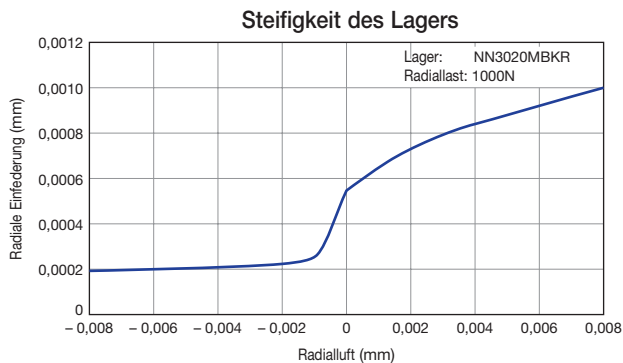


Vergleich nach Zylinderrollenlager-Bauform (Bohrungsdurchmesser 70 mm)



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

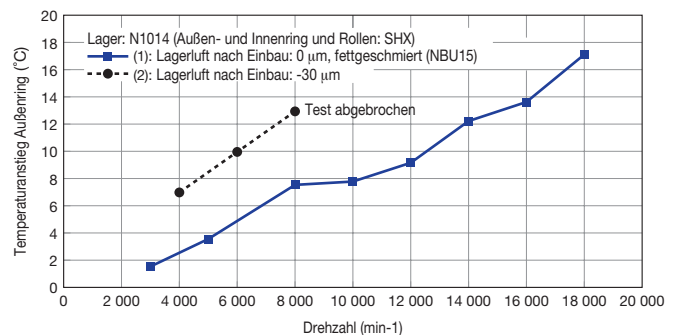
Die Abbildung rechts zeigt die Ergebnisse eines Versuchs zum Temperaturverhalten in einem Zylinderrollenlager.

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-Schrägkugellager

Standardreihen



Schrägkugellager für höchste Drehzahlen ROBUST-Reihe

ROBUST-Reihen



Schrägkugellager für höchste Drehzahlen

Spinshot™-II-Reihen



Schrägkugellager höchster Genauigkeit

BGR-Reihen

Schrägkugellager

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen) ... 48-60

- Eigenschaften
- Bezeichnungssystem
- Lagertabellen
 - Miniaturbaureihen
 - Reihe 79
 - Reihe 70
 - Reihe 72

Schrägkugellager 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)

Schrägkugellager höchster Genauigkeit (Baureihen BGR)... 80-84

- Eigenschaften
- Bezeichnungssystem
- Lagertabellen
 - Reihe BGR19
 - Reihe BGR10
 - Reihe BGR02

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen)

Eigenschaften

Bei einem Schrägkugellager 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

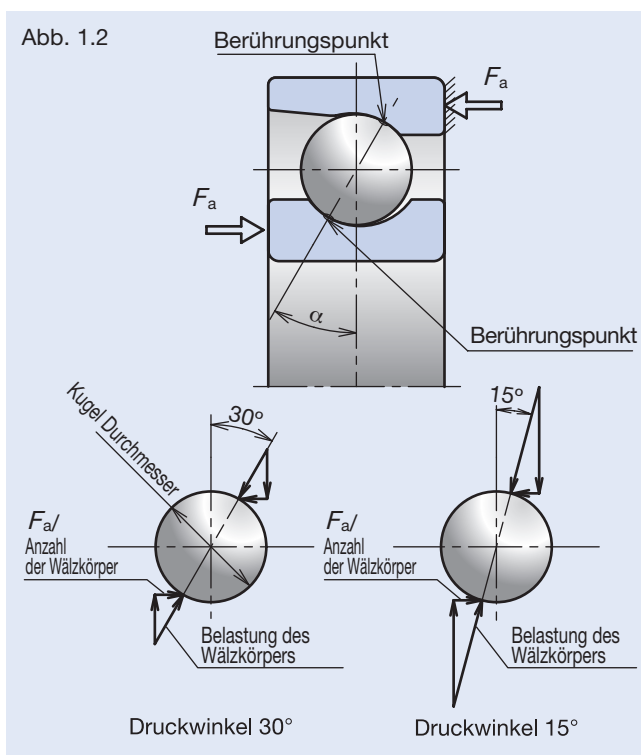
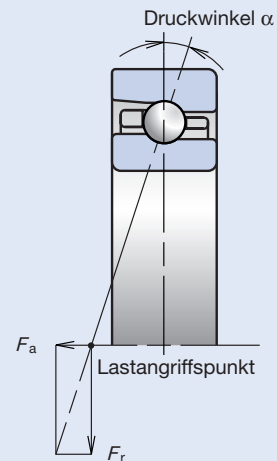


Abb. 1.1



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

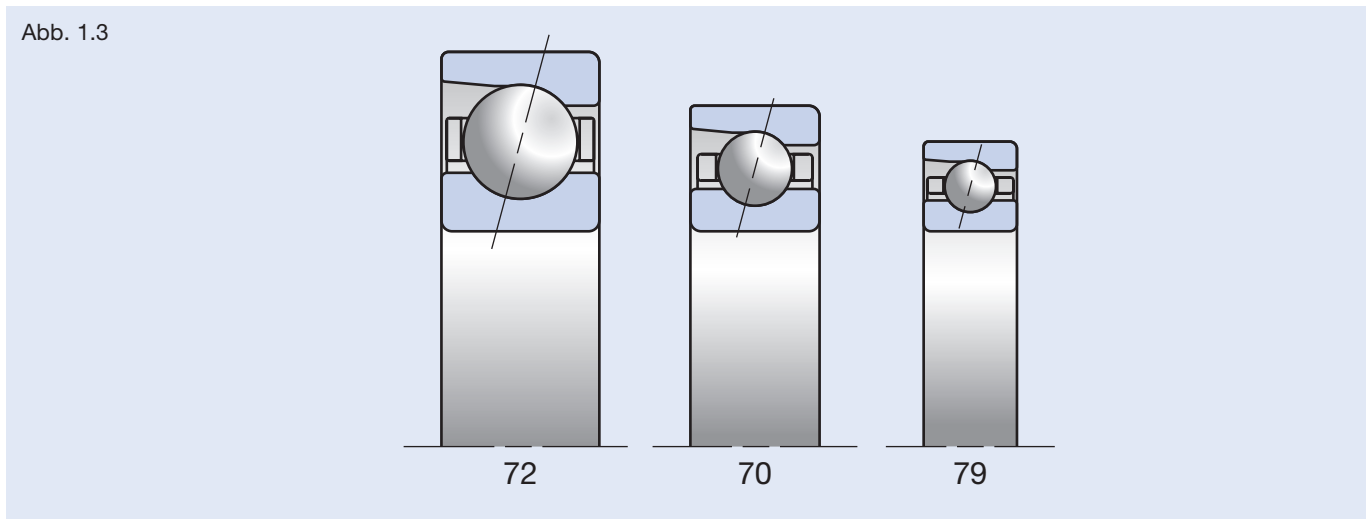
Abb. 1.2 zeigt die Belastung der Wälzkörper in einem Schrägkugellager mit einem Druckwinkel von 30° bzw. 15° . Der Zusammenhang zwischen einer auf das Lager einwirkenden Axiallast und der resultierenden Belastung der Wälzkörper berechnet sich folgendermaßen:

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

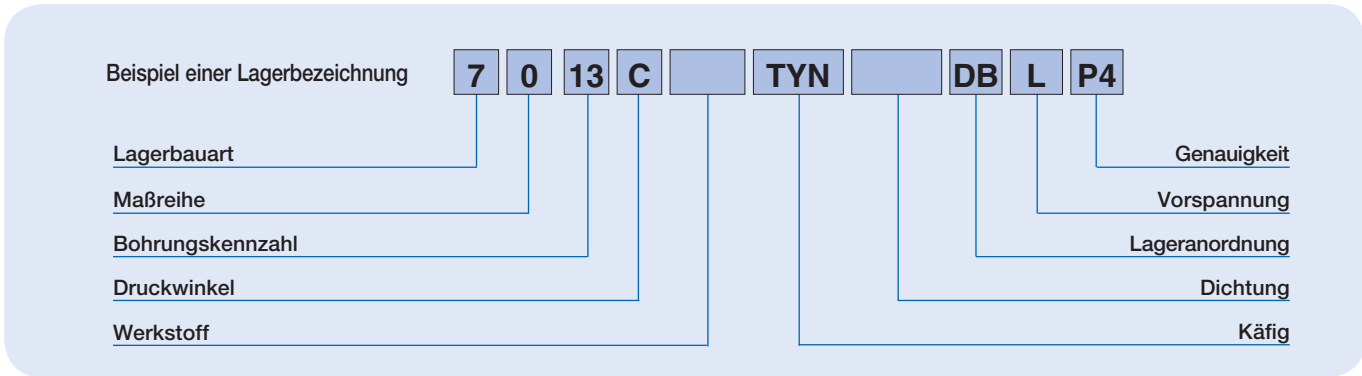
Bei Axiallast werden die Wälzkörper umso weniger belastet, je größer der Druckwinkel ist. Die Belastung im Berührungspunkt und damit auch die Verformung nimmt ab, somit steigt die Lebensdauer des Lagers. Bei radialer Belastung dagegen sinkt die Belastung der Wälzkörper und damit auch die Belastung am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

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

Maßreihen



Bezeichnungssystem für Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen)



			Seite
7	Lagerbauart	7: einreihiges Schrägkugellager	42–43, 48
0	Maßreihe	9: ISO-Reihe 19, 0: ISO-Reihe 10, 2: ISO-Reihe 02	42–43, 48
13	Bohrungs-kennzahl	00 = 10 mm ab 04: Bohrungskennzahl x 5 = Bohrungsdurchmesser in mm 01 = 12 mm 02 = 15 mm 03 = 17 mm	50–60
C	Druckwinkel	C = 15°; A5 = 25°; A = 30°	42–43, 48
	Werkstoff	ohne Kennzeichnung: Wälzlagerstahl; SN24: Kugeln aus Keramik (Si ₃ N ₄) ⁽¹⁾	14–17
TYN	Käfig	TYN: kugelgeführter Polyamidkäfig, Drehzahlgrenze $n \times d_m = 1.400.000$, Betriebstemperatur max. 120 °C TR: außenringgeführter Hartgewebekäfig, Betriebstemperatur max. 120 °C	18-19
	Dichtung	ohne Kennzeichnung: nicht abgedichtet V1V: nichtschleifende Elastomerdichtung ⁽²⁾	32
DB	Anordnung	SU: Universalausführung (einreihig) DU: Universalausführung (zweireihig) DB: O-Anordnung DF: X-Anordnung DT: Tandemanordnung DBD, DFD, DTD, DUD: Dreiersätze DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: Vierersätze	42-43, 148-151
L	Vorspannung	EL: extraleichte Vorspannung, L: leichte Vorspannung, M: mittlere Vorspannung, H: hohe Vorspannung CP: Sondervorspannung, CA: Sonderlagerluft	42-43, 152-160
P4	Genauigkeit	P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4; P5: ISO-Klasse 5 P3: NSK Standard (Maßgenauigkeit nach ISO-Klasse 4, Laufgenauigkeit nach ISO-Klasse 2) P4Y: NSK Standard (Bohrungs- und Außendurchmesser nach NSK Spezifikation. Alle anderen Maße nach ISO-Klasse 4.)	151, 176-179

⁽¹⁾ Hybrid-Schrägkugellager (Keramikugeln) werden in den Reihen 79, 70 von Bohrungsdurchmesser 10 bis 100 mm gefertigt.

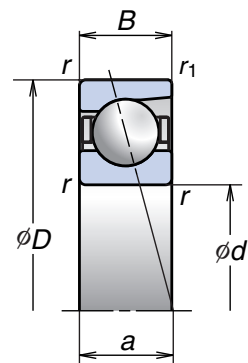
⁽²⁾ Abgedichtete Schrägkugellager werden in Universalausführung, P3 und den Reihen 79, 70 von Bohrungsdurchmesser 30 bis 100 mm gefertigt.

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Miniaturlagerreihen)

Reihe 70
Reihe 72

Bohrungsdurchmesser 5 – 8 mm



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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

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

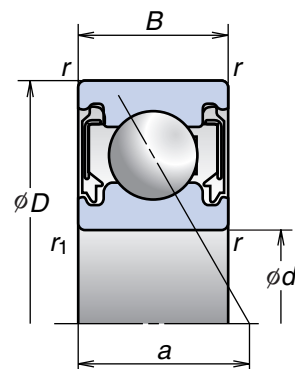
Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel $\alpha = 15^\circ$

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 ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (g) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{0r} (stat.)				Fett
8BSA10T1X	8	22	7	0,3	0,15	2,350	0,840	0,805	12,2	11,0	40 000
10BSA10T1X	10	26	8	0,3	0,15	3,250	1,200	0,960	14,4	16,6	33 300
12BSA10T1X	12	28	9	0,3	0,15	3,600	1,430	1,710	16,0	18,7	30 000
15BSA10T1X	15	32	10	0,3	0,15	3,900	1,690	1,950	18,6	27,7	25 500

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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-Schrägkugellager (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

Kurzzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	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

(1) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

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

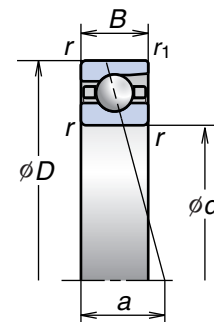
Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel $\alpha = 15^\circ$
 Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel $\alpha = 25^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen)

Reihe 79

Bohrungsdurchmesser 60 – 280 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r (min)	r_1 (min)	C_r (dyn.)	C_{0r} (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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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 $\alpha = 25^\circ$

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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

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

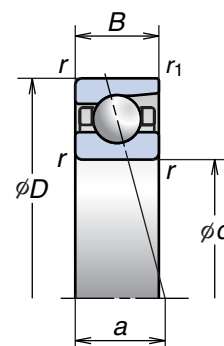
Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel $\alpha = 15^\circ$
 Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel $\alpha = 25^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen)

Reihe 70

Bohrungsdurchmesser 10 – 75 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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 ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	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

(1) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

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

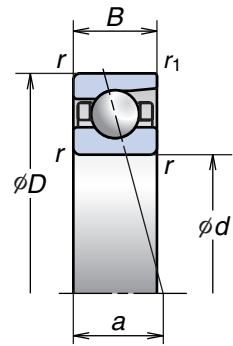
Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel $\alpha = 15^\circ$
 Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel $\alpha = 25^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen)

Reihe 70

Bohrungsdurchmesser 80 – 200 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r (min)	r_1 (min)	C_f (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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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 ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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 $\alpha = 25^\circ$

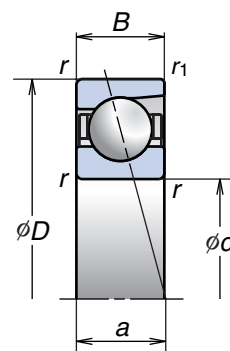
Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel $\alpha = 30^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihe)

Reihe 72

Bohrungsdurchmesser 10 – 105 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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 ⁽¹⁾ (kN)	Faktor f_0	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	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

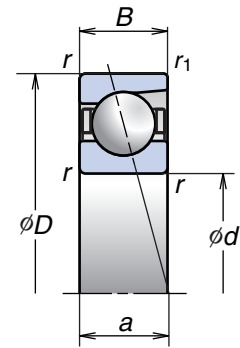
(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.
 (²) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.
Anmerkung: Lager mit Nachsetzzeichen C: Druckwinkel $\alpha = 15^\circ$
 Lager mit Nachsetzzeichen A5: Druckwinkel $\alpha = 25^\circ$
 Lager mit Nachsetzzeichen A: Druckwinkel $\alpha = 30^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (Standardreihen)

Reihe 72

Bohrungsdurchmesser 110 – 150 mm



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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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.

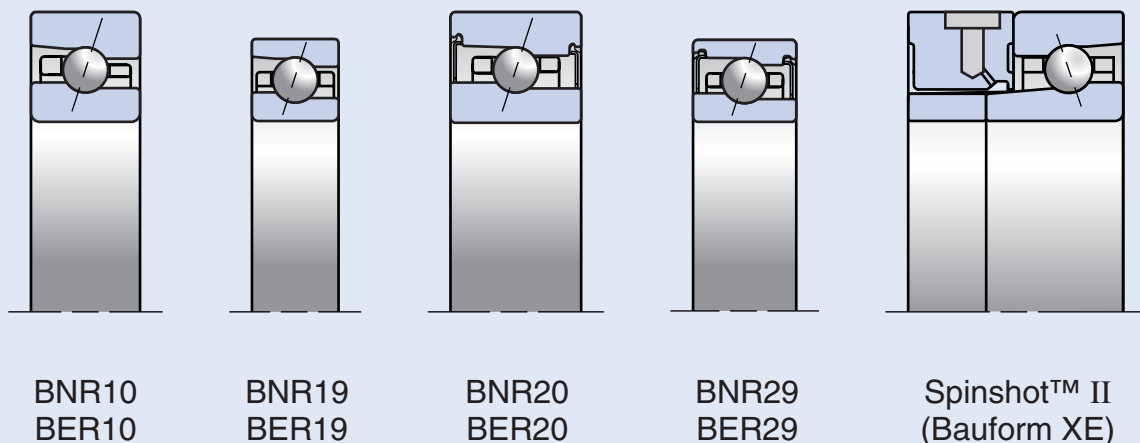
Geräuscharm

Ruhiger Lauf von Hochgeschwindigkeitsspindeln mit Spinshot™-Schmiersystem

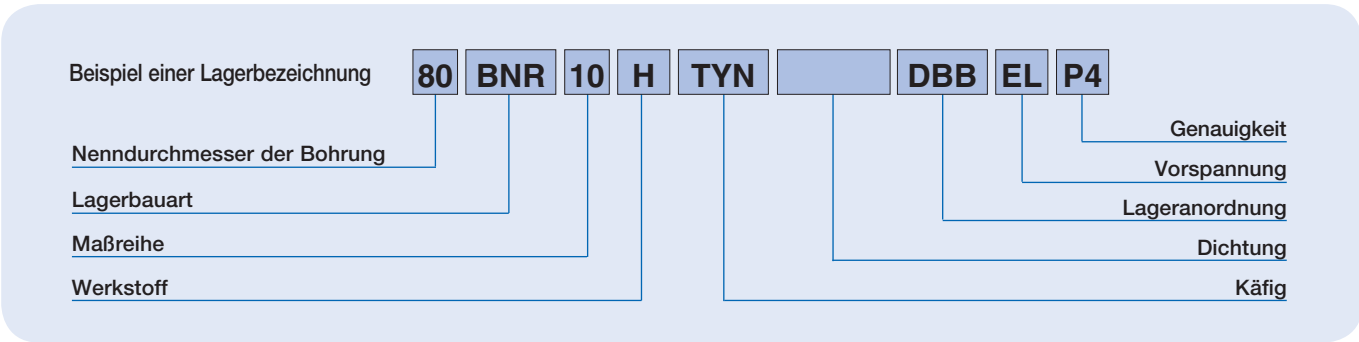
Die Geräuscentwicklung, die durch die Druckluft in herkömmlichen Öl-Luft-Schmiersystemen entsteht, ist bei Spinshot-Lagern ausgeschlossen.

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 (*)	42–43, 62																	
H	Werkstoff	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ausführung</th> <th colspan="2">Werkstoff</th> </tr> <tr> <th>Ringe</th> <th>Wälzkörper</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> <td>Keramik (Si₃N₄)</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td> <td>Keramik (Si₃N₄)</td> </tr> <tr> <td>XE(Spinshot™II)</td> <td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td> <td>Keramik (Si₃N₄)</td> </tr> </tbody> </table>	Ausführung	Werkstoff		Ringe	Wälzkörper	S	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)	H	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Keramik (Si ₃ N ₄)	X	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)	XE(Spinshot™II)	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)	14–17, 24–25
		Ausführung		Werkstoff																
			Ringe	Wälzkörper																
		S	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)																
		H	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Keramik (Si ₃ N ₄)																
X	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)																		
XE(Spinshot™II)	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)																		
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 T: außenringgeführter Hartgewebekäfig, Betriebstemperatur max. 120 °C	18–19																	
	Dichtung	ohne Kennzeichnung: nicht abgedichtet V1V: nichtschleifende Elastomerdichtung (‡)	32																	
DBB	Anordnung	SU: Universalausführung (einreihig) DU: Universalausführung (zweireihig) DB: O-Anordnung DF: X-Anordnung DT: Tandem-Anordnung 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 CP: Sondervorspannung, CA: Sonderaxialluft	42–43, 152–155, 161–164																	
P4	Genauigkeit	P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4; P5: ISO-Klasse 5 P3: NSK Standard (Maßgenauigkeit nach ISO-Klasse 4, Laufgenauigkeit nach ISO-Klasse 2) 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.

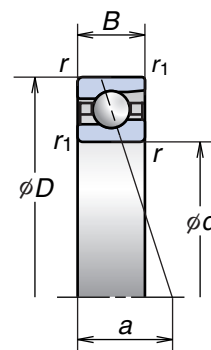
1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR19**

Reihe **BER19**

Bohrungsdurchmesser 25 – 80 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{gr} (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		0,038	–	53 800	83 600
25BNR19X	25	42	9	0,3	0,15			3,25		0,038	–	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		0,038	–	47 800	74 700
25BER19X	25	42	9	0,3	0,15			3,95		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		0,043	○	46 800	72 800
30BNR19X	30	47	9	0,3	0,15			3,80		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		0,043	○	41 600	65 000
30BER19X	30	47	9	0,3	0,15			4,60		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		0,063	○	40 000	62 300
35BNR19X	35	55	10	0,6	0,30			5,60		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		0,063	○	35 600	55 600
35BER19X	35	55	10	0,6	0,30			6,80		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		0,092	○	35 300	55 000
40BNR19X	40	62	12	0,6	0,30			7,10		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		0,092	○	31 400	49 100
40BER19X	40	62	12	0,6	0,30			8,65		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		0,111	○	31 900	49 600
45BNR19X	45	68	12	0,6	0,30			8,10		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		0,111	○	28 400	44 300
45BER19X	45	68	12	0,6	0,30			9,85		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		0,111	○	29 600	46 000
50BNR19X	50	72	12	0,6	0,30			9,10		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		0,111	○	26 300	41 000
50BER19X	50	72	12	0,6	0,30			11,00		0,111	○	31 200	49 200

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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 ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i>	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> (min)	<i>r</i> ₁ (min)	<i>C</i> _r (dyn.)	<i>C</i> _{0r} (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			10,6		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			12,9		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			11,2		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			13,6		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			12,3		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			14,9		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			17,1		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			20,7		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			18,0		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			21,7		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			18,9		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			22,8		0,326	○	20 000	31 600

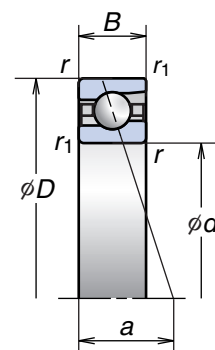
⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.
⁽²⁾ Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170
Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel $\alpha = 18^\circ$
 Lagerbauform BER: Druckwinkel $\alpha = 25^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR19**
Reihe **BER19**

Bohrungsdurchmesser 85 – 150 mm



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

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

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

(1) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(2) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

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

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

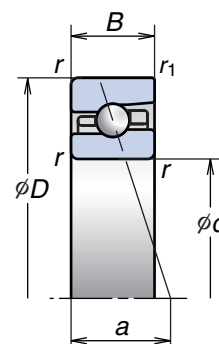
1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR10**

Reihe **BER10**

Bohrungsdurchmesser 30 – 80 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{gr} (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		0,116	○	42 400	65 900
30BNR10X	30	55	13	1,0	0,6			0,116		○	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		0,116	○	37 700	58 900
30BER10X	30	55	13	1,0	0,6			0,116		○	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		0,154	○	37 200	57 800
35BNR10X	35	62	14	1,0	0,6			0,154		○	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		0,154	○	33 000	51 600
35BER10X	35	62	14	1,0	0,6			0,154		○	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		0,193	○	33 400	51 900
40BNR10X	40	68	15	1,0	0,6			0,193		○	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		0,193	○	29 700	46 300
40BER10X	40	68	15	1,0	0,6			0,193		○	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		0,246	○	30 000	46 700
45BNR10X	45	75	16	1,0	0,6			0,246		○	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		0,246	○	26 700	41 700
45BER10X	45	75	16	1,0	0,6			0,246		○	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		0,266	○	27 700	43 100
50BNR10X	50	80	16	1,0	0,6			0,266		○	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		0,266	○	24 700	38 500
50BER10X	50	80	16	1,0	0,6			0,266		○	29 300	46 200	

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

⁽²⁾ 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 ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i>	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> (min)	<i>r</i> ₁ (min)	<i>C</i> _r (dyn.)	<i>C</i> _{0r} (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	

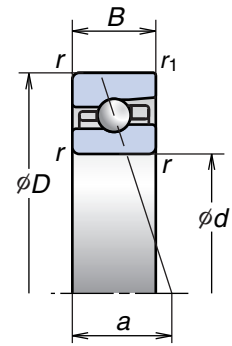
(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.
 (²) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.
 Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel $\alpha = 18^\circ$
 Lagerbauform BER: Druckwinkel $\alpha = 25^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihen)

Reihe **BNR10**
Reihe **BER10**

Bohrungsdurchmesser 85 – 150 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Abgedichtete Ausführung	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{0r} (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			24,5		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			29,5		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			31,5		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			38,0		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			32,5		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			39,5		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			34,0		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			41,0		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			39,0		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			47,5		1,585	–	14 400	22 700

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

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

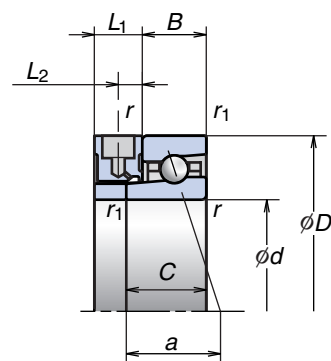
(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.
 (²) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.
Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel $\alpha = 18^\circ$
 Lagerbauform BER: Druckwinkel $\alpha = 25^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager 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 ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹) Öl
	d	D	B	C	r (min)	r_1 (min)	L_1 (ca.)	L_2 (ca.)	C_r (dyn.)	C_{0r} (stat.)				
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

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

⁽²⁾ 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:

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

Seite

Schräggelager

ROBUST

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)						Abmessung des Spinshot™ Zwischenrings (mm)		Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	d	D	B	C	r (min)	r ₁ (min)	L ₁ (ca.)	L ₂ (ca.)	C _r (dyn.)	C _{0r} (stat.)				
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

(¹)

zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²)

Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Anmerkung:

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

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

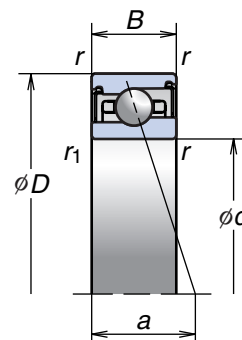
1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (breite Baureihe)

Reihe **BNR29**

Reihe **BER29**

Bohrungsdurchmesser 30 – 80 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{0r} (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			3,80			46 800
30BNR29XV1V	30	47	11	0,3	0,15			3,80			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			4,60			41 600
30BER29XV1V	30	47	11	0,3	0,15			4,60			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			5,60			40 000
35BNR29XV1V	35	55	13	0,6	0,3			5,60			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			6,80			35 600
35BER29XV1V	35	55	13	0,6	0,3			6,80			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			7,10			35 300
40BNR29XV1V	40	62	14	0,6	0,3			7,10			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			8,65			31 400
40BER29XV1V	40	62	14	0,6	0,3			8,65			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			8,10			31 900
45BNR29XV1V	45	68	14	0,6	0,3			8,10			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			9,85			28 400
45BER29XV1V	45	68	14	0,6	0,3			9,85			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			9,10			29 600
50BNR29XV1V	50	72	14	0,6	0,3			9,10			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			11,0			26 300
50BER29XV1V	50	72	14	0,6	0,3			11,0			31 200

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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 ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{0r} (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			10,6			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			12,9			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			11,2			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			13,6			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			12,3			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			14,9			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			17,1			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			20,7			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			18,0			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			21,7			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			18,9			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			22,8			20 000

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

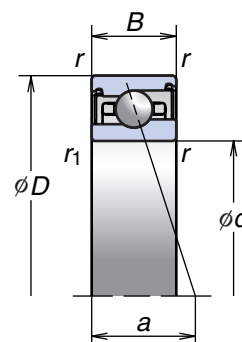
1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (breite Baureihe)

Reihe **BNR29**

Reihe **BER29**

Bohrungsdurchmesser 85 – 100 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (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			17 600
85BNR29XV1V	85	120	22	1,1	0,6			24,8			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			15 700
85BER29XV1V	85	120	22	1,1	0,6			30,0			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			16 800
90BNR29XV1V	90	125	22	1,1	0,6			28,1			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			14 900
90BER29XV1V	90	125	22	1,1	0,6			34,0			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			16 000
95BNR29XV1V	95	130	22	1,1	0,6			32,5			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			14 300
95BER29XV1V	95	130	22	1,1	0,6			39,5			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			15 000
100BNR29XV1V	100	140	24	1,1	0,6			33,0			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			13 400
100BER29XV1V	100	140	24	1,1	0,6			40,0			15 900

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

⁽²⁾ Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

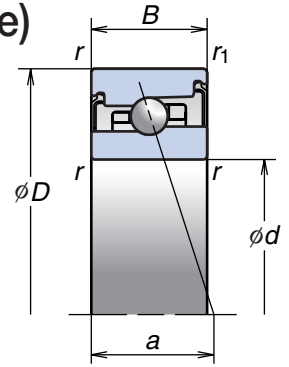
Anmerkung: Lagerbauform BNR: Druckwinkel $\alpha = 18^\circ$

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 ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{or} (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		0,142	42 400
30BNR20XV1V	30	55	16	1,0	0,6			5,35		0,142	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		0,142	37 700
30BER20XV1V	30	55	16	1,0	0,6			6,50		0,142	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		0,187	37 200
35BNR20XV1V	35	62	17	1,0	0,6			6,70		0,187	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		0,187	33 000
35BER20XV1V	35	62	17	1,0	0,6			8,10		0,187	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		0,231	33 400
40BNR20XV1V	40	68	18	1,0	0,6			7,50		0,231	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		0,231	29 700
40BER20XV1V	40	68	18	1,0	0,6			9,10		0,231	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		0,291	30 000
45BNR20XV1V	45	75	19	1,0	0,6			8,35		0,291	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		0,291	26 700
45BER20XV1V	45	75	19	1,0	0,6			10,10		0,291	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		0,315	27 700
50BNR20XV1V	50	80	19	1,0	0,6			9,20		0,315	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		0,315	24 700
50BER20XV1V	50	80	19	1,0	0,6			11,1		0,315	29 300

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

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

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

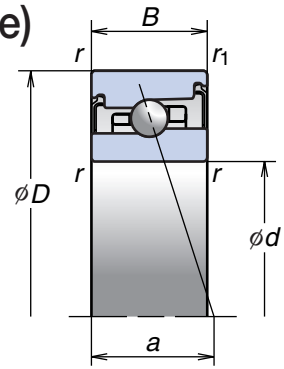
1. SCHRÄGKUGELLAGER

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (breite Baureihe)

Reihe **BNR20**

Reihe **BER20**

Bohrungsdurchmesser 55 – 100 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{0r} (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

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

⁽²⁾ 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 ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i>	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> (min)	<i>r</i> ₁ (min)	<i>C</i> _r (dyn.)	<i>C</i> _{0r} (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			24,5		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			29,5		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			31,5		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			38,0		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			32,5		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			39,5		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			34,0		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			41,0		1,558	15 200

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

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (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

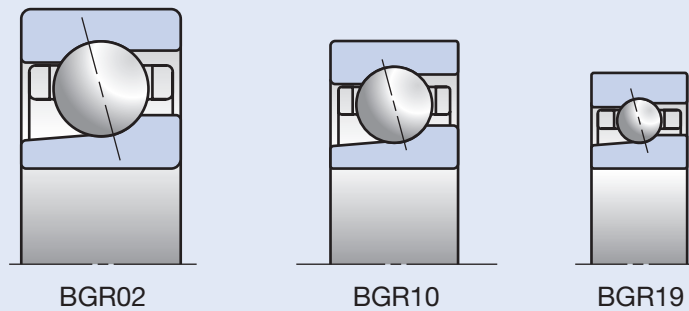
Die nicht zerlegbare Lagerkonstruktion vereinfacht den Ein- und Ausbau der Lager. Jede gewünschte Lageranordnung kann mit den Lagern in Universalausführung zusammengestellt werden.

Hohe Genauigkeit

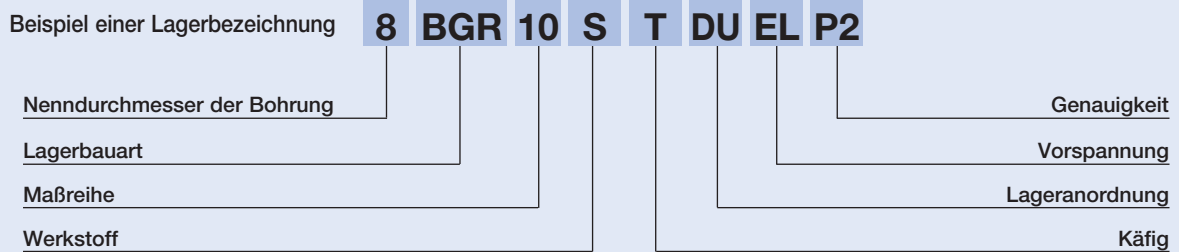
Die Lager der BGR-Reihe werden als Standard in der ISO-Klasse 2 (ABMA ABEC 9) gefertigt.

Maßreihen

Abb. 1.5



Bezeichnungssystem für Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (BGR-Reihen)



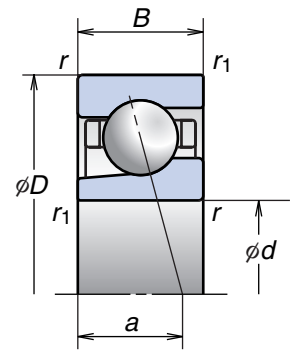
			Seite														
8	Nenndurchmesser der Bohrung	Bohrungsdurchmesser (mm)	82–84														
BGR	Lagerbauart	BGR: Druckwinkel 15°	42–43, 48														
10	Maßreihe	10 = ISO-Reihe 10, 19 = ISO-Reihe 19, 02 = ISO-Reihe 02	42–43, 80														
S	Werkstoff	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ausführung</th> <th colspan="2">Werkstoff</th> </tr> <tr> <th>Ringe</th> <th>Wälzkörper</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> <td>Keramik (Si₃N₄)</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>wärmebeständiger Stahl (SHX)</td> <td>Keramik (Si₃N₄)</td> </tr> </tbody> </table>	Ausführung	Werkstoff		Ringe	Wälzkörper	S	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)	H	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Keramik (Si ₃ N ₄)	X	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)	14–17, 29
		Ausführung		Werkstoff													
			Ringe	Wälzkörper													
		S	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)													
H	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Keramik (Si ₃ N ₄)															
X	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)															
SUJ2 ist die japanische Bezeichnung des Wälzlagerstahles 100Cr6.																	
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 P3: NSK Standard (Maßgenauigkeit nach ISO-Klasse 4, Laufgenauigkeit nach ISO-Klasse 2)	176–179														

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (BGR-Reihen)

Reihe **BGR19**

Bohrungsdurchmesser 10 – 25 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{0r} (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			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			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			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			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			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			56 800	83 600
25BGR19X	25	42	9	0,3	0,15			0,039			65 700	89 600

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

⁽²⁾ Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

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

Reihe BGR10

Bohrungsdurchmesser 6 – 25 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

BGR

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) a	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	C _r (dyn.)	C _{0r} (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	

(1) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(2) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

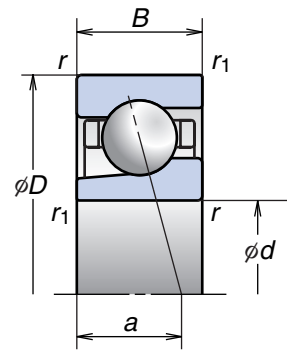
Anmerkung: Lagerbauform BGR: Druckwinkel $\alpha = 15^\circ$

1. SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (BGR-Reihen)

Reihe BGR02

Bohrungsdurchmesser 10 – 25 mm



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

⁽¹⁾ zulässige Axiallast siehe Seite 147.

⁽²⁾ 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

Zylinderrollenlager	88 – 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 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 Werkzeugmaschinen spindeln. 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.

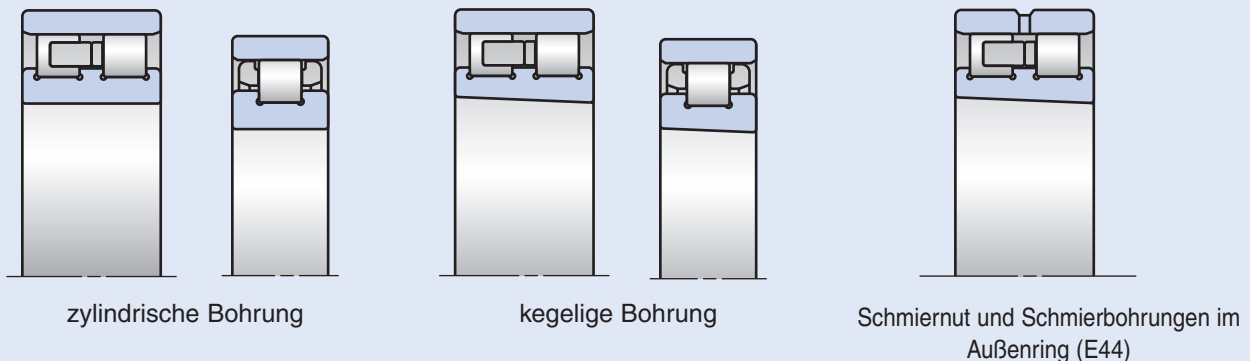
NSK bietet Zylinderrollenlager verschiedener Bauformen an, z.B. die Ausführung E44 mit Nachschmiernut und -bohrungen im Außenring. Die zweireihige Bauform NNU hat drei feste Borde am Außenring. Die Bauform NN hat ein ausgezeichnetes Einlaufverhalten bei Fettschmierung und begünstigt den Durchfluss bei 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 NN3920 bis NN3956 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

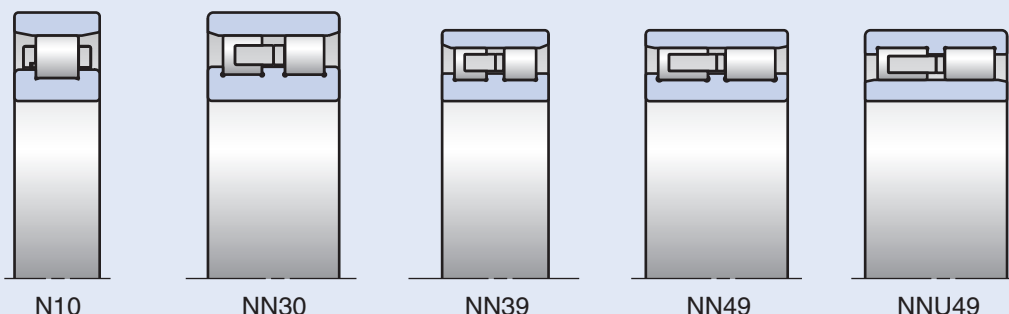
Abb. 2.1



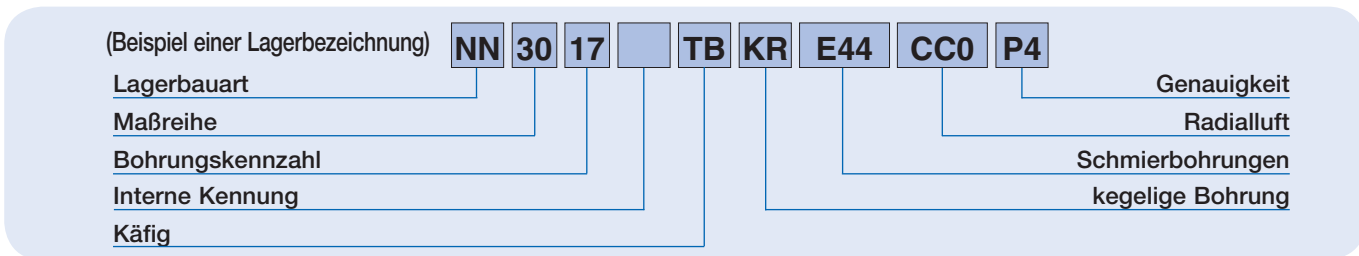
Ein- und zweireihige Lager sind mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung verfügbar. Bei zweireihigen Zylinderrollenlagern ist die Ausführung mit Schmiernut und Schmierbohrungen für Ölschmierung zu bevorzugen.

Lagerbauart und Maßreihe

Abb. 2.2



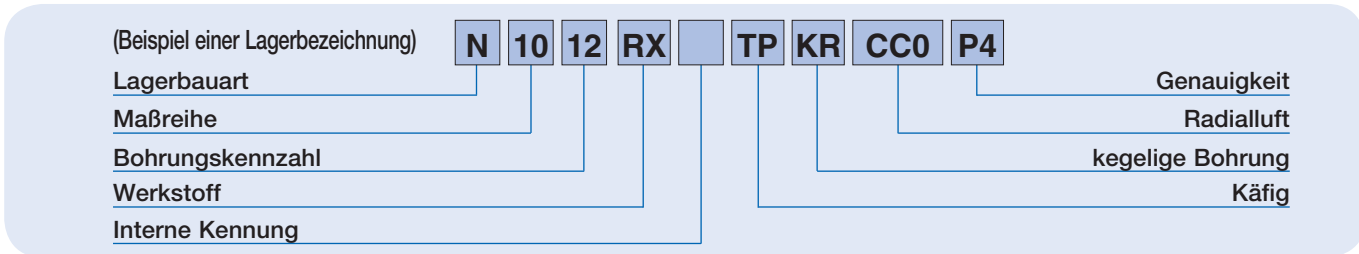
Bezeichnungssystem für zweireihige Zylinderrollenlager (Lagerbauformen mit hoher Steifigkeit)



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

Zylinderrollenlager

Bezeichnungssystem für einreihige Zylinderrollenlager (Standardreihe und ROBUST-Lager)



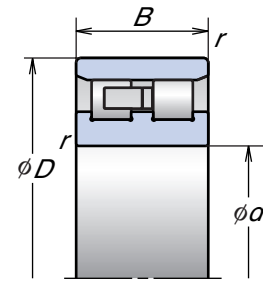
			Seite														
N	Lagerbauart	N: einreihiges Zylinderrollenlager mit Innenring mit zwei Borden	44–45, 88														
10	Maßreihe	10: ISO-Reihe 10	44–45, 88														
12	Bohrungskennzahl	Bohrungsdurchmesser (in mm) = Bohrungskennzahl x 5	94–95														
	Werkstoff	Ohne Symbol: Standardwerkstoff für Zylinderrollenlager = Ringe und Rollen aus Wälzlagerstahl SUJ2 RS – RX – RXH: einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (Reihe ROBUST)	14-17 26-27														
RX	Werkstoff	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bauform</th> <th colspan="2">Werkstoff</th> </tr> <tr> <th>Ringe</th> <th>Wälzkörper</th> </tr> </thead> <tbody> <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 (Si₃N₄)</td> </tr> </tbody> </table>		Bauform	Werkstoff		Ringe	Wälzkörper	RS	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)	RX	wärmebeständiger Stahl (SHX)	wärmebeständiger Stahl (SHX)	RXH	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)
Bauform	Werkstoff																
	Ringe	Wälzkörper															
RS	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)															
RX	wärmebeständiger Stahl (SHX)	wärmebeständiger Stahl (SHX)															
RXH	wärmebeständiger Stahl (SHX)	Keramik (Si ₃ N ₄)															
	Interne Kennung	Keine Kennzeichnung: Standard Typ Z: Typ mit reduzierter Wärmeenerzeugung	97														
TP	Käfig	TP: außenringgeführter PEEK-Käfig; zulässige Betriebstemperatur max. 240 °C 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 CC0: Standard-Lagerluft bei kegeliger Bohrung CCG: Sonderradialluft	44–45, 169														
P4	Genauigkeit	P2: ISO-Klasse 2, P4: ISO-Klasse 4, P4Y: NSK Standard (Bohrungs- und Außendurchmesser nach NSK Spezifikation, alle anderen Maße nach ISO-Klasse 4)	151 176–181														

2. ZYLINDERROLLENLAGER

Zweireihige Zylinderrollenlager (Lagerbauformen mit hoher Steifigkeit)

Reihe 30

Bohrungsdurchmesser 25 – 200 mm

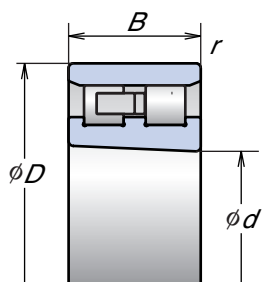


*zylindrische Bohrung

Kurzzzeichen	Hauptabmessungen (mm)				Tragzahl (kN)		Hüllkreis- durchmesser (mm)	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze (*) (min ⁻¹)	
	d	D	B	r	C _r (dyn.)	C _{0r} (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

(*) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“



kegelige Bohrung

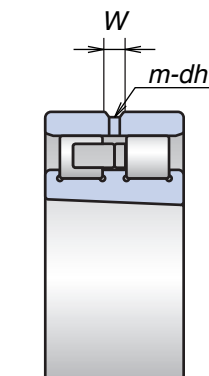
Reihe 30 (Fortsetzung)

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)				Tragzahl (kN)		Hüllkreis- durchmesser (mm)	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze (1) (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C_r</i> (dyn.)	<i>C_{0r}</i> (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

(1) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

Abmessungen der Nachschmierbohrungen (Bauform E44) Maßeinheit: mm

Breite des Außenrings		Durchmesser Schmierbohrung <i>dh</i>	Breite Schmiernut <i>W</i>	Anzahl der Bohrungen <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
- Radialluft169
- Anschlussmaße186
- Position der Schmierdüse192
- Fettmenge175

Zylinderrollenlager
Zweireihige

2. ZYLINDERROLLENLAGER

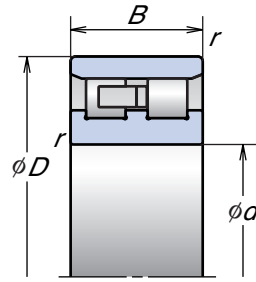
Zweireihige Zylinderrollenlager (Lagerbauformen mit hoher Steifigkeit)

Reihe 39

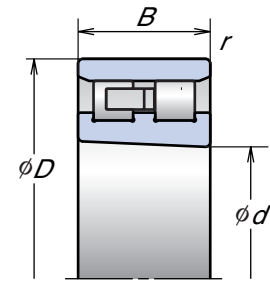
Bohrungsdurchmesser 100 – 280 mm

Reihe 49

Bohrungsdurchmesser 100 – 200 mm



*NN39 zylindrische Bohrung

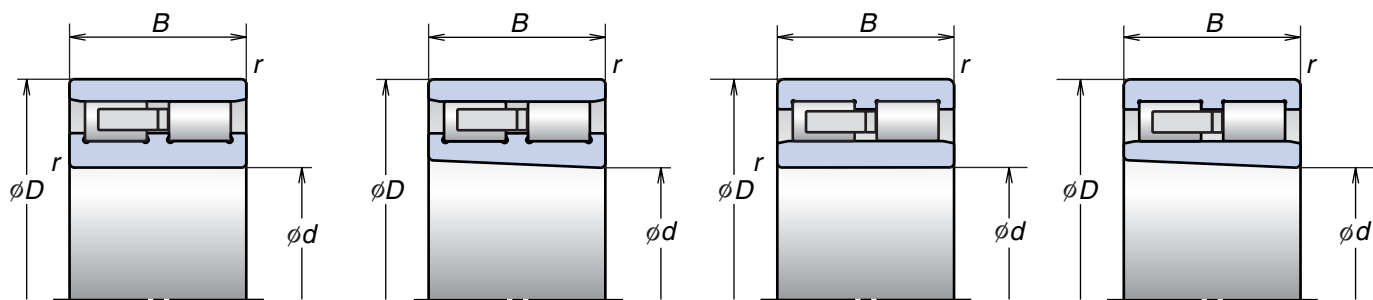


NN39 kegelige Bohrung

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)				Tragzahl (kN)		Hüllkreisdurchmesser (mm)	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze (1) (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C_r</i> (dyn.)	<i>C_{0r}</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

(1) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“



*NN49 zylindrische Bohrung

NN49 kegelige Bohrung

*NNU49 zylindrische Bohrung

NNU49 kegelige Bohrung

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)				Tragzahl (kN)		Hüllkreis- durchmesser (mm) <small>(bei NNU-Typen innerer Hüllkreis)</small>	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze (1) (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C_r</i> (dyn.)	<i>C_{0r}</i> (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

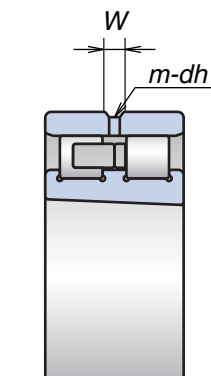
Zylinderrollenlager

Zweireihige

Abmessungen der Nachschmierbohrungen (Bauform E44)

Maßeinheit: mm

Breite des Außenrings		Durchmesser Schmierbohrung <i>dh</i>	Breite Schmiernut <i>W</i>	Anzahl der Bohrungen <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

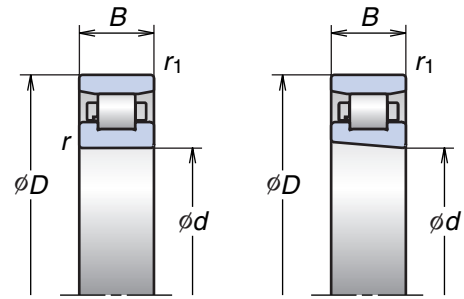
- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 139
- Statisch äquivalente Lagerbelastung 146
- Radialluft169
- Anschlussmaße186
- Position der Schmierdüse192
- Fettmenge175

2. ZYLINDERROLLENLAGER

Einreihige Zylinderrollenlager (Standardreihe)

Reihe 10

Bohrungsdurchmesser 30 – 140 mm



*zylindrische Bohrung

kegelige Bohrung

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

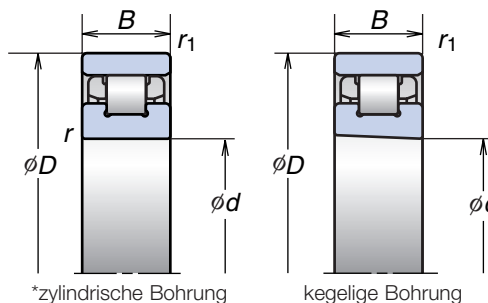
⁽¹⁾ Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

* 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
 - Radialluft169
 - Anschlussmaße186
 - Position der Schmierdüse192
 - Fettmenge175

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		Hüllkreis- durchmesser (mm)	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽¹⁾ (min ⁻¹)	
	d	D	B	r	r ₁	C _r (dyn.)	C _{0r} (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

(¹) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

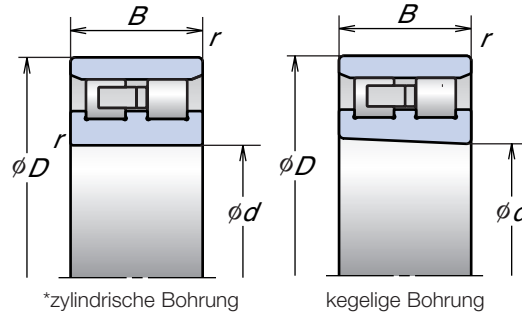
* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“

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 Schmierdüse	192
● Fettmenge	175

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)				Tragzahl (kN)		Hüllkreisdurchmesser (mm)	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽¹⁾ (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C_r</i> (dyn.)	<i>C_{0r}</i> (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	60	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

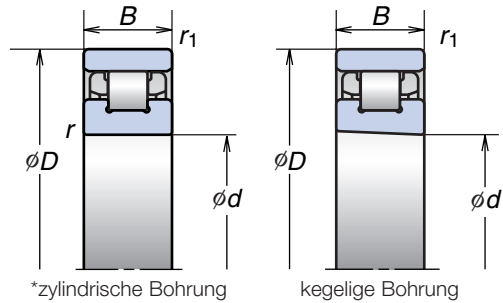
(¹) Drehzahlgrenzen in der Anwendung siehe Seite 170.

* bei Lagern mit zylindrischer Bohrung ohne Kennzeichnung „KR“

Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen (geringe Wärmezeugung)

Reihe 10

Bohrungsdurchmesser 45 – 85 mm



- Weitere Angaben: Seite
- Dynamisch äquivalente Lagerbelastung 139
 - Statisch äquivalente Lagerbelastung 146
 - Radialluft169
 - Anschlussmaße186
 - Position der Schmierdüse192
 - Fettmenge175

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)				Tragzahl (kN)		Hüllkreisdurchmesser (mm)	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze (1) (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C_r</i> (dyn.)	<i>C_{or}</i> (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-Schrägkugellager

(ROBUST-Reihen)



Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager

(TAC-Reihen)

Axial-Schrägkugellager

Axial-Schrägkugellager 100 – 105

Eigenschaften

Bezeichnungssystem

Lagertabellen

Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager

Reihe BAR10

Reihe BTR10

Zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (ROBUST-Reihen)

Reihe TAC29D

Reihe TAC20D

3. AXIAL-SCHRÄGKUGELLAGER

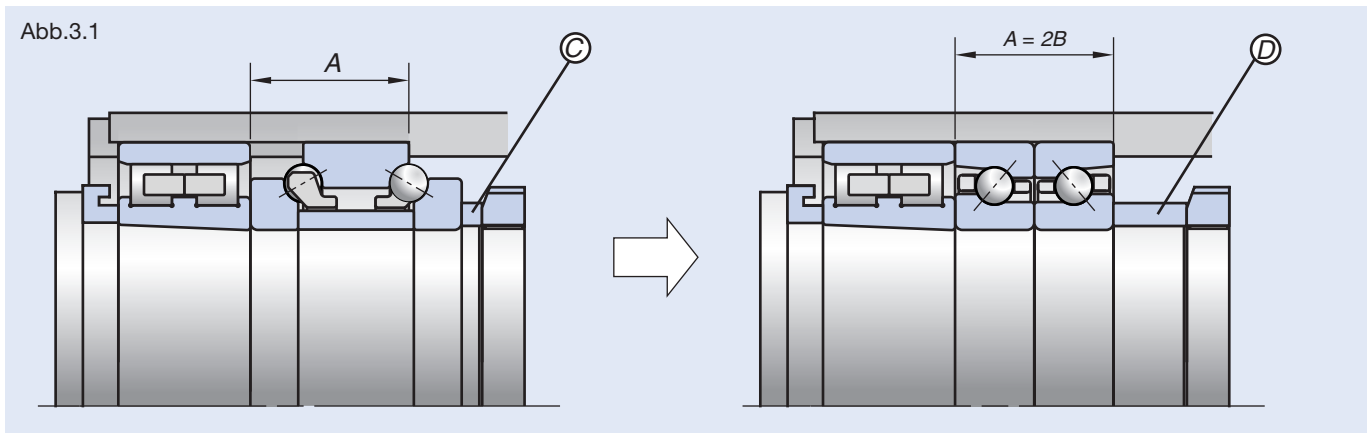
Eigenschaften

Hauptspindeln von Werkzeugmaschinen werden häufig mit zweireihigen Zylinderrollenlagern in Verbindung mit Axial-Schrägkugellagern 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-Schrägkugellager 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-Schrägkugellager der Reihe ROBUST bewahren auch bei hohen Drehzahlen ihre hohe Steifigkeit. Kugeldurchmesser und Anzahl der Kugeln entsprechen den TAC-Lagern. Die Axial-Schrägkugellager mit einem Druckwinkel von 40° (Reihe BTR) oder 30° (Reihe BAR) zeichnen sich durch hohe Leistungsfähigkeit und minimale Eigenerwärmung bei hohen Drehzahlen aus.

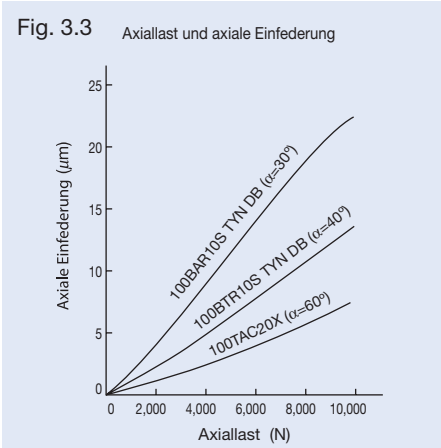
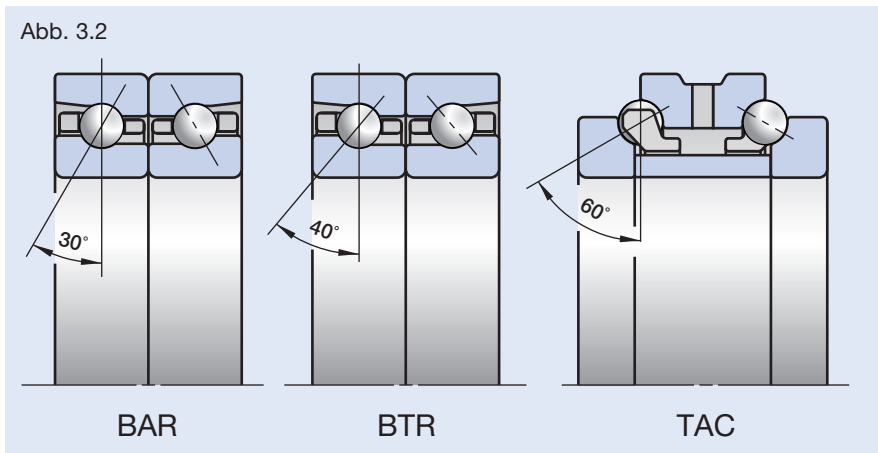
Austauschbarkeit

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.

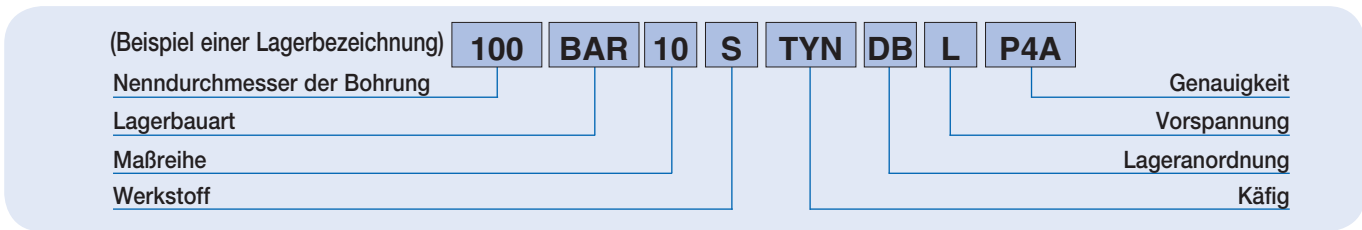


Druckwinkel

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.



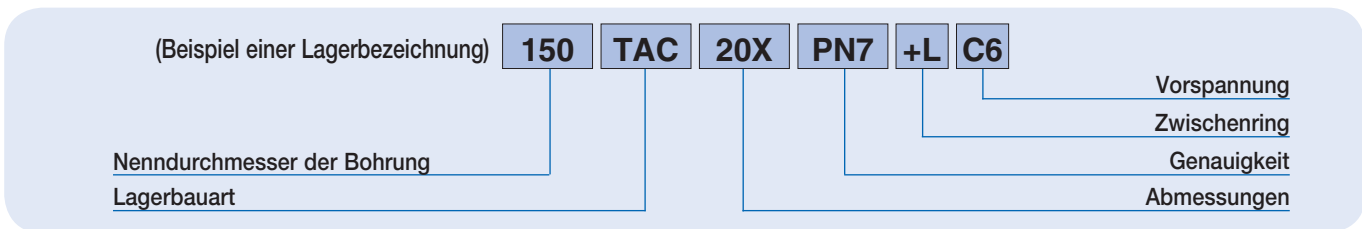
Bezeichnungssystem für Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager (ROBUST-Reihen)



			Seite											
100	Nenn Durchmesser	Bohrungsdurchmesser (mm)	102-104											
BAR	Lagerbauart	BAR: Druckwinkel 30° 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 border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bauform</th> <th colspan="2">Werkstoff</th> </tr> <tr> <th>Ringe</th> <th>Wälzkörper</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>Wälzlagerstahl (SUJ2)</td> <td>Keramik (Si₃N₄)</td> </tr> </tbody> </table>	Bauform	Werkstoff		Ringe	Wälzkörper	S	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)	H	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Keramik (Si ₃ N ₄)	14-17, 28
		Bauform		Werkstoff										
			Ringe	Wälzkörper										
S	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Wälzlagerstahl (SUJ2)												
H	Wälzlagerstahl (SUJ2)	Keramik (Si ₃ N ₄)												
TYN	Käfig	TYN: kugelgeführter Polyamidkäfig, Drehzahlgrenze $n \times d_m = 1.400.000$, Betriebstemperatur max. 120 °C, bis Bohrungsdurchmesser max. 150 mm darüber Messingmassivkäfig (ohne Kennzeichnung bei Messingmassivkäfigen)	18-19											
DB	Anordnung	DB: O-Anordnung	42-43, 148-151											
L	Vorspannung	EL: extraleichte Vorspannung, L: leichte Vorspannung CP: Sondervorspannung, CA: Sonderlagerluft	42-43, 152-155, 166											
P4A	Genauigkeit	P2A: ISO-Klasse 2, aber anderer Außendurchmesser P4: ISO-Klasse 4; aber anderer Außendurchmesser	182											

Axial-Schrägkugellager

Bezeichnungssystem für zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager (TAC-Reihen)



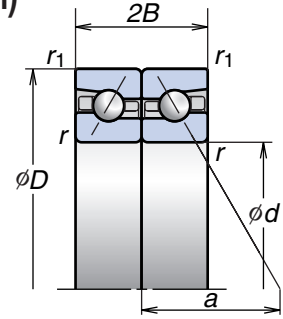
			Seite
100	Nenn Durchmesser	Bohrungsdurchmesser (mm)	105
TAC	Lagerbauart	Axial-Schrägkugellager: Druckwinkel 60°	28, 42-43, 100
20D	Abmessungen	20X, 20D: für Kombination mit Reihe NN30 29D: für Kombination mit Reihe NN39 und NN49	42-43, 100
PN7	Genauigkeit	PN7: NSK Standard	182
+L	Zwischenring	Innerer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

3. AXIAL-SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager (ROBUST-Reihen)

Reihe **BAR10**
Reihe **BTR10**

Bohrungsdurchmesser 50 – 105 mm



Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Tragzahl (kN)		zulässige Axiallast ⁽¹⁾ (kN)	Lastangriffspunkt (mm) <i>a</i>	Gewicht (kg) (ca.)	Drehzahlgrenze ⁽²⁾ (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>2B</i>	<i>r</i> (min)	<i>r</i> ₁ (min)	<i>C</i> _a (dyn.)	<i>C</i> _{0a} (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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

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

(1) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(2) 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 $\alpha = 30^\circ$

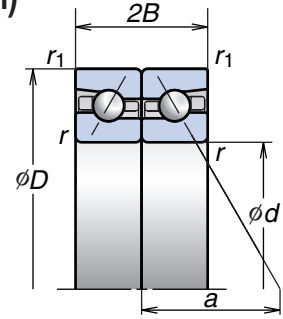
Lagerbauform BTR10: Druckwinkel $\alpha = 40^\circ$

3. AXIAL-SCHRÄGKUGELLAGER

Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager (ROBUST-Reihen)

Reihe **BAR10**
Reihe **BTR10**

Bohrungsdurchmesser 110 – 200 mm



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

(¹) zulässige Axiallast siehe Seite 147.

(²) 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.

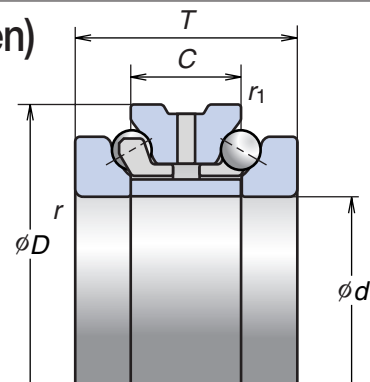
Anmerkung: Lagerbauform BAR10: Druckwinkel $\alpha = 30^\circ$

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)	r ₁ (min)	C _a (dyn.)	C _{0a} (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 $\alpha = 60^\circ$

ROBUST-Reihen
zweiseitig wirkend
Axial-Schrägkugellager

4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE



Werkzeugmaschinen

Reihe TAC B



Elektrisch angetriebene Spritzgussmaschinen

Reihen TAC 02 und 03



Werkzeugmaschinen

Lagereinheiten für Kugelgewindetriebe

Lager für Kugelgewindetriebe

Axial-Schrägkugellager 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-Schrägkugellager für Kugelgewindetriebe

Eigenschaften

Die hochgenauen Axial-Schrägkugellager zur Lagerung von Kugelgewindetrieben sind wesentlich leistungsfähiger als die bisher verwendeten Lagerungen mit Schrägkugellagern 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° haben diese Lager eine hohe axiale Steifigkeit. Das Anlaufmoment ist geringer als bei Kegelerollen- 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

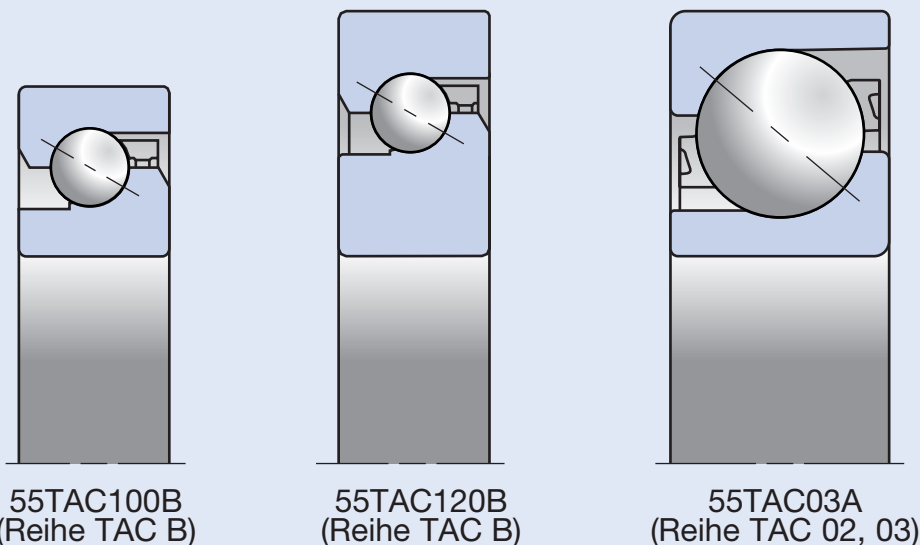
TAC 02 und 03 sind Schrägkugellager zur Lagerung großer Kugelgewindetriebe unter hoher Belastung, z. B. in elektrisch angetriebenen Kunststoff-Spritzgussmaschinen. Durch eine optimierte Innenkonstruktion wurde das Lagerreibmoment minimiert. Mit diesen Lagern kann das Reibmoment gegenüber herkömmlichen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

Unterschiede zwischen TAC B und TAC 02 und 03

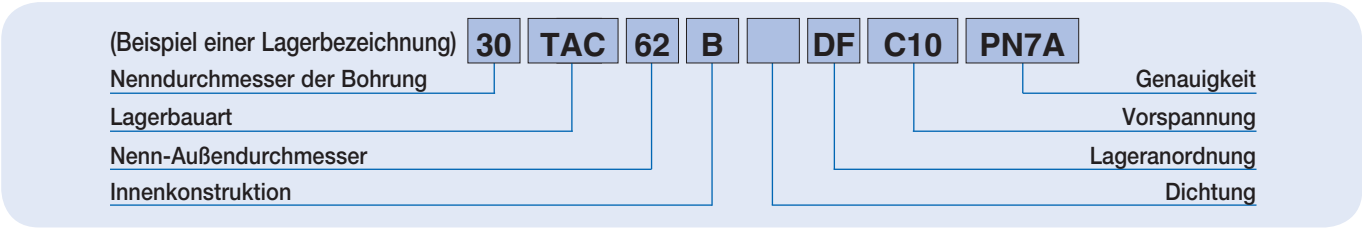
In elektrisch angetriebenen Spritzgussmaschinen werden die Axial-Lager für die Lagerung von Kugelgewindetrieben wesentlich höher belastet als in Werkzeugmaschinen. Genau für diese hohen Belastungen sind die TAC 02- und TAC 03-Lager ausgelegt.

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



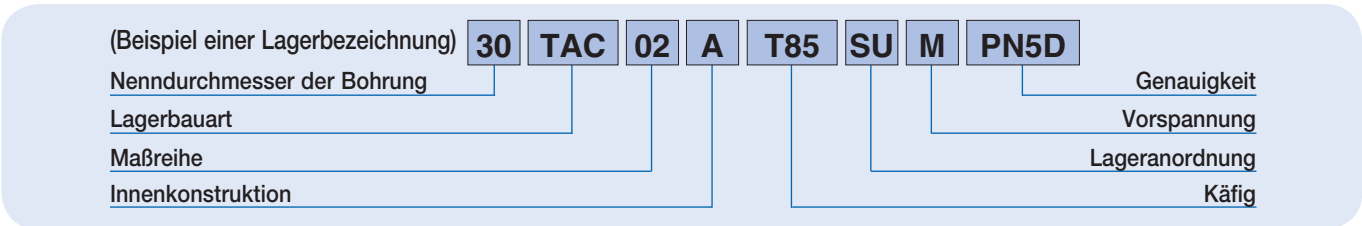
Bezeichnungssystem für Axial-Schrägkugellager für die Lagerung von Kugelgewindetrieiben (in Werkzeugmaschinen)



			Seite
30	Nenn Durchmesser	Bohrungsdurchmesser (mm)	110-111
TAC	Lagerbauart	Axial-Schrägkugellager: Druckwinkel 60°	30, 108
62	Nenn-Außendurchmesser	Außendurchmesser (mm)	110-111
B	Innenkonstruktion		-
	Dichtung	ohne Kennzeichnung, nicht abgedichtet, DDG: schleifende Elastomerdichtung ¹⁾	30
DF	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
C10	Vorspannung	C10: Standardvorspannung C9: leichte Vorspannung (geringes Drehmoment)	152-155, 168
PN7A	Genauigkeit	PN7A: NSK Standard für Lagersätze (entspricht etwa ISO-Klasse 4) PN7B: NSK Standard für Universallager (entspricht etwa ISO-Klasse 4)	183

¹⁾ Universalausführung SU und PN7B ist Standard für die abgedichtete Ausführung.

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



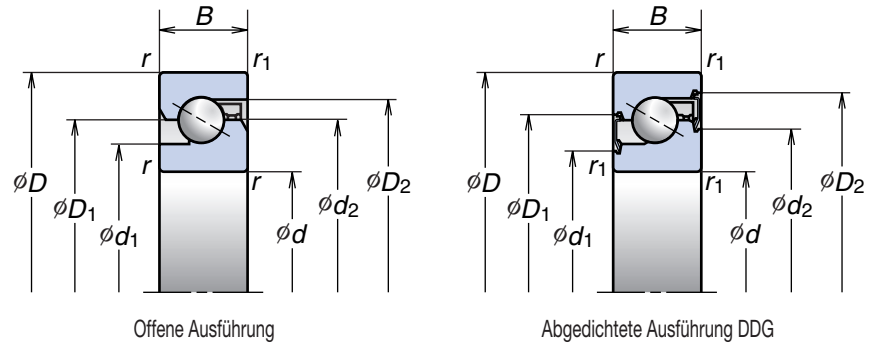
			Seite
30	Nenn Durchmesser	Bohrungsdurchmesser (mm)	112-113
TAC	Lagerbauart	Axial-Schrägkugellager: Druckwinkel siehe Abmessungstabellen (50 or 55°)	31, 108
02	Maßreihe	02: Reihe 02, 03: Reihe 03	108
A	Innenkonstruktion		-
T85	Käfig	T85: Polyamidkäfig M: Messingmassivkäfig	18-19
SU	Anordnung	SU: Universalausführung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

4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

Für Werkzeugmaschinen

Reihe TAC B

Bohrungsdurchmesser 15 – 60 mm



Offene Ausführung

Offene Ausführung

Abgedichtete Ausführung DDG

Kurzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Anschlussmaße (mm)				Empfohlene Fettmenge (cm ³)	Drehzahlgrenze ⁽¹⁾ (min ⁻¹)	
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i> (min)	<i>r</i> ₁ (min)	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂		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 ⁽¹⁾ (min ⁻¹)
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>r</i> ₁	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	
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

⁽¹⁾ 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 ⁽²⁾			Gewicht (kg) (ca.)
Eine Kugelreihe DF, DB (kN)	Zwei Kugelreihen DT, DFD, DBD, DFF, DBB (kN)	Drei Kugelreihen DTD, DFT, DBT (kN)	Eine Kugelreihe DF, DB (kN)	Zwei Kugelreihen DT, DFD, DBD, DFF, DBB (kN)	Drei Kugelreihen DTD, DFT, DBT (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 ⁽²⁾			Gewicht (kg) (ca.)
Eine Kugelreihe DF, DB (kN)	Zwei Kugelreihen DT, DFD, DBD, DFF, DBB (kN)	Drei Kugelreihen DTD, DFT, DBT (kN)	Eine Kugelreihe DF, DB (kN)	Zwei Kugelreihen DT, DFD, DBD, DFF, DBB (kN)	Drei Kugelreihen DTD, DFT, DBT (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

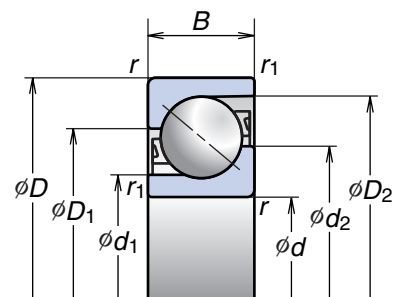
⁽²⁾ Die zulässige Axiallast ist 0,7-mal dem Grenzwert der Axiallast.

4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

Für elektrisch angetriebene Spritzgussmaschinen

Reihe TAC02 und 03

Bohrungsdurchmesser 15 – 120 mm



Kurzzzeichen	Hauptabmessungen (mm)					Anschlussmaße (mm)				Empfohlene Fettmenge (cm ³)	Druckwinkel (Grad)	Drehzahlgrenze (min ⁻¹) für Fett und Öl
	d	D	B	r (min)	r ₁ (min)	d ₁	d ₂	D ₁	D ₂			
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_3			Grenzwert Axiallast ⁽¹⁾		
Eine Kugelreihe DF, DB (kN)	Zwei Kugelreihen DT, DFD, DBD, DFF, DBB (kN)	Drei Kugelreihen DTD, DFT, DBT (kN)	Eine Kugelreihe DF, DB (kN)	Zwei Kugelreihen DT, DFD, DBD, DFF, DBB (kN)	Drei Kugelreihen DTD, DFT, DBT (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

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

4. LAGER FÜR KUGELGEWINDETRIEBE

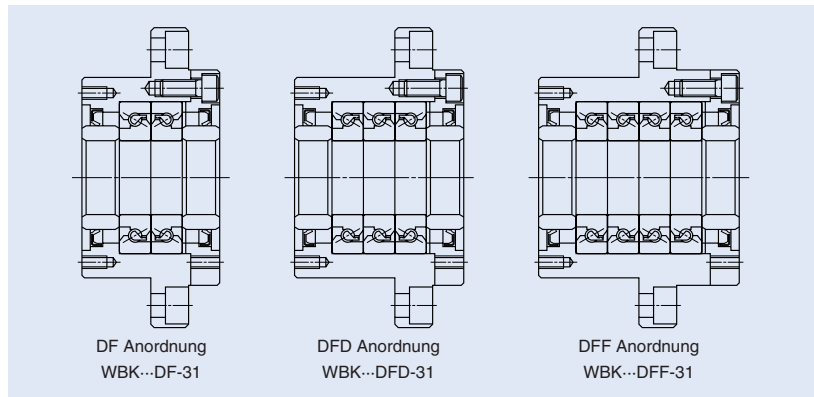
Lagereinheiten für Kugelgewindetriebe



Die Lagereinheiten für hoch belastete Werkzeugmaschinen sind mit hoch genauen und extrem steifen Axialschrägkugellagern 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 Schrägkugellager bereits in der Einheit montiert sind, entfällt eine Montage von Lagern.



Lagereinheit 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

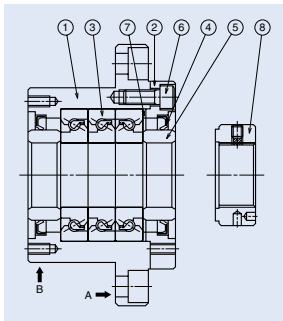
Bsp. einer Bezeichnung **WBK 30 DFD - 31**

Laufende Nummer: 31

Zeichen für Lagereinheit: WBK

Lagerbohrungsdurchmesser: 30

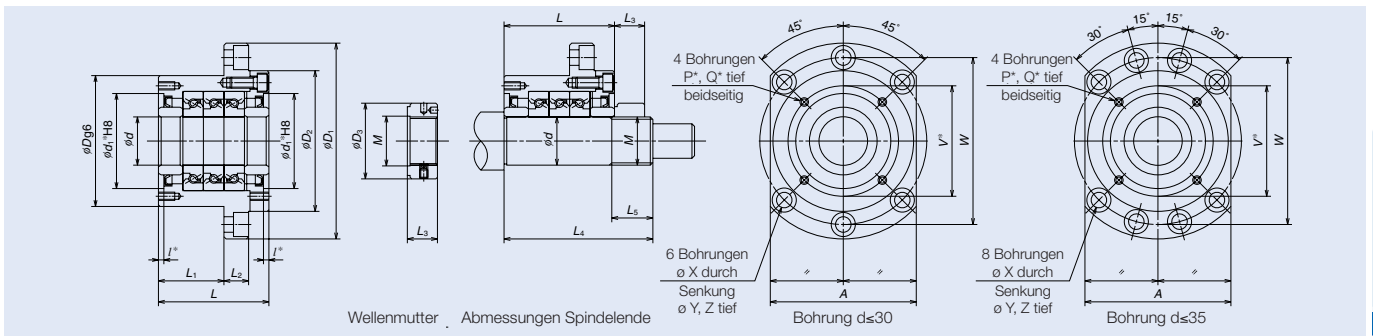
Lageranordnung: DFD (Dreireihige X-Anordnung)



Einzelteile einer Lagereinheit

Teil	Bezeichnung	Anzahl
①	Gehäuse	1
②	Gehäusedeckel	1
③	Schrägkugellager	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, ⑥ 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. Axialschrägkugellager für Kugelgewindetriebe finden Sie auf Seite 110.



Dynamische Tragzahl (axial) C_a (N)	Zulässige Axiallast (N)	Vorspannung (N)	Axiale Steifigkeit (N/ μ m)	Anlaufreibmoment (N-cm)	Wellenmutter			Abmessungen Spindelende		
					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)

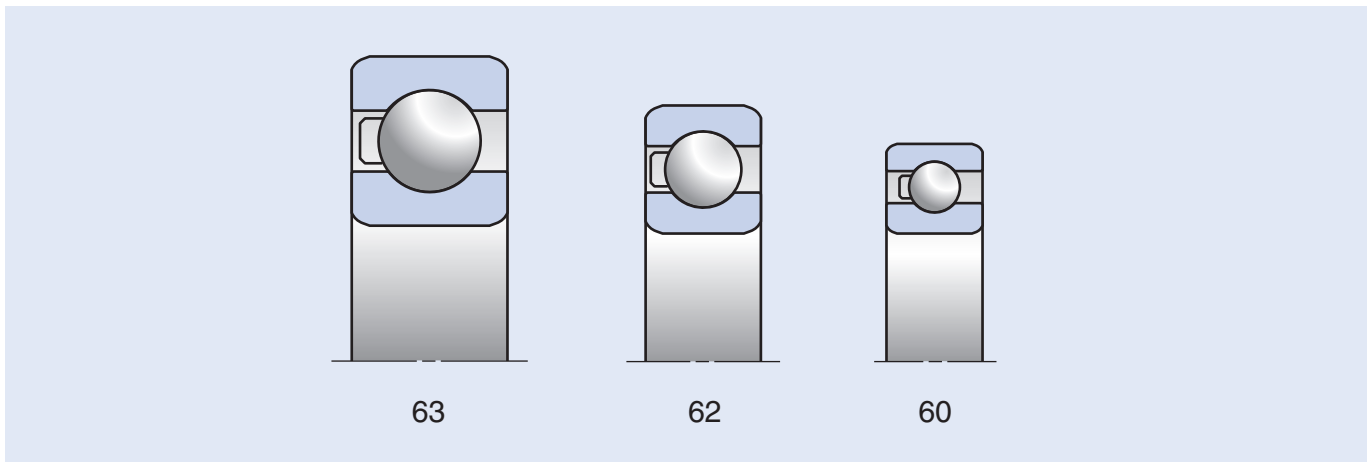
Reihen 60 und 62 (Hartgewebe-Käfige)

5. HOCHGENAUIGKEITS-RILLENKUGELLAGER

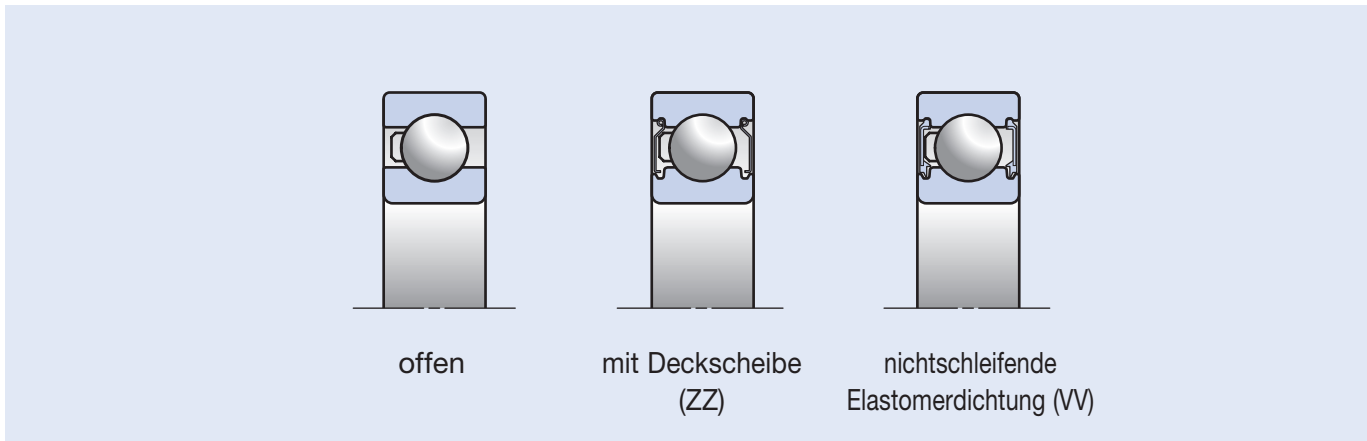
Eigenschaften

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

Maßreihen



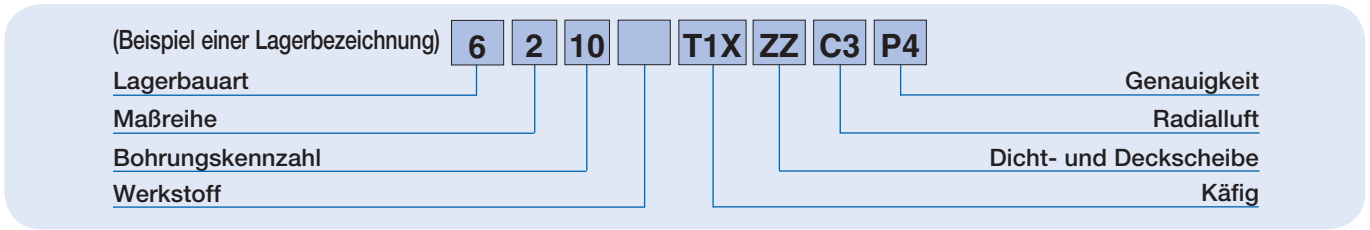
Ausführungen



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

Hochgenauigkeits-Rillenkugellager

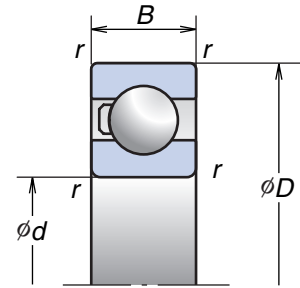
5. HOCHGENAUIGKEITS-RILLENKUGELLAGER

Bauform T1X (Polyamidkäfig)

Reihe 60, 62 und 63

Bohrungsdurchmesser 10 – 50 mm

offen mit Deckscheibe mit Dichtscheibe
6000 ZZ VV



Kurzzeichen (¹⁾)	Deckscheibe	Dichtscheibe	Hauptabmessungen (mm)				Tragzahl (kN)		Drehzahlgrenze (²) (min ⁻¹) Fett
			d	D	B	r	C _r (dyn.)	C _{0r} (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

(¹) Käfig TYA für Hochgeschwindigkeitsmotoren erhältlich. Bitte fragen Sie bei NSK nach.

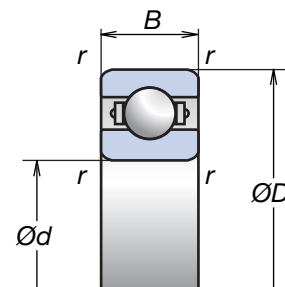
(²) Die Drehzahlgrenzen gelten für Käfig T1X.

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 (°) (min-1)	
	d	D	B	r	C _r (dyn.)	C _{0r} (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

(°) Drehzahlgrenzen siehe Seite 170

6. ZUBEHÖR



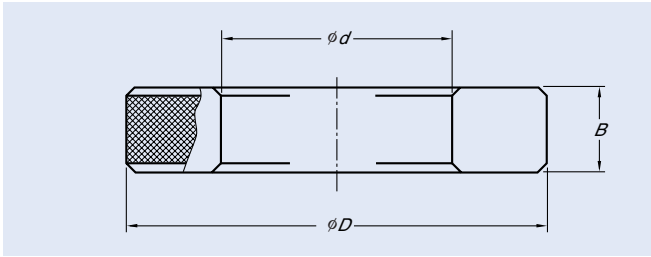
Zubehör

Messgeräte und Lehren	124-127
Maßringe GR	
Eigenschaften	
Bezeichnungssystem	
Kegellehringe 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 Werkzeugmaschinen­spindel 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 des Maßrings	Hauptabmessungen (mm)			Gewicht (kg) (ca.)
79 69 NN39 NN49	BNR19 BER19	70 60 N10 NN30	BNR10 BER10	72 62 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

Kegellehringe der Reihe GTR30

Prüfmittel zur Kontrolle kegelliger Wellensitze



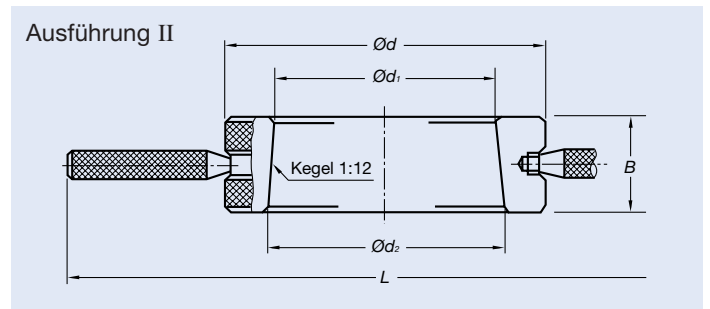
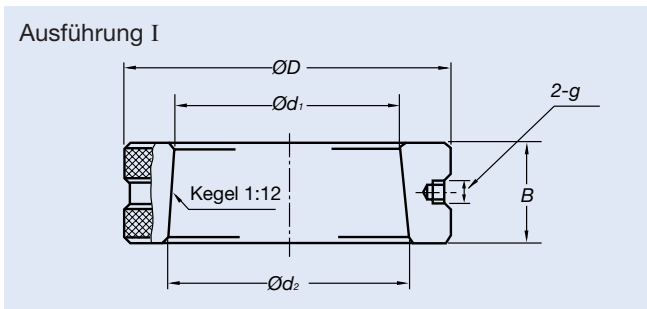
NN30XXKR bezeichnet zweireihige Zylinderrollenlager mit kegelliger Bohrung. Sie weisen eine hohe Steifigkeit auf und sind für hohe Drehzahlen geeignet. Deshalb werden sie häufig in Werkzeugmaschinen eingesetzt.

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 Kegellehringe 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.

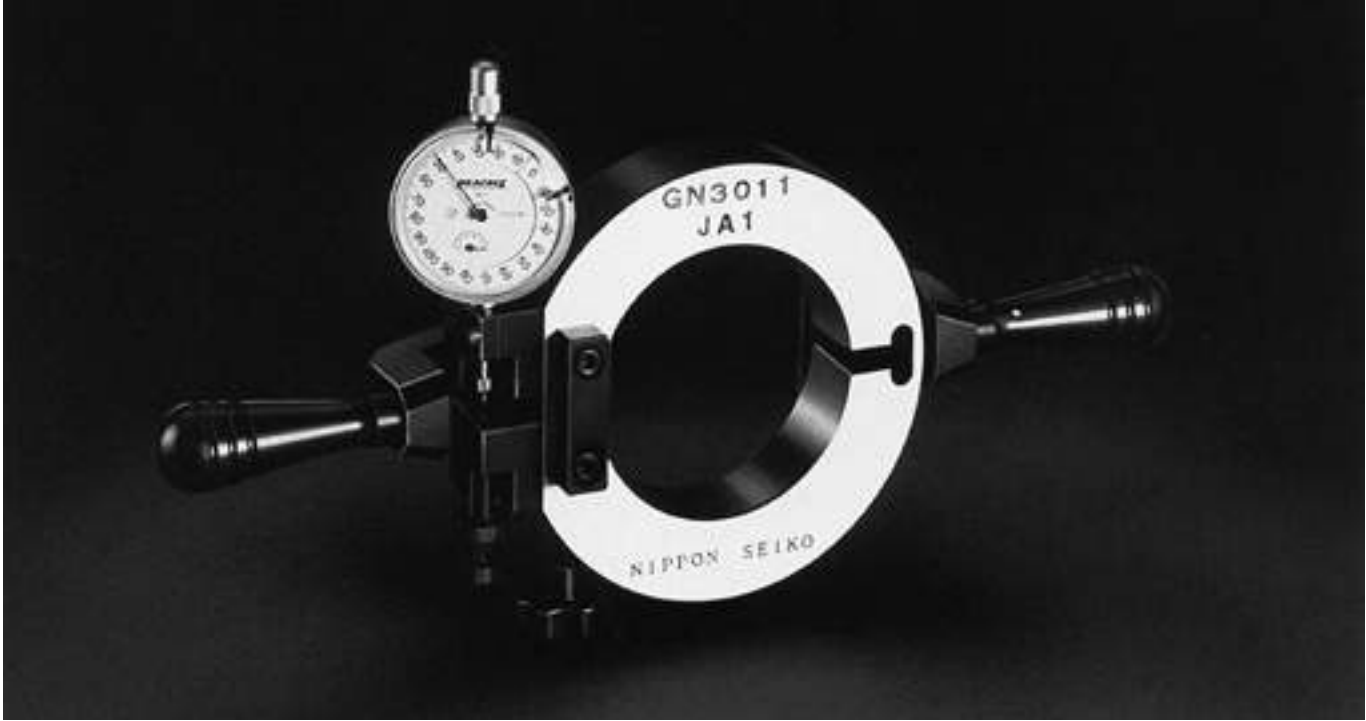


Für Lager	Bezeichnung der Ringlehre	Ausführung	Hauptabmessungen (mm)						Gewicht (kg) (ca.)
			d_1	d_2	D	B	L	g	
NN3006KR	GTR3006	I	30	31,583	70	19	—	M3 × 0,5	0,5
NN3007KR	GTR3007	I	35	36,667	75	20	—	M3 × 0,5	0,5
NN3008KR	GTR3008	I	40	41,750	80	21	—	M3 × 0,5	0,6
NN3009KR	GTR3009	I	45	46,917	85	23	—	M5 × 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.

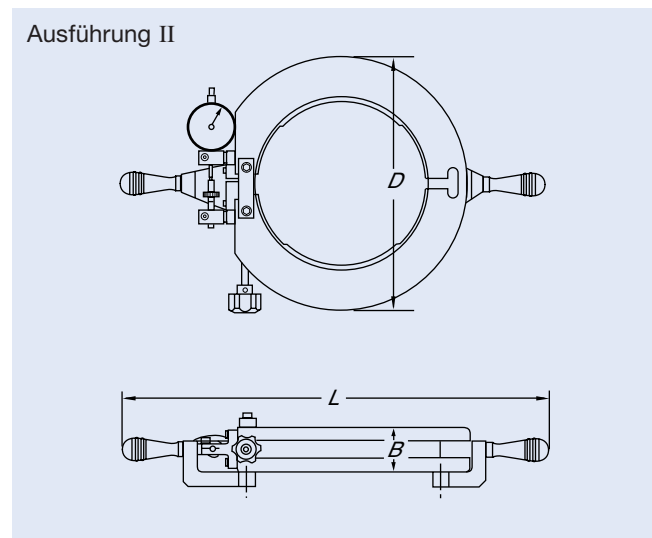
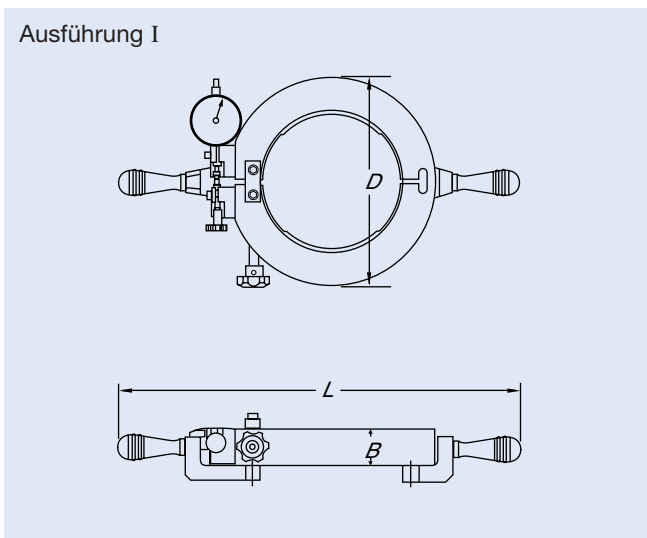
Bei zu großer Radialluft des Lagers hat die Hauptspindel Spiel, dies wirkt sich negativ auf ihre Bearbeitungs- genauigkeit aus. Bei zu geringer Lagerluft ist nur ein geringer Anstieg der Steifigkeit zu erwarten. Die Lagertemperatur steigt jedoch stark an, die Ermüdungslebensdauer wird erheblich verkürzt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



Für Lager	Bezeichnung des Hüllkreismessgeräts	Ausführung	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 Wälzlagern 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

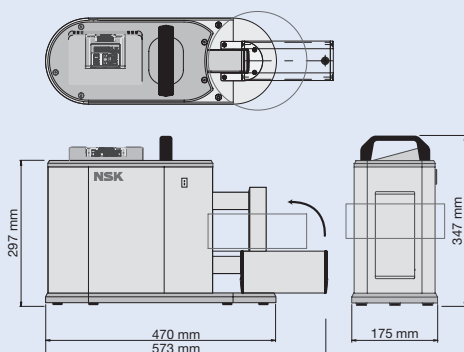
Die elektrischen Eigenschaften hängen vom jeweiligen Lagertyp und I-Kern ab. Das Anwärmgerät erkennt diese Änderungen automatisch und gibt immer optimale Wärme ab.

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

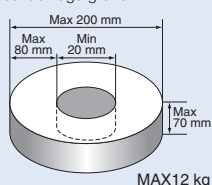


Typ/Kapazität Stromspannung

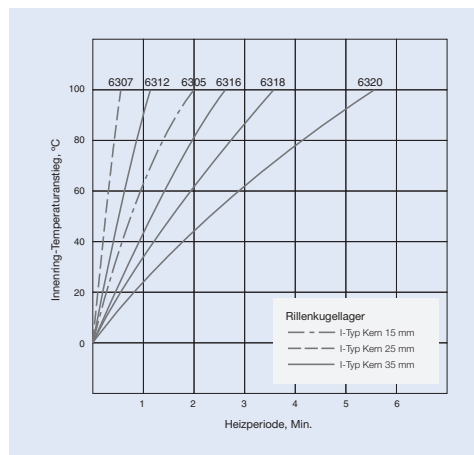
0110 100 V 1ø
1KVA Üblich für 50/60 Hz

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

Passende Lagergrößen



Heizleistungskurve (Beispiel)



Mess- und Schmiergeräte

6. ZUBEHÖR

Fett-Nachschmiersystem FINE-LUB II



Bis vor Kurzem wurden Hochgeschwindigkeitsspindeln per Ölluft- oder Ölnebel-schmierung 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

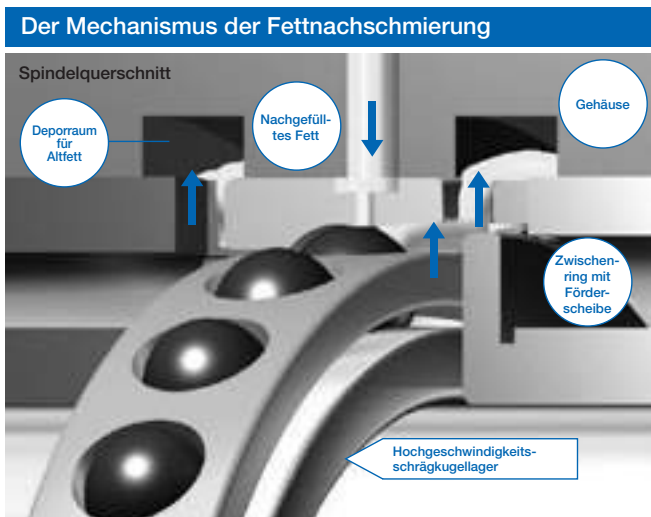
Bei einer konstanten Drehzahl mit einem Drehzahlkennwert von $n \times d_m = 1,8 \text{ Mio}$ (Werkzeug - BT 40 / HSK 63 bei $n = 20.000 \text{ min}^{-1}$) beträgt die Fettgebrauchsdauer nur mehrere hundert Stunden. FINE-LUB II wurde so konzipiert, dass stets die ideale Menge Fett für die jeweilige Drehzahl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

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 Fett-nachschmieren ausgelegte Lagerbauform



● Fettnachschmierverfahren

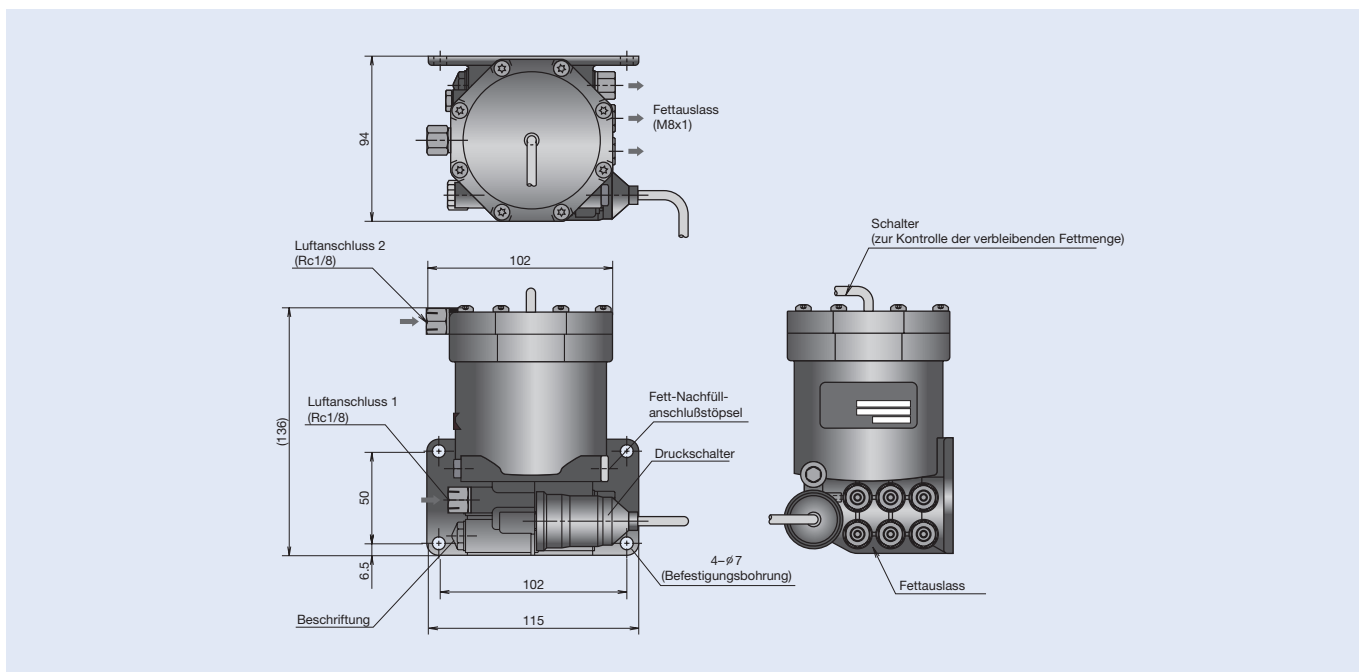
In regelmäßigen Abständen wird durch eine Schmierbohrung in der Nähe der Außenringbahn eine geringe Menge Fett in das drehende Wälzlager gegeben.

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

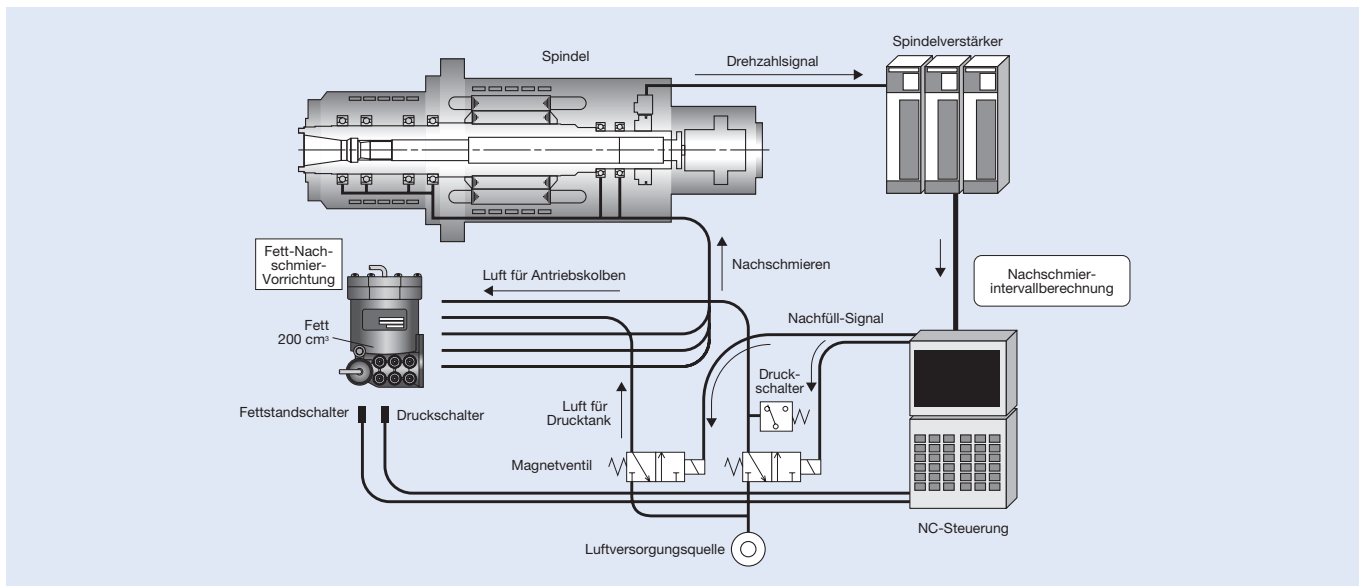
EGU - **6P1**
 Sechs P1-Anschlüsse

Dosiermenge (cm ³ /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 cm ³
Kontrollfunktion	Erkennung der verbleibenden Fettmenge, Druckerkennung (Überprüfung des Druckanstiegs)
Rohrlänge	maximal 2,5 m
Fetttyp	MTE-Fett

Systemschaubild



Mess- und Schmiergeräte

6. ZUBEHÖR

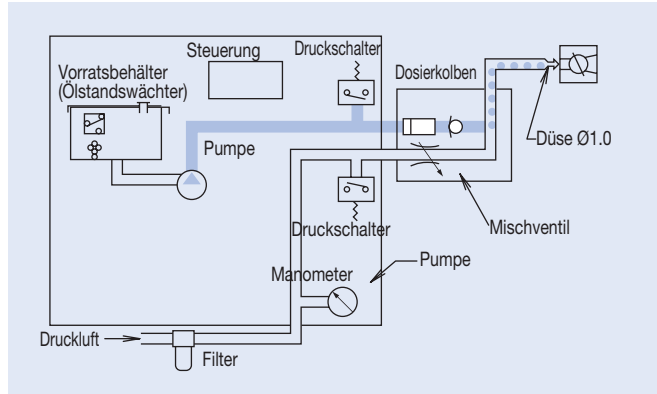
■ FINE-LUBE Öl-Luft-Schmiergeräte

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.

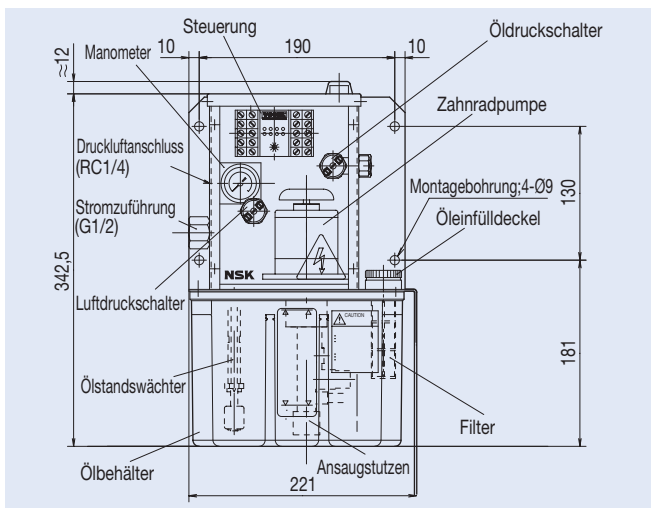
Das FINE-LUBE Öl-Luft-Schmiergerät ist führend im Bereich Öl-Luft-Schmierung. Die Systemlösung besteht aus einer Pumpe, dem Mischventil und einer Steuereinheit. Zusätzliche Sicherheitsvorrichtungen sorgen für Zuverlässigkeit im Betrieb.



[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
- Nutzbare Ölmenge: 1,7 l

Eigenschaften

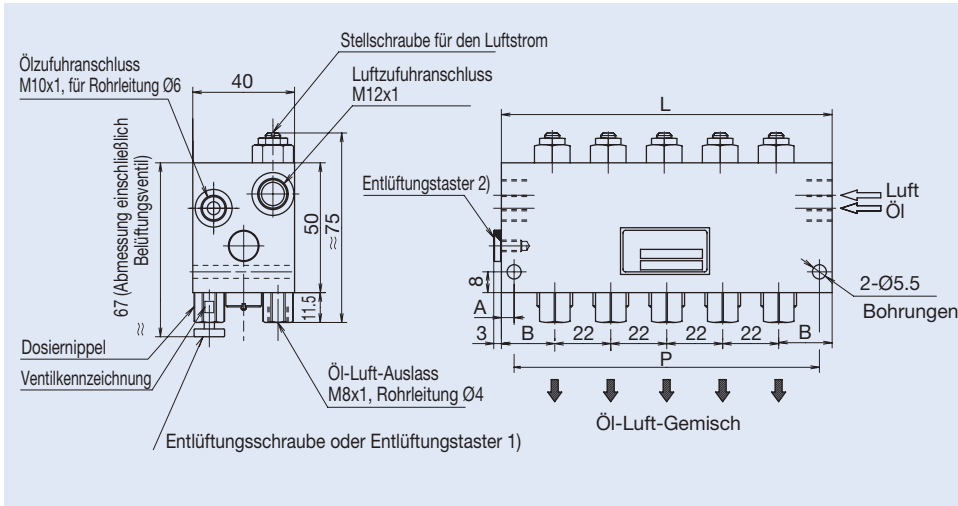
- Die Pumpenbaugruppe OAEG ist mit einer neuentwickelten Zahnradpumpe für niederviskoses Öl ausgerüstet. (Ölviskosität 10 bis 68 cSt)
- Mit einer speziellen Steuereinheit kann das Schmierintervall auf 1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64 oder 128 Minuten eingestellt werden.
- Sicherheitsvorrichtungen:
 - ① 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 cm³; 0,03 cm³ oder 0,06 cm³ 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

¹⁾ Für die Entlüftung bei einer Ölmenge 0,01 cm³/Hub die Entlüftungsschraube verwenden. Bei einer Ölmenge 0,03 oder 0,06 cm³/Hub sollte für die Entlüftung eine Entlüftungstaste anstelle der Entlüftungsschraube montiert werden.

²⁾ Bei einer Ölmenge 0,03 oder 0,06 cm³/Hub sollte die Entlüftungstaste an dieser Stelle in Betrieb montiert werden.

Abgabemenge (cm ³ /Hub)	Ventilkenzeichnung	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.

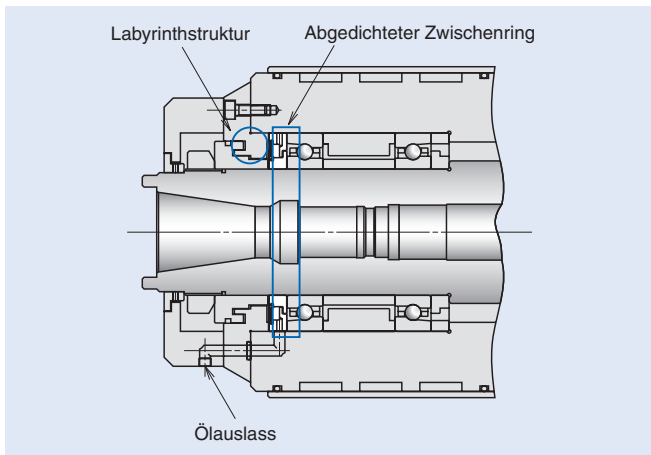
- Umweltfreundlich

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

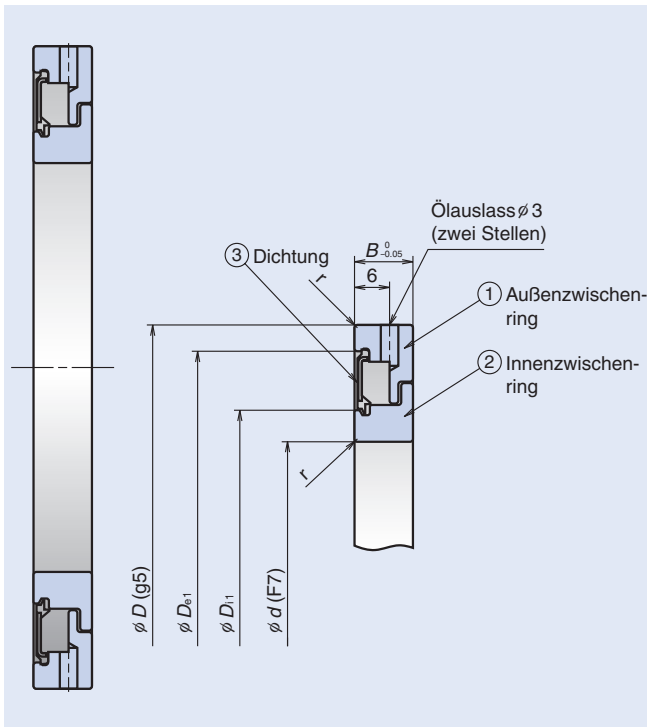


In dem Beispiel in der Abbildung links ist eine dreifache Dichtungsausführung zu sehen. Die Labyrinthdichtung besteht dabei aus dem Gehäusedeckel und dem Innenzwischenring als erster Dichtung, gefolgt von dem abgedichteten Präzisionszwischenring mit einer zusätzlichen integrierten Labyrinthdichtung.

Abmessungen (Reihe 19)

Bestellnummer	Bohrung $\varnothing d$ (mm)	Außendurchmesser $\varnothing D$ (mm)	Breite B (mm)	D_{i1} (mm)	D_{e1} (mm)	Kantenkürzung r (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 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 ϕd (mm)	Außendurchmesser ϕD (mm)	Breite B (mm)	D_{i1} (mm)	D_{e1} (mm)	Kantenkürzung r (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	

Lebensdauer

Statische Tragzahl und statisch äquivalente Lagerbelastung

Lagersätze von Schrägkugellagern

Vorspannung und Steifigkeit

Drehzahlgrenze

Schmierung

Toleranzen

Ausführung von Welle und Gehäuse

Zwischenringe

1. LEBENSDAUER

Ermüdungslebensdauer im Wälzkontakt und Tragzahl

Lagerlebensdauer

An Wälzlagern 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," für Radiallager und als "C_a" für Axiallager in den jeweiligen Maßtabellen aufgeführt.

Nominelle Lebensdauer

Zwischen Lagerbelastung und Lebensdauer besteht folgender Zusammenhang:

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

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

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

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

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 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_{or} 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	$\frac{f_0 F_a^*}{C_{or}}$	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_{or}	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}
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:

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

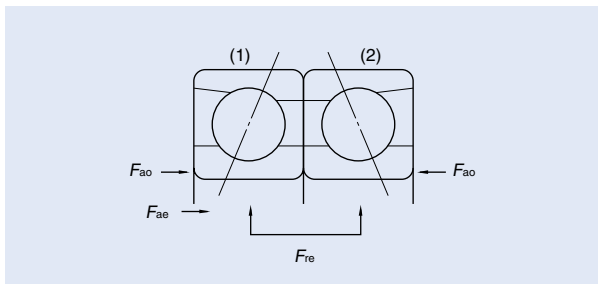
mit $e = 1,1$ (für Kugel- wie Rollenlager)

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_{ao}) und deren Lastverteilung berücksichtigt werden. Die Lastverteilung ergibt sich aus der Einfederung der Wälzkörper in der Laufbahn, die proportional zum Ausdruck (Belastungskraft)^{2/3} 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:

$$F_{a1} = 2/3 F_{ap} + 1/3 F_{ae}$$

$$F_{a2} = F_{ap} - 1/3 F_{ae}$$

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:

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

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

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

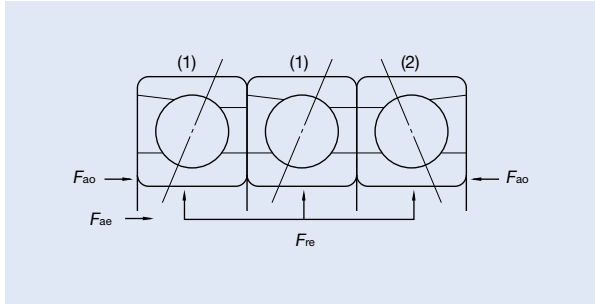
$$L_{10(1)} = \frac{16667}{n} \left(\frac{C}{P_{r1}}\right)^3 \quad (\text{Stunden})$$

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

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 Einzellagers 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:

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

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

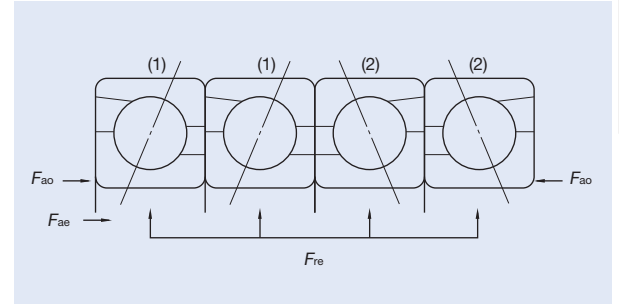
Die Werte X und Y sind aus Tabelle 1.1 (Seite 139) zu entnehmen. Die rechnerische Lebensdauer L_{10} jedes Lagers ist

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

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

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

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 Einzellagers 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.

$$\ln \frac{1}{S} \sim \frac{\tau_0 \cdot N^e \cdot V}{Z_0^h}$$

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

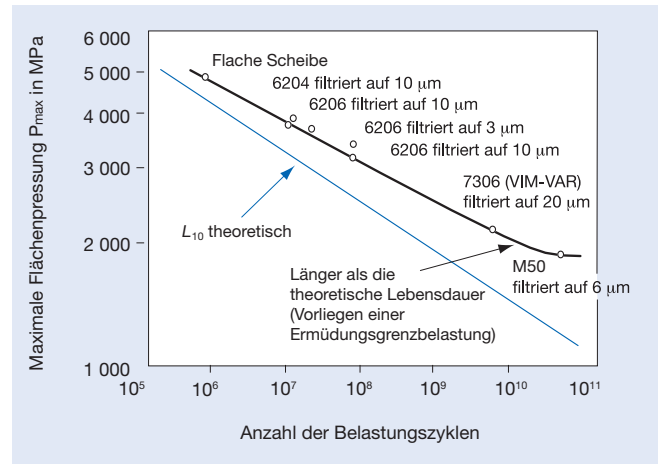
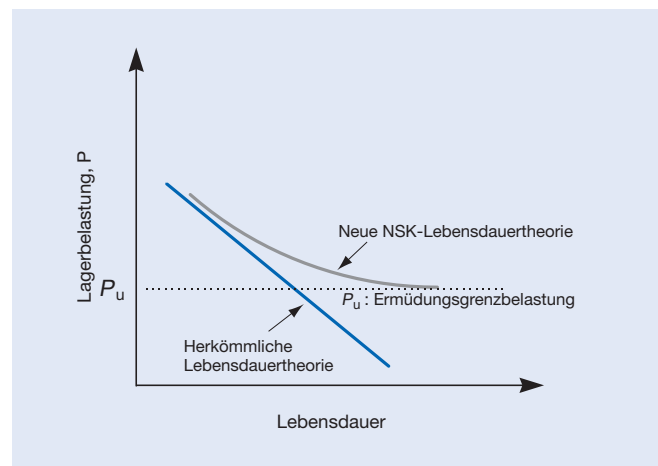


Abb. 1.2: Die neue NSK Lebensdauertheorie unter Berücksichtigung der Dauerfestigkeit



(2) Schäden, die von der Oberfläche her entstehen

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

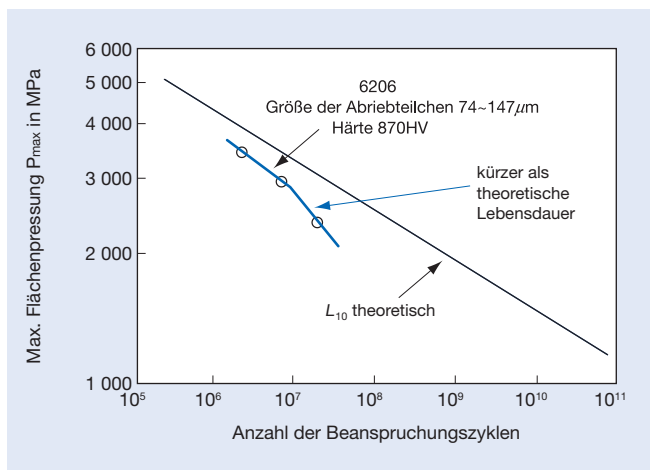
Diese Fremdkörper im Schmierstoff werden im Lager von den Wälzkörpern überrollt und in die Oberfläche von Laufbahn und Wälzkörper eingewalzt. An den Kanten dieser Eindrückungen liegen Spannungskonzentrationen vor, es entstehen feine Risse, die sich zu Ausbrüchen auf den Laufbahnen und Wälzkörpern weiterentwickeln.

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 μm	Gefiltert auf 10 bis 30 μm	Gefiltert auf 30 bis 100 μm	Gefiltert auf mehr als 100 μm 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, 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 Lebensdauerformel 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 Eindrückungen 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.

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

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

1. LEBENSDAUER

Der Beiwert a_{NSK}

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

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

Die neue NSK Lebensdauertheorie berücksichtigt die lebensdauererlöndernde Wirkung verbesserter Werkstoffe und Wärmebehandlung durch eine Abänderung des Beiwerts für die Verschmutzung a_c . Die Lebensdauertheorie verwendet das Viskositätsverhältnis κ ($\kappa = \nu/\nu_1$, mit ν = Betriebsviskosität und ν_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 κ) 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 Lebensdauer Gleichung. 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

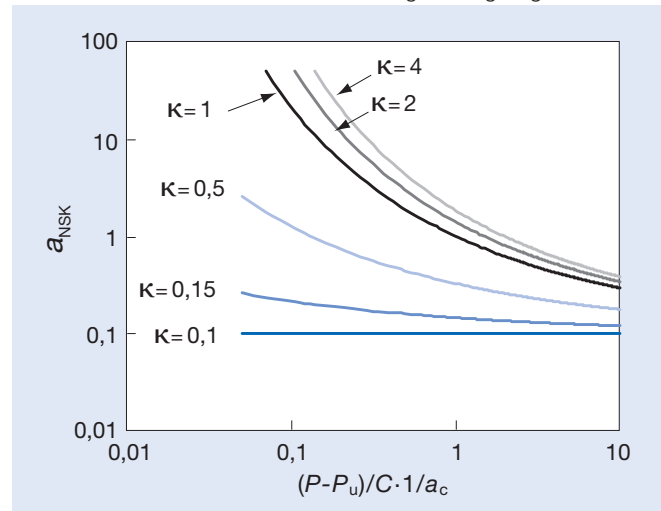
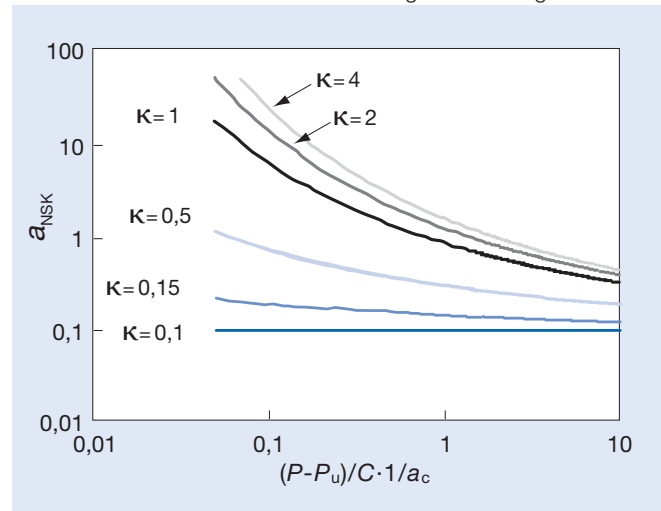


Abb. 1.5: Neue Lebensdauerberechnung für Rollenlager



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.nsk-europe.com](http://www.nsk-europe.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.

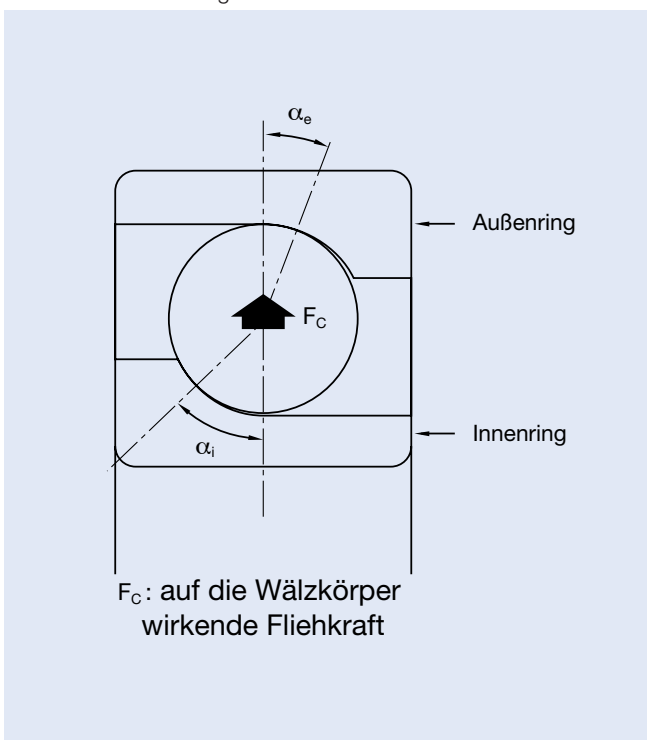
Lebensdauer von Hybridlagern

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.

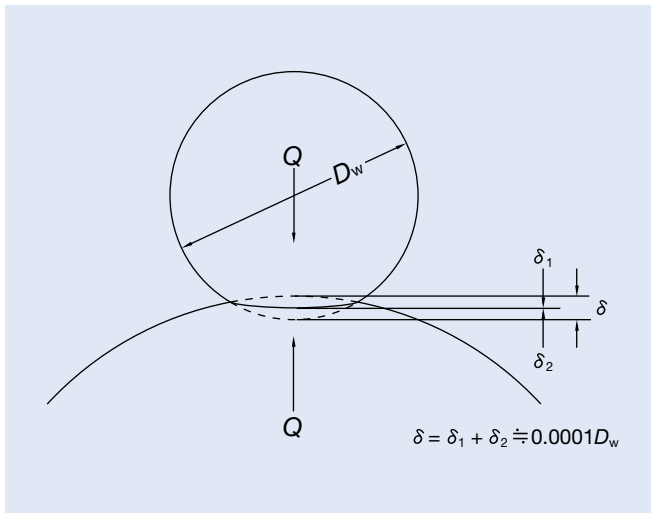
Sie ist umso größer und tiefer, je höher die Belastung ist, und ab einem bestimmten Grenzwert wird das Lager beschädigt, weil Leichtgängigkeit und Laufruhe nicht mehr den Anforderungen genügen.

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

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

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:

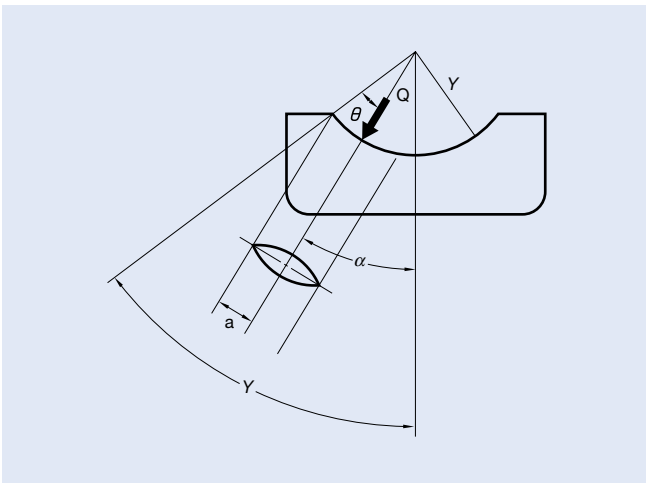
1. Der Grenzbelastung, bei der die Druckellipse zwischen Kugel und Laufbahn unter der vorliegenden Axialbelastung und der damit verbundenen Änderung des Druckwinkels über die Laufbahnschulter hinauslaufen würde.
2. Der statisch äquivalenten Belastung P_0 , die aus der statischen Tragzahl C_0 und dem Axialfaktor Y_0 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 eingengt.

Tabelle 3.1: Eigenschaften der einzelnen Lageranordnungen

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

◎ ausgezeichnet ○ sehr 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

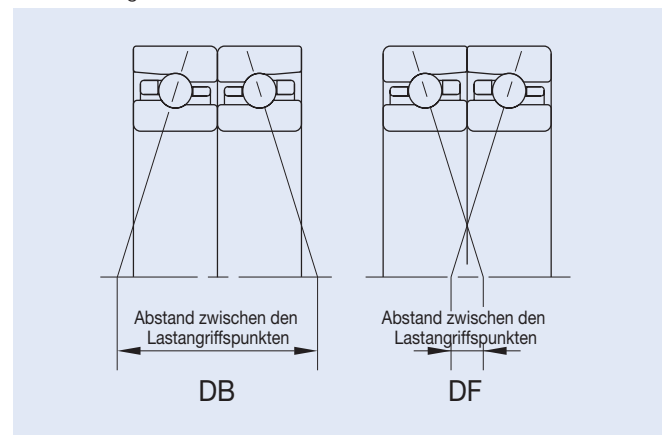


Abb. 3.2: Lastrichtung bei O- und Tandem-Anordnung

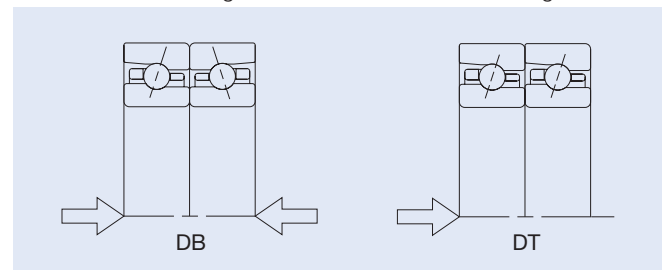
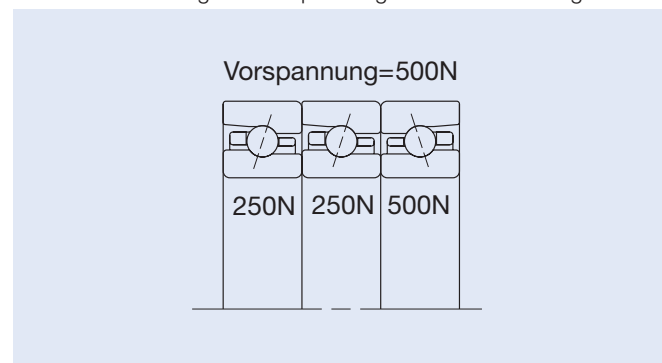


Abb. 3.3: Aufteilung der Vorspannung in DBD-Anordnung



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 Spindelnahe 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

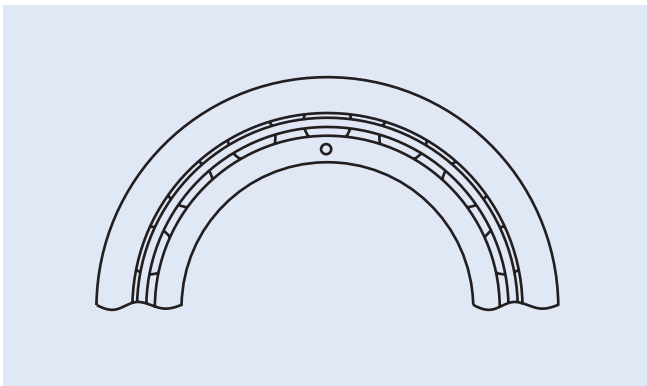


Abb. 3.4: Spindeldurchbiegung

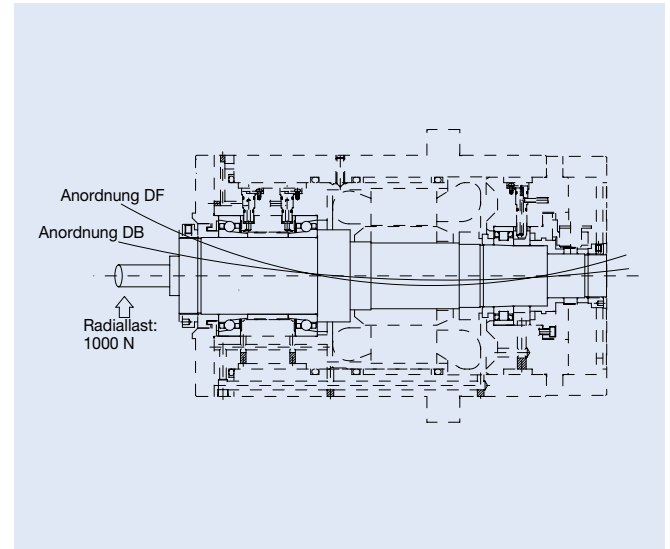
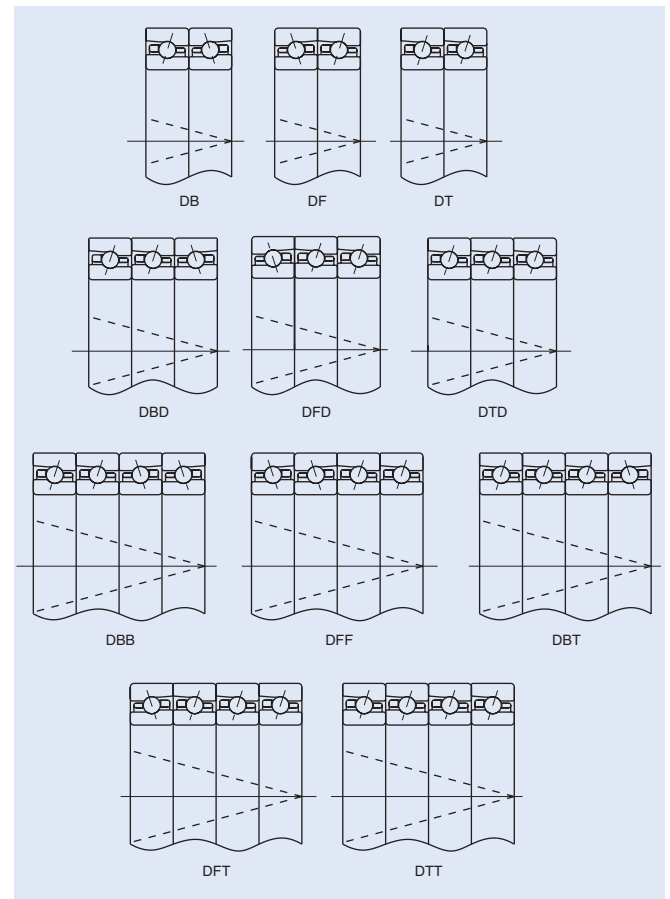


Abb. 3.6: Anordnungen von Schrägkugellagern



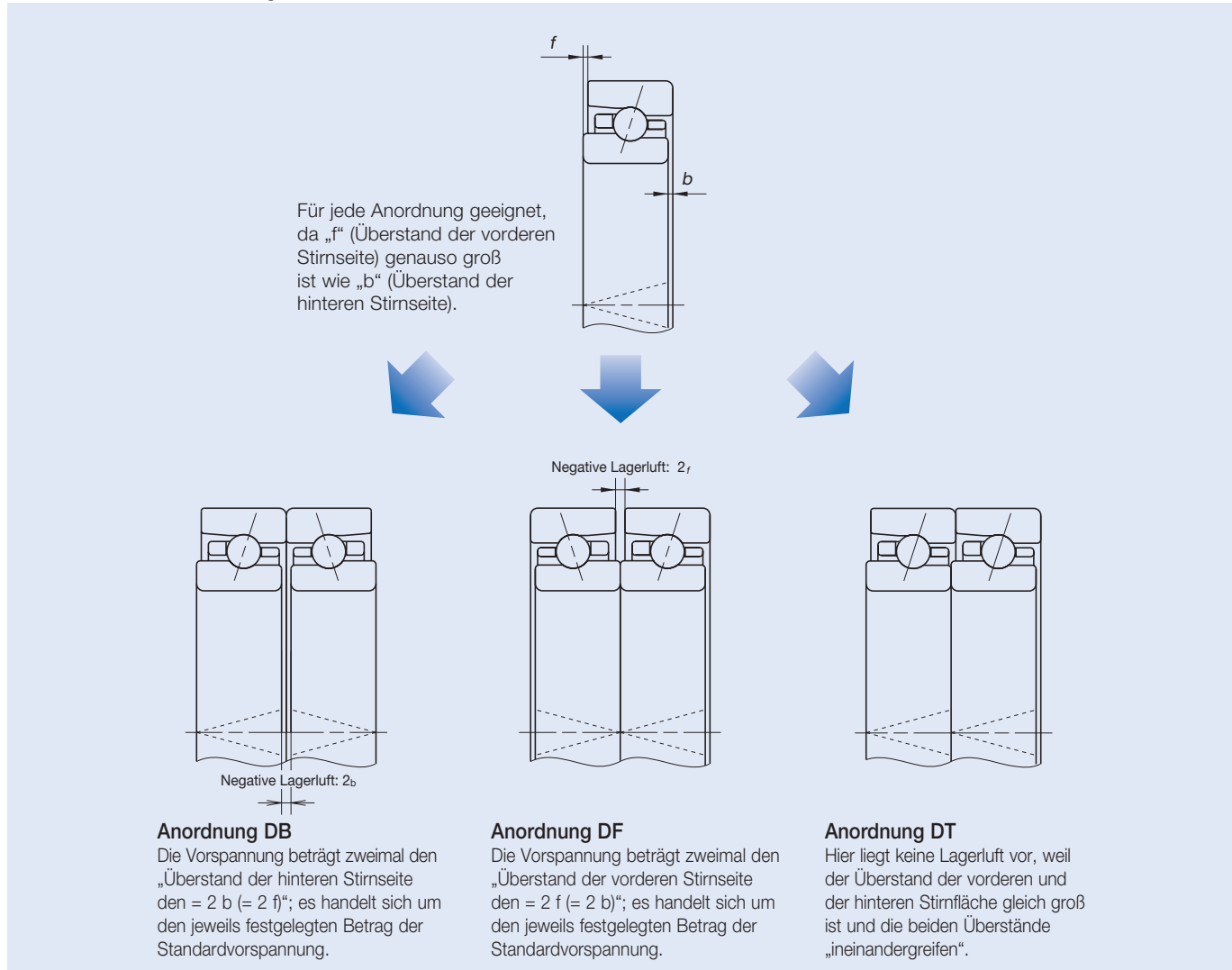
3. LAGERSÄTZE VON SCHRÄGKUGELLAGERN

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.

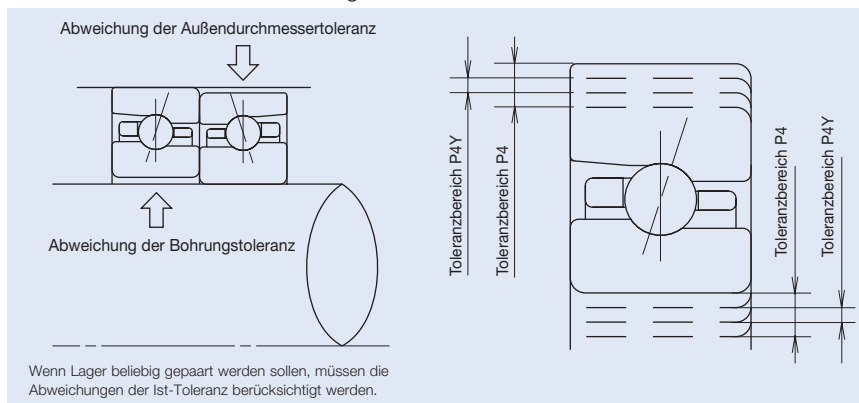
Tabelle 3.2: Eigenschaften der SU- und DU-Lager

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

Hinweis zur Verwendung von Einzeluniversallagern (SU)

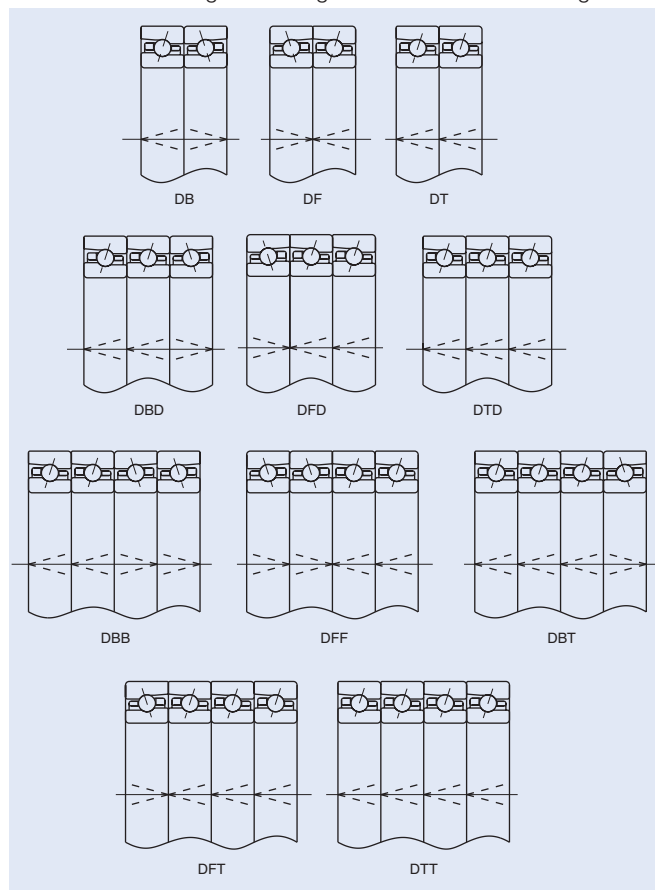
- Wenn diese Lager in einem Lagersatz verbaut werden sollen, ist es empfehlenswert, die Ist-Abweichungen von Bohrungs- und Außendurchmesser der einzelnen Lager zueinander auf 1/3 der Gesamttoleranz einzugrenzen.
- NSK fertigt auch Sonderlager mit Sondergenauigkeit „P4Y“, die nur kleine Abweichungen von 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 Werkzeugmaschinen spindle 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 Werkzeugmaschinen spindle 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 Werkzeugmaschinen spindle 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.

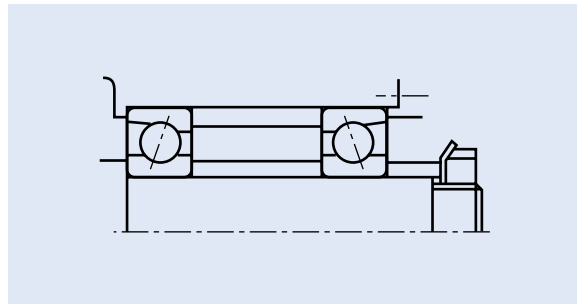
(1) Starre Vorspannung

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.

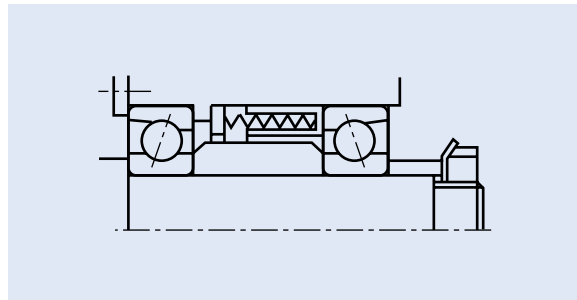
Abb. 4.1: Starre Vorspannung



(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 δ_{ao} zwischen den Innenringen eliminiert, dadurch ergibt sich für Lager A und Lager B eine Einfederung von δ_{aoA} bzw. δ_{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

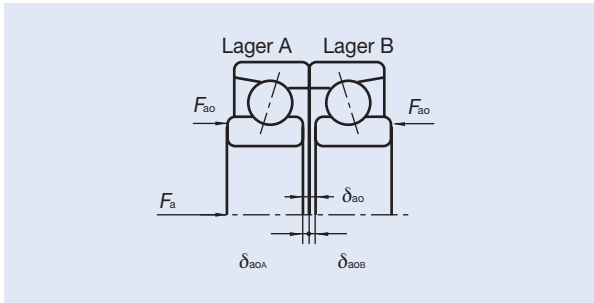
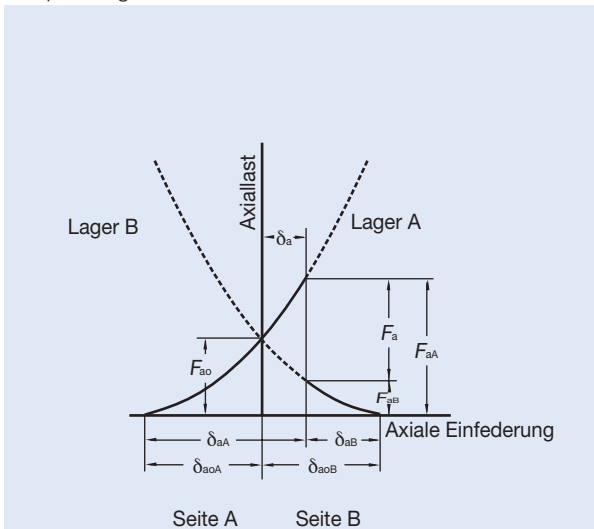


Abb. 4.4: Axiale Einfederung einer DB-Lageranordnung mit Vorspannung



- F_a : äußere Axiallast
- F_{aA} : Axiallast des Lagers A
- F_{aB} : Axiallast des Lagers B
- δ_a : Einfederung des Zweiersatzes
- δ_{aA} : Einfederung des Lagers A
- δ_{aB} : Einfederung des Lagers B

Anordnung DBD

Abb. 4.3: Lageranordnung DBD mit Vorspannung

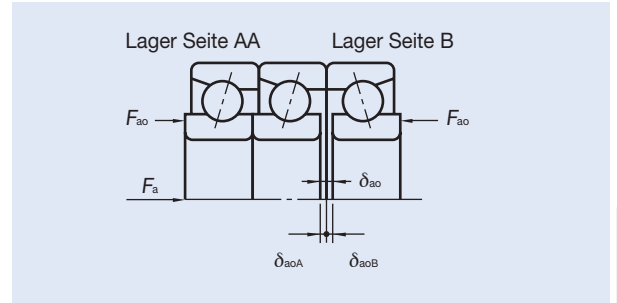
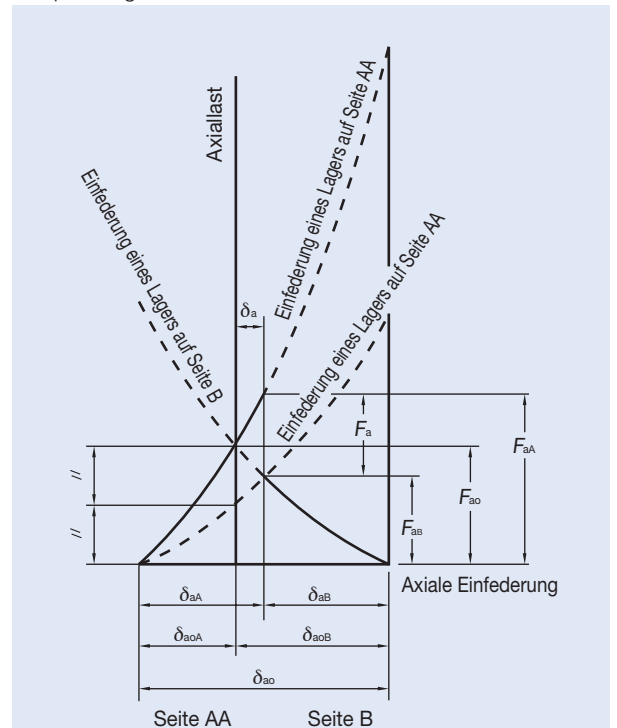


Abb. 4.4: Axiale Einfederung einer DBD-Lageranordnung mit Vorspannung



- F_a : äußere Axiallast
- F_{aA} : Axiallast eines Lagers AA
- F_{aB} : Axiallast des Lagers B
- δ_a : Einfederung des Dreiersatzes
- δ_{aA} : Einfederung eines Lagers AA
- δ_{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_{ao} .

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

Abb. 4.7: Axiale Einfederung bei Federvorspannung

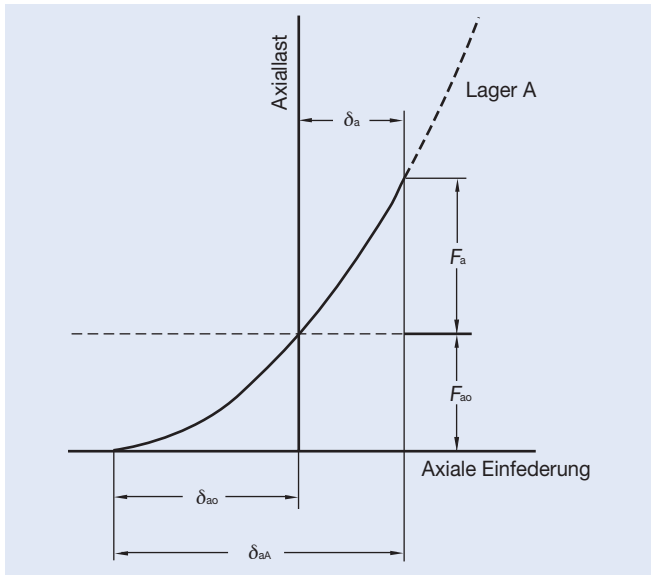
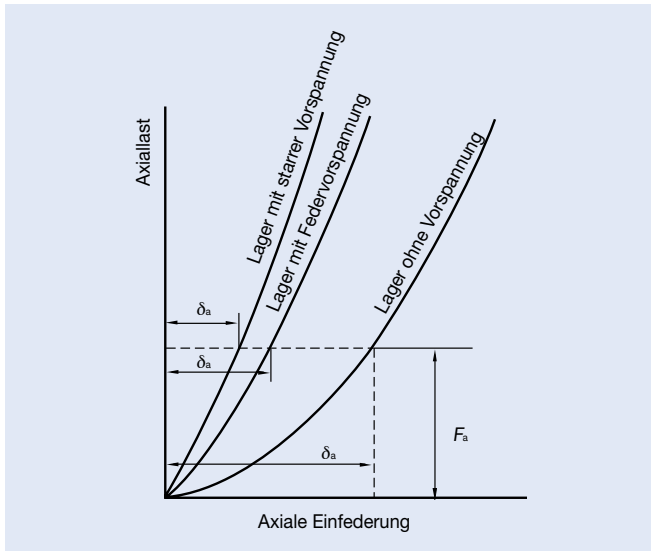


Abb. 4.8: Vergleich von Steifigkeit zu Vorspannung



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.

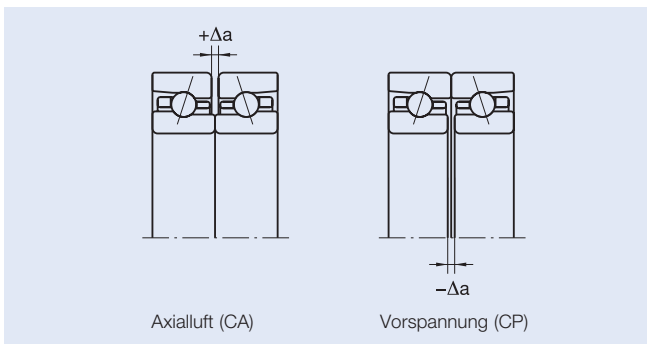
Sonderluft

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

CA: Axialluft (Lagerluft vor Einbau in μm)

CP: Vorspannung (Vorspannung vor Einbau in μm)

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 schmaler geschliffen werden. Zur Reduzierung der Vorspannung muss entsprechend der äußere Zwischenring schmaler 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) über	bis	Messlast (N)
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

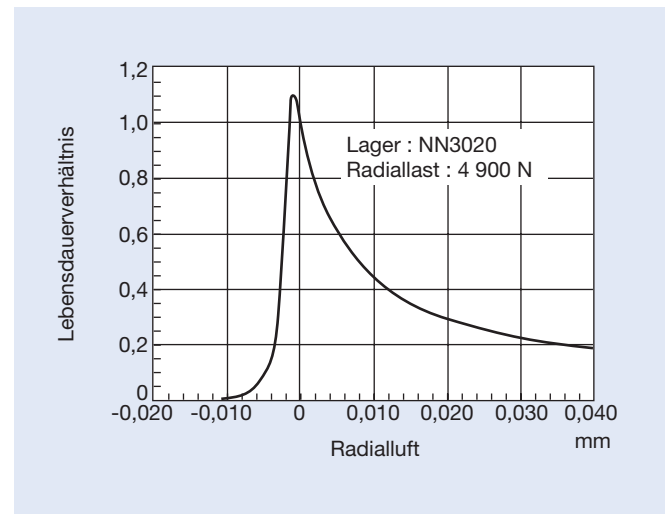
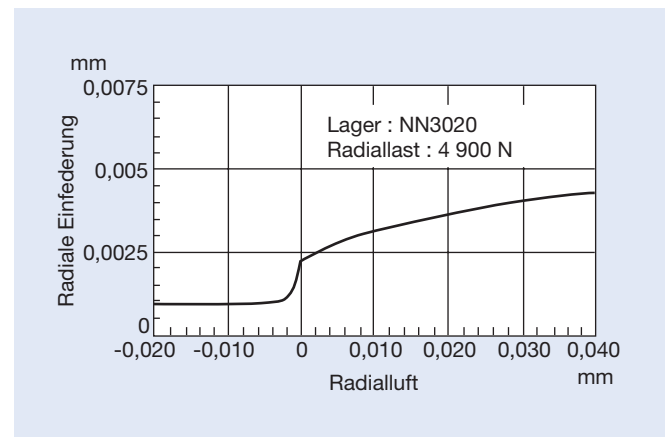


Abb. 4.11: Radialluft in zweireihigen Zylinderrollenlagern und Schwankungen der Steifigkeit



Vorspannung und 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 Einfederungen 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-Schrägkugellager (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 Keramikugeln*

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	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.

Tabelle B	DBD	DBB
Vorspannung	1,36	2
axiale Steifigkeit	1,48	2
radiale Steifigkeit	1,54	2

**Reihe 79, Druckwinkel A5
Druckwinkel 25°, Stahlkugeln und Keramikugeln***

Zur Berechnung der radialen Steifigkeit den aus Tabelle A errechneten Wert mit dem Faktor in Tabelle B multiplizieren.

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 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	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

Vorspannung und Steifigkeit

4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

Vorspannung und Steifigkeit (Anordnung DB und DF)

Hochgenauigkeits-Schrägkugellager (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)	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	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)	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	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.

Tabelle B	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 (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	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 (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	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-Schrägkugellager (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)

Berechnung von Vorspannung und axialer Steifigkeit für Lagersätze

Tabelle B

	DBD	DBB
Vorspannung	1,36	2
axiale Steifigkeit	1,48	2
radiale Steifigkeit	1,54	2

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.

BNR19S, BNR29S Druckwinkel 18°, Stahlkugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L		M				
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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

Vorspannung und Steifigkeit

BER19S, BER29S Druckwinkel 25°, Stahlkugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L		M				
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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.

4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

Vorspannung und Steifigkeit (Anordnung DB und DF)

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)

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			

BNR19H, BNR19X, BNR19XE, BNR29H BNR29X

Druckwinkel 18°, Keramikugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L			M			
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)			
25	25	(0)	29	105	(-8)	51	210	(-16)	67
30	25	(0)	32	110	(-8)	55	220	(-15)	72
35	50	(0)	41	150	(-8)	64	320	(-17)	86
40	50	(0)	42	160	(-8)	66	320	(-16)	87
45	50	(0)	45	170	(-8)	72	340	(-16)	95
50	50	(0)	49	180	(-8)	78	360	(-16)	103
55	50	(0)	51	180	(-8)	82	360	(-16)	106
60	50	(0)	52	190	(-8)	85	380	(-16)	112
65	50	(0)	55	200	(-8)	91	400	(-16)	120
70	50	(0)	56	200	(-8)	92	400	(-16)	120
75	50	(0)	58	200	(-8)	96	525	(-19)	137
80	50	(0)	59	210	(-8)	99	542	(-19)	142
85	50	(0)	61	210	(-8)	100	744	(-24)	162
90	100	(0)	83	310	(-8)	130	804	(-21)	180
95	100	(0)	85	310	(-8)	130	873	(-22)	190
100	100	(0)	81	360	(-10)	130	994	(-26)	188
105	100	(0)	83	370	(-10)	130	1 026	(-26)	194
110	100	(0)	85	450	(-12)	150	1 058	(-26)	201
120	100	(0)	87	460	(-12)	150	1 469	(-33)	233
130	100	(0)	90	809	(-20)	158	1 625	(-35)	245
140	100	(0)	92	833	(-20)	195	1 744	(-36)	259
150	200	(0)	120	1 040	(-20)	214	2 166	(-38)	284

BER19H, BER19X, BER19XE, BER29H, BER29X

Druckwinkel 25°, Keramikugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L			M			
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)			
25	25	(0)	47	172	(-8)	96	342	(-14)	124
30	25	(0)	52	180	(-8)	100	360	(-14)	134
35	50	(0)	68	240	(-8)	120	480	(-15)	153
40	50	(0)	70	250	(-8)	120	500	(-15)	160
45	50	(0)	75	260	(-8)	140	520	(-15)	174
50	50	(0)	80	280	(-8)	150	560	(-15)	190
55	50	(0)	84	300	(-8)	160	600	(-15)	203
60	50	(0)	87	300	(-8)	160	600	(-14)	209
65	50	(0)	92	320	(-8)	180	650	(-15)	232
70	50	(0)	93	330	(-8)	180	689	(-15)	233
75	50	(0)	96	340	(-8)	190	713	(-15)	243
80	50	(0)	98	350	(-8)	190	738	(-15)	252
85	50	(0)	100	360	(-8)	200	1 032	(-19)	290
90	100	(0)	140	480	(-8)	240	1 110	(-17)	321
95	100	(0)	140	490	(-8)	250	1 143	(-17)	332
100	100	(0)	130	580	(-10)	250	1 302	(-20)	328
105	100	(0)	140	600	(-10)	260	1 346	(-20)	341
110	100	(0)	140	620	(-10)	260	1 390	(-20)	354
120	100	(0)	150	780	(-12)	300	2 023	(-26)	414
130	100	(0)	150	1 115	(-16)	340	2 185	(-27)	434
140	100	(0)	150	1 151	(-16)	353	2 261	(-27)	450
150	200	(0)	198	1 484	(-17)	393	2 948	(-30)	504

Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.

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

BNR10S, BNR20S
Druckwinkel 18°, Stahlkugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L		M				
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)			
30	50	(0)	39	110	(-5)	52	220	(-13)	69
35	50	(0)	41	110	(-5)	55	220	(-12)	73
40	50	(0)	44	110	(-5)	60	220	(-11)	77
45	50	(0)	44	110	(-5)	60	220	(-11)	77
50	50	(0)	47	120	(-5)	64	249	(-12)	85
55	50	(0)	48	120	(-5)	67	302	(-14)	95
60	50	(0)	51	130	(-5)	71	345	(-15)	104
65	50	(0)	53	130	(-5)	75	364	(-15)	111
70	50	(0)	53	230	(-10)	93	505	(-20)	125
75	50	(0)	54	240	(-10)	96	520	(-20)	129
80	100	(0)	71	330	(-10)	110	606	(-19)	141
85	100	(0)	73	330	(-10)	110	622	(-19)	145
90	100	(0)	74	340	(-10)	120	823	(-24)	163
95	100	(0)	76	350	(-10)	120	846	(-24)	168
100	100	(0)	78	350	(-10)	120	870	(-24)	174
105	100	(0)	80	420	(-12)	130	1 054	(-27)	195
110	100	(0)	81	540	(-15)	150	1 144	(-29)	200
120	100	(0)	85	560	(-15)	160	1 208	(-29)	213
130	100	(0)	85	732	(-20)	166	1 508	(-36)	220
140	200	(0)	105	775	(-15)	178	1 606	(-31)	236
150	200	(0)	110	916	(-18)	190	1 917	(-35)	253

BER10S, BER20S
Druckwinkel 25°, Stahlkugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L		M				
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)			
30	50	(0)	63	220	(-8)	110	440	(-15)	140
35	50	(0)	67	240	(-8)	120	480	(-15)	153
40	50	(0)	72	250	(-8)	130	500	(-15)	165
45	50	(0)	73	250	(-8)	130	500	(-15)	166
50	50	(0)	77	270	(-8)	140	540	(-15)	180
55	50	(0)	80	350	(-10)	160	700	(-18)	205
60	50	(0)	84	380	(-10)	170	760	(-18)	222
65	50	(0)	88	400	(-10)	180	800	(-18)	235
70	50	(0)	88	400	(-10)	180	800	(-18)	235
75	50	(0)	90	510	(-12)	200	1 020	(-21)	263
80	100	(0)	120	620	(-12)	220	1 240	(-22)	290
85	100	(0)	120	640	(-12)	230	1 280	(-22)	300
90	100	(0)	120	650	(-12)	240	1 300	(-22)	305
95	100	(0)	130	670	(-12)	240	1 340	(-22)	316
100	100	(0)	130	690	(-12)	250	1 380	(-22)	327
105	100	(0)	130	910	(-15)	290	1 820	(-26)	369
110	100	(0)	130	930	(-15)	290	1 860	(-26)	379
120	100	(0)	140	980	(-15)	310	1 960	(-26)	403
130	100	(0)	140	1 002	(-16)	310	2 004	(-27)	389
140	200	(0)	180	1 098	(-13)	325	2 196	(-25)	421
150	200	(0)	180	1 274	(-15)	345	2 562	(-28)	444

Die Werte in den Klammern bezeichnen die gemessene Axialluft eines Lagersatzes unter einer Messlast.

Vorspannung und Steifigkeit

4. VORSPANNUNG UND STEIFIGKEIT

Vorspannung und Steifigkeit (Anordnung DB und DF)

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)

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			

BNR10H, BNR10X, BNR10XE, BNR20H, BNR20X

Druckwinkel 18°, Keramikugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L			M			
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)			
30	50	(0)	43	110	(-5)	59	220	(-13)	81
35	50	(0)	46	120	(-5)	63	240	(-12)	83
40	50	(0)	49	120	(-5)	68	240	(-11)	88
45	50	(0)	49	120	(-5)	69	240	(-11)	88
50	50	(0)	52	130	(-5)	73	279	(-12)	99
55	50	(0)	54	130	(-5)	76	341	(-14)	110
60	50	(0)	57	140	(-5)	82	391	(-15)	121
65	50	(0)	60	140	(-5)	87	413	(-15)	130
70	50	(0)	59	260	(-10)	110	578	(-20)	147
75	50	(0)	61	270	(-10)	110	597	(-20)	151
80	100	(0)	80	360	(-10)	130	684	(-19)	164
85	100	(0)	82	370	(-10)	130	703	(-19)	169
90	100	(0)	83	370	(-10)	130	938	(-24)	191
95	100	(0)	85	380	(-10)	140	965	(-24)	197
100	100	(0)	87	390	(-10)	140	993	(-24)	204
105	100	(0)	89	470	(-12)	160	1 209	(-27)	229
110	100	(0)	91	600	(-15)	170	1 315	(-29)	235
120	100	(0)	95	630	(-15)	180	1 391	(-29)	250
130	100	(0)	95	833	(-20)	195	1 745	(-36)	260
140	200	(0)	125	860	(-15)	206	1 829	(-31)	276
150	200	(0)	125	1 025	(-18)	221	2 194	(-35)	297

BER10H, BER10X, BER10XE, BER20H, BER20X

Druckwinkel 25°, Keramikugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L			M			
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)			
30	50	(0)	71	250	(-8)	130	500	(-15)	163
35	50	(0)	75	260	(-8)	140	520	(-15)	175
40	50	(0)	80	280	(-8)	150	560	(-15)	191
45	50	(0)	81	280	(-8)	150	590	(-15)	197
50	50	(0)	86	300	(-8)	160	630	(-15)	213
55	50	(0)	89	400	(-10)	190	800	(-18)	240
60	50	(0)	94	430	(-10)	200	860	(-18)	260
65	50	(0)	99	450	(-10)	210	950	(-18)	280
70	50	(0)	98	450	(-10)	210	950	(-18)	280
75	50	(0)	100	580	(-12)	240	1 160	(-21)	306
80	100	(0)	130	700	(-12)	260	1 400	(-22)	343
85	100	(0)	130	720	(-12)	270	1 510	(-22)	355
90	100	(0)	140	740	(-12)	280	1 540	(-22)	382
95	100	(0)	140	760	(-12)	290	1 590	(-22)	375
100	100	(0)	150	780	(-12)	300	1 640	(-22)	388
105	100	(0)	150	1 040	(-15)	330	2 080	(-26)	430
110	100	(0)	150	1 060	(-15)	340	2 120	(-26)	440
120	100	(0)	160	1 120	(-15)	370	2 240	(-26)	469
130	100	(0)	160	1 150	(-16)	370	2 302	(-27)	469
140	200	(0)	200	1 240	(-13)	380	2 476	(-25)	489
150	200	(0)	200	1 444	(-15)	403	2 957	(-28)	552

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

Tabelle B

	DBD	DBB
Vorspannung	1,36	2
axiale Steifigkeit	1,48	2
radiale Steifigkeit	1,54	2

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.

BGR19S Druckwinkel 15°, Stahlkugeln

Bohrungsdurchmesser (mm)	EL	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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 (mm)	EL	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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 (mm)	EL	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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 (mm)	EL	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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 (mm)	EL	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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 (mm)	EL	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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)

Schrägkugellager für höchste Drehzahlen (ROBUST-Reihe)

BAR10S

Nenndruckwinkel 30°, Stahlkugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	EL		L	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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- durchmesser (mm)	EL		L	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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- durchmesser (mm)	EL		L	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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- durchmesser (mm)	EL		L	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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-Schrägkugellager (Reihe TAC)

Reihe TAC20

Druckwinkel 60°, Stahlkugeln

Bohrungs- durchmesser (mm)	C6		C7		C8	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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- durchmesser (mm)	C6		C7		C8	
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (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-Schrägkugellager zur Lagerung von Kugelgewindetrieben

Reihe TAC B (für Werkzeugmaschinen)

Druckwinkel 60°, Stahlkugeln

Vorspannung C9

Kurzzeichen	Zweiersatz (DB oder DF)			Dreiersatz (DBD oder DFD)			Vierersatz (DBB oder DFF)		
	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (Nm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (Nm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (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 (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (Nm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (Nm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (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 (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (Nm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (Nm)	Vorspannung (N)	axiale Steifigkeit (N/μm)	Anlaufmoment (Nm)
15TAC02AT85	365	262	0,017	495	385	0,024	575	490	0,027
25TAC02AT85 ⁽¹⁾	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 ⁽²⁾	1 000	830	0,105	1 400	1 240	0,147	1 600	1 575	0,166
120TAC03CMC ⁽²⁾	1 100	930	0,120	1 500	1 378	0,163	1 800	1 775	0,196

⁽¹⁾ Der Wert für Lager 25TAC02AT85 bezieht sich auf Vorspannung H.

⁽²⁾ 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 (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.

(^o) Normale Lagerluft für Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung

Lagerluft für Lager mit zylindrischer Bohrung (Ringe nicht austauschbar)

Maßeinheit: µm

Bohrungsdurchmesser (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

(^o) Normale Lagerluft für Zylinderrollenlager mit zylindrischer Bohrung

Vorspannung und Steifigkeit

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

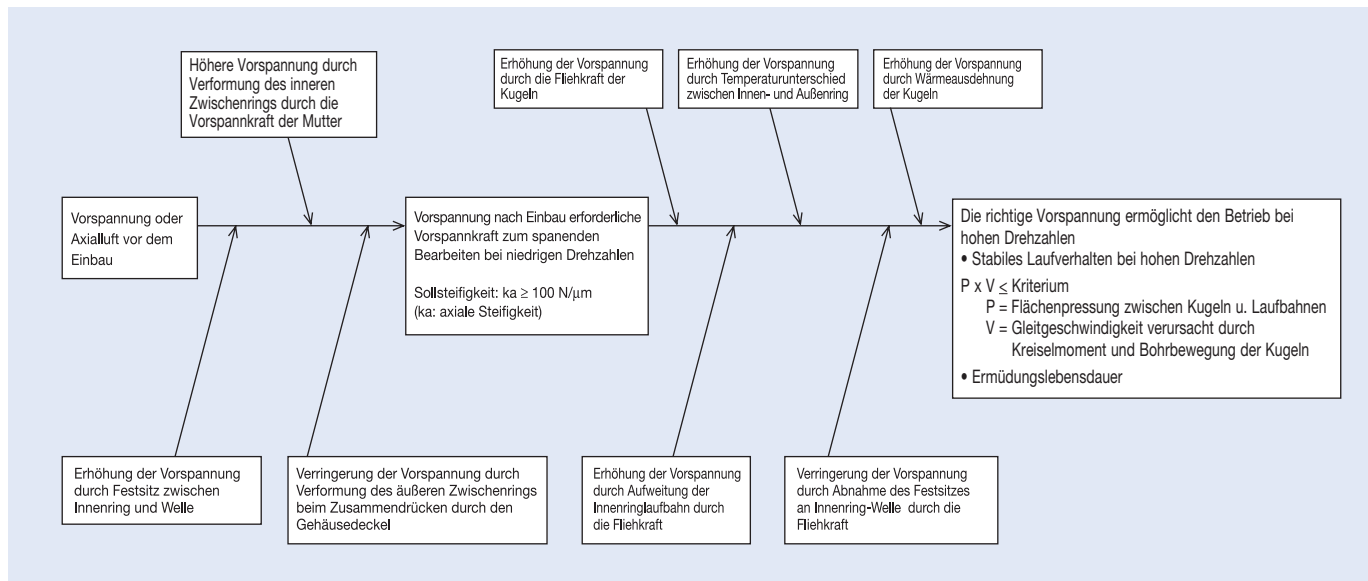
Die Drehzahlgrenze eines Lagersatzes mit starrer Vorspannung errechnet sich durch Multiplikation der Katalog-Drehzahlgrenzen eines Einzellagers mit dem entsprechenden Korrekturfaktor nach Tabelle 5.1. In dieser Tabelle bezeichnet die Spalte "Vorspannung" die Vorspannungswerte nach der Montage des Lagers 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 Spindeltriebs 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

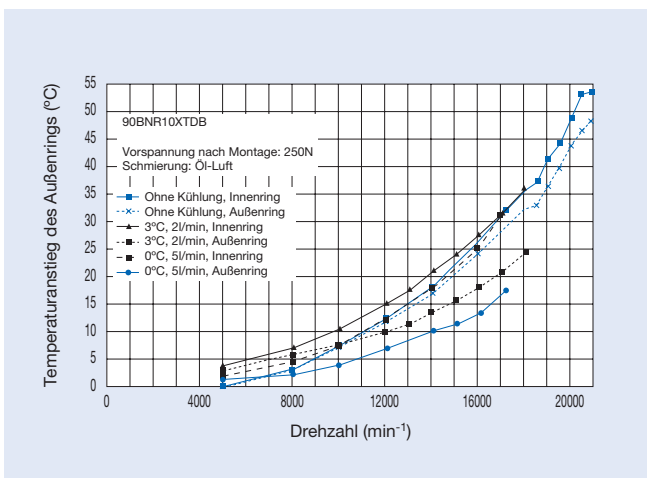
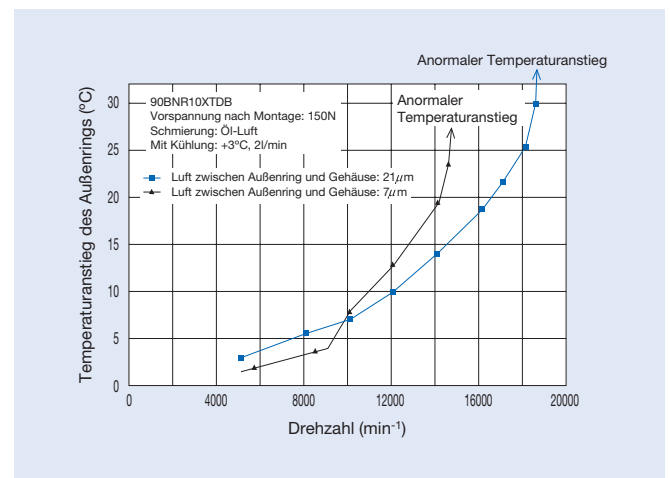


Abb. 5.3: Einfluss der Gehäusepassung auf die Drehzahlgrenze



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.

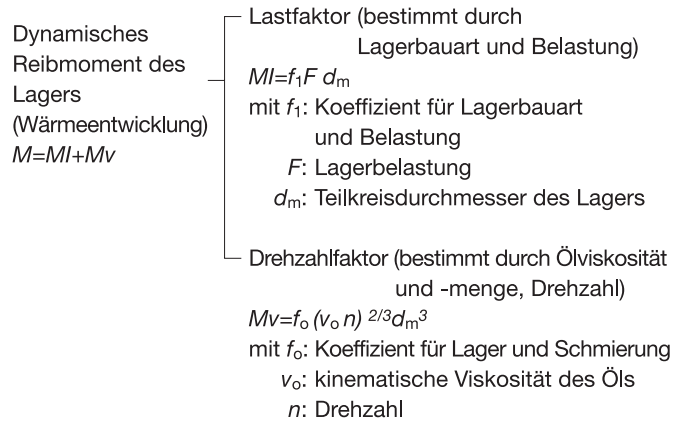


Abb. 6.1: Ölmenge und Temperaturanstieg

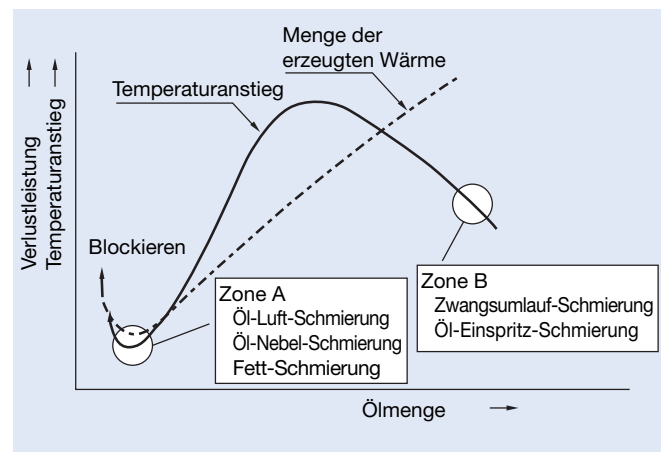


Tabelle 6.1: Vergleich der verschiedenen Schmiermethoden

Schmiermethoden	Vorteile	Nachteile
Fett-Schmierung	<ul style="list-style-type: none"> o Kostengünstig o Eingeschränkte Erwärmung möglich o Wartungsfrei 	<ul style="list-style-type: none"> o Wenn das Fett die Schmierfähigkeit verliert, kann das Lager blockieren. o Möglicherweise Eindringen von Staub oder Kühlschmierstoff
Öl-Nebel-Schmierung	<ul style="list-style-type: none"> o Es wird kontinuierlich Frischöl zugeführt, konstante Ölqualität. o Kein Eintritt von Staub und Kühlschmierstoff ins Lager 	<ul style="list-style-type: none"> o Verschmutzung der Umwelt. o Die zugeführte Ölmenge hängt von der Ölviskosität und Temperatur ab, so kann keine minimale Durchflussmenge garantiert werden. o Schwierige Überwachung des Ölflusses
Öl-Einspritz-Schmierung	<ul style="list-style-type: none"> o Hohe Öldurchflussmenge, daher können weder Staub noch Kühlschmierstoff eindringen; das Lager blockiert so gut wie nie. o Durch die Ölkühlung lässt sich die Lagertemperatur in einem gewissen Grad steuern. 	<ul style="list-style-type: none"> o Hohe Reibungsverluste. o Ölaustritt, daher für vertikalen Einbau in Spindeln nicht geeignet.
Öl-Luft-Schmierung	<ul style="list-style-type: none"> o Steuerung der Ölmenge; dadurch Zuführung der optimalen Ölmenge und geringe Erwärmung o Geringe Wärmeerzeugung im Lager und Kühlwirkung der Luft; daher geringe Lagertemperatur o Es wird kontinuierlich Frischöl zugeführt, konstante Ölqualität, Staub und Kühlschmierstoff können nicht ins Lager eindringen. o Nur geringe Umweltbeeinträchtigung durch Ölnebel. 	<ul style="list-style-type: none"> o Kostenintensiv o Schwierige Überwachung des Ölflusses

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 schnellaufende Werkzeugmaschinen­spindeln, 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 Werkzeugmaschinen­hauptspindeln 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 schnellaufende 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 (min⁻¹)

n : Betriebsdrehzahl (min⁻¹)

T : Betriebstemperatur des Lagers (°C)

(3) Fettmenge für schnellaufende Spindellager

Bei schnellaufenden 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.

Schmierung

Tabelle 6.2: Eigenschaften verschiedener Fettsorten

Handelsname	Hersteller	Verdichter	Grundöl	Viskosität des Grundöls mm ² /s(40°C)	Tropfpunkt (°C)	Betriebs­temperaturbereich (°C)	Wichtigste Anwendung
MTE	NSK	Bariumkomplex	Esteröl	20	200	-30~+120	Lager für schnellaufende Spindeln, schnellaufende Zylinderrollenlager
MTS	NSK	Polyharnstoff	Ester- und PAO	22	220	-40~+130	Lager für schnellaufende 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)

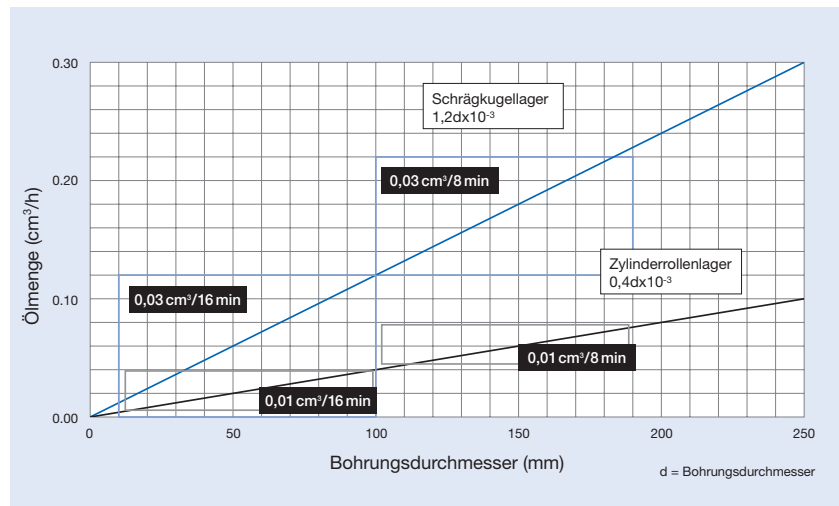
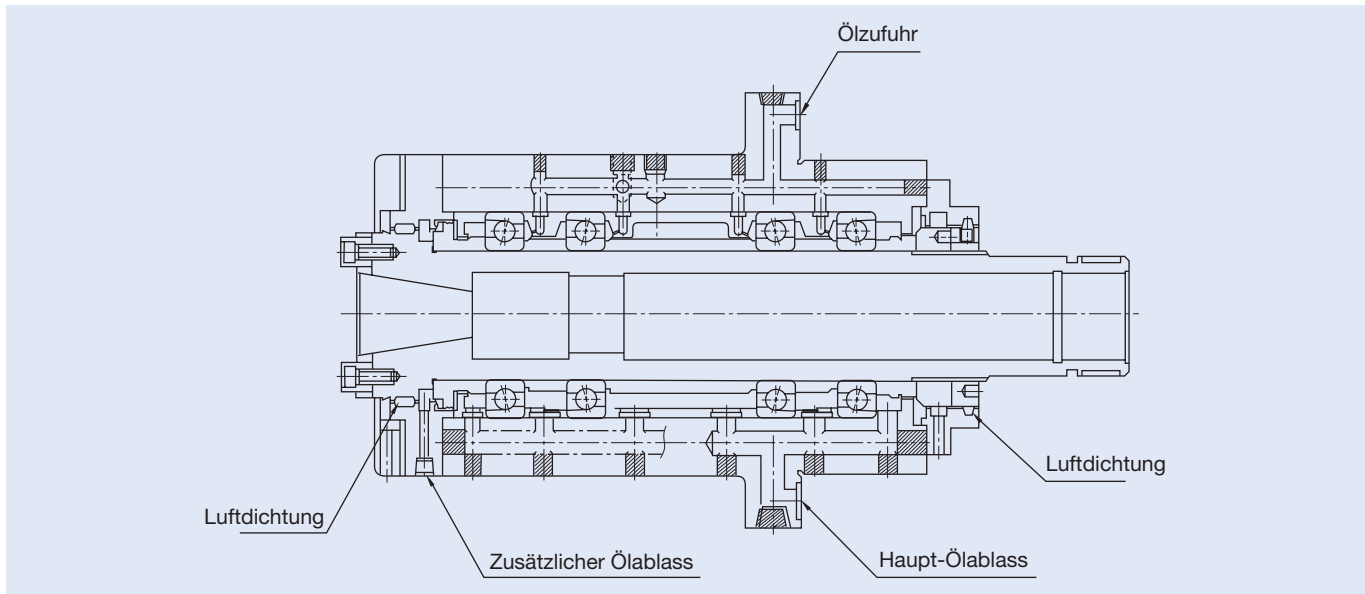


Abb. 6.3: Aufbau einer Spindel mit Öl-Einspritz-Schmierung



Empfohlene Fettmengen für schnellaufende Spindellager

Maßeinheit: cm³/Lager

Bohrungs- kennzahl	Bohrungs- durchmesser (mm)	Schrägkugellager: 15% des gesamten Lagerfreiraums (NSK Code: X)				Zylinderrollenlager: 10% des gesamten Lagerfreiraums (NSK Code: X)			
		BNR19 BGR19 79xx	BGR10 70xx	BGR02 72xx	BNR10 BAR10 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-Schrägkugellagern für Kugelgewindtriebe 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 ₁
Planlauf der Außenringseitenfläche zur Laufbahn am zusammengebauten Lager (Axialschlag) S_{ea}	steht	dreht	B ₂
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: μm

Bohrungsdurchmesser d (mm)	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene $\Delta_{dmp}^{(2)}$		Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene $V_{dr}^{(1)}$		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 Innenrings ΔB_s			Breitenschwankung des Innenrings V_{Bs}	
			Durchmesserreihe						Einzellager, Sätze, Universalausführung	Einzellager	Einzellager, Sätze, Universalausführung ⁽¹⁾		
			9	0, 2, 3									oberes
über 2,5 bis 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: μm

Bohrungsdurchmesser d (mm)	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene $\Delta_{dmp}^{(2)}$		Abweichung eines Bohrungsdurchmessers in einer Ebene $\Delta_{dS}^{(2)}$		Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene $V_{dr}^{(1)}$		Schwankung des mittleren Bohrungsdurchmessers $V_{dmp}^{(2)}$	Radialschlag des Innenrings K_{ia}	Planlauf d. Innenrings zur Bohrung S_d	Planlauf d. Innenringstirnfläche zur Laufbahn $S_{ia}^{(4)}$	Abweichung der Breite eines Innenrings ΔB_s			Breitenschwankung des Innenrings V_{Bs}	
					Durchmesserreihe						Einzellager, Sätze, Universalausführung	Einzellager	Einzellager, Sätze, Universalausführung ⁽¹⁾		
					9	0, 2, 3									oberes
über 2,5 bis 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	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

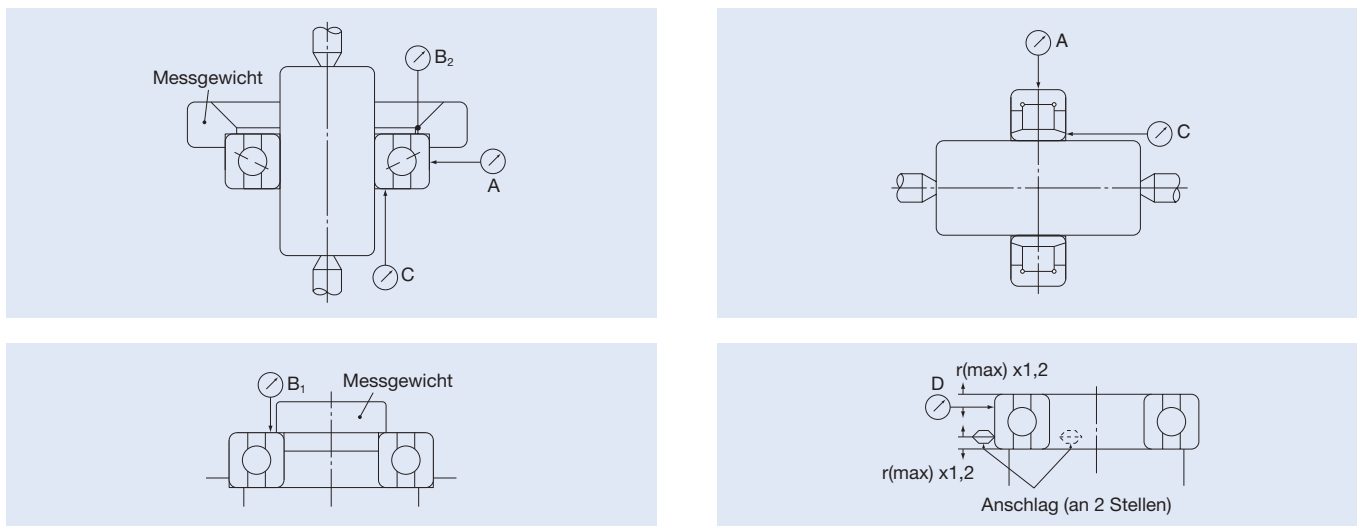


Tabelle 7.4: Innenring **Klasse 3** ⁽²⁾

Maßeinheit: µm

Bohrungsdurchmesser <i>d</i> (mm)	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene $\Delta_{dmp}^{(2)}$		Abweichung eines einzelnen Bohrungsdurchmessers $\Delta_{dS}^{(2)}$		Schwankung des Bohrungsdurch- messers in einer Radialebene $V_{dp}^{(2)}$	Schwankung des mittleren Bohrungsdurch- messers $V_{dmp}^{(2)}$	Radialschlag des Innenrings K_{ia}	Planlauf des Innenrings zur Bohrung S_d	Planlauf der Innenringstim- fläche zur Laufbahn $S_{ia}^{(4)}$	Abweichung der Breite eines einzelnen Innenrings ΔB_s			Breitenschwankung des Innenrings V_{B_s}	
	oberes	unteres	oberes	unteres						Einzellager, Sätze, Universalausführung	Einzellager	Einzellager, Sätze, Universalausführung ⁽¹⁾		
über 2,5 bis 10	0	-4	0	-4	max 2,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	oberes 0	unteres -40	-250	max 1,5
10,0 bis 18	0	-4	0	-4	max 2,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	oberes 0	unteres -80	-250	max 1,5
18,0 bis 30	0	-5	0	-5	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -120	-250	max 1,5
30,0 bis 50	0	-6	0	-6	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -120	-250	max 1,5
50,0 bis 80	0	-7	0	-7	max 4,0	max 2,0	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -150	-250	max 1,5
80,0 bis 120	0	-8	0	-8	max 5,0	max 2,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -200	-380	max 2,5
120,0 bis 150	0	-10	0	-10	max 7,0	max 3,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -250	-380	max 2,5
150,0 bis 180	0	-10	0	-10	max 7,0	max 3,5	max 5,0	max 4,0	max 5,0	max 5,0	oberes 0	unteres -250	-380	max 4,0
180,0 bis 250	0	-12	0	-12	max 8,0	max 4,0	max 5,0	max 5,0	max 5,0	max 5,0	oberes 0	unteres -300	-500	max 5,0

Tabelle 7.5: Innenring **Klasse 2** ⁽²⁾

Maßeinheit: µm

Bohrungsdurchmesser <i>d</i> (mm)	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene $\Delta_{dmp}^{(2)}$		Abweichung eines einzelnen Bohrungsdurchmessers $\Delta_{dS}^{(2)}$		Schwankung des Bohrungsdurch- messers in einer Radialebene $V_{dp}^{(2)}$	Schwankung des mittleren Bohrungsdurch- messers $V_{dmp}^{(2)}$	Radialschlag des Innenrings K_{ia}	Planlauf des Innenrings zur Bohrung S_d	Planlauf der Innenringstim- fläche zur Laufbahn $S_{ia}^{(4)}$	Abweichung der Breite eines einzelnen Innenrings ΔB_s			Breitenschwankung des Innenrings V_{B_s}	
	oberes	unteres	oberes	unteres						Einzellager, Sätze, Universalausführung	Einzellager	Einzellager, Sätze, Universalausführung ⁽¹⁾		
über 2,5 bis 10	0	-2,5	0	-2,5	max 2,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	oberes 0	unteres -40	-250	max 1,5
10,0 bis 18	0	-2,5	0	-2,5	max 2,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	max 1,5	oberes 0	unteres -80	-250	max 1,5
18,0 bis 30	0	-2,5	0	-2,5	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -120	-250	max 1,5
30,0 bis 50	0	-2,5	0	-2,5	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -120	-250	max 1,5
50,0 bis 80	0	-4,0	0	-4,0	max 4,0	max 2,0	max 2,5	max 1,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -150	-250	max 1,5
80,0 bis 120	0	-5,0	0	-5,0	max 5,0	max 2,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -200	-380	max 2,5
120,0 bis 150	0	-7,0	0	-7,0	max 7,0	max 3,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	max 2,5	oberes 0	unteres -250	-380	max 2,5
150,0 bis 180	0	-7,0	0	-7,0	max 7,0	max 3,5	max 5,0	max 4,0	max 5,0	max 5,0	oberes 0	unteres -250	-380	max 4,0
180,0 bis 250	0	-8,0	0	-8,0	max 8,0	max 4,0	max 5,0	max 5,0	max 5,0	max 5,0	oberes 0	unteres -300	-500	max 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: µm

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.

Toleranzen

7. TOLERANZEN

Toleranzen von Radiallagern

Außenring

Tabelle 7.7: Außenring **Klasse 5**

Maßeinheit: μm

Außendurchmesser D (mm)		Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene Δ_{Dmp}		Schwankung des 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 Δ_{Cs}	Breitenschwankung des Außenrings V_{Cs}					
				Durchmesserreihe							max	max	max	max	max	max
				9	0, 2											
über	bis	oberes	unteres	max		max	max	max	max	max	max					
6	18	0	-5	5	4	3	5	8	8	Identisch mit (Δ_{Bs}) für den Innenring desselben Lagers derselben 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: μm

Außendurchmesser D (mm)		Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene Δ_{Dmp}		Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers Δ_{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 Δ_{Cs}	Breitenschwankung des Außenrings V_{Cs}					
						Durchmesserreihe							max	max	max	max	max	max
						9	0, 2											
über	bis	oberes	unteres	oberes	unteres	max		max	max	max	max	max	max					
6	18	0	-4	0	-4	4	3	2,0	3	4	5	Identisch mit (Δ_{Bs}) für den Innenring desselben Lagers	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					

(¹) Gilt für Kugellager.

(²) 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_{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** ⁽²⁾

Maßeinheit: µm

Außendurchmesser D (mm)		Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene Δ_{Dmp}		Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers Δ_{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 Δ_{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 (Δ_{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: µm

Außendurchmesser D (mm)		Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene Δ_{Dmp}		Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers Δ_{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 Δ_{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 (Δ_{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: µm

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 eingeeignet sind. Im Übrigen entsprechen die Toleranzwerte P4. Sie wird für Lager in Universalausführung verwendet.

7. TOLERANZEN

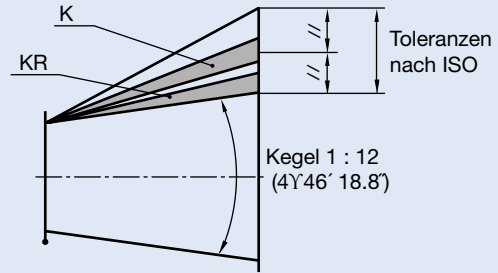
Toleranzen von kegeligen Bohrungen in Zylinderrollenlagern

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

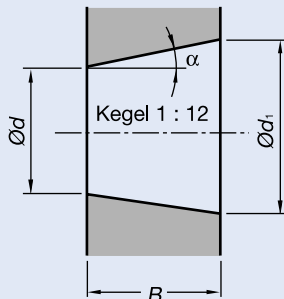


K: Die NSK-eigene Toleranz für kegelige Bohrungen hat einen eingeeengten Toleranzbereich, der etwa in der Mitte des Toleranzbereichs der ISO-Norm liegt. Die Toleranzen der Bohrung entsprechen ISO.

KR: Die neue Toleranz für kegelige Bohrungen hat einen weiter eingeeengten 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

Nenn Durchmesser der kegeligen Bohrung



d : Nenn Durchmesser der Bohrung

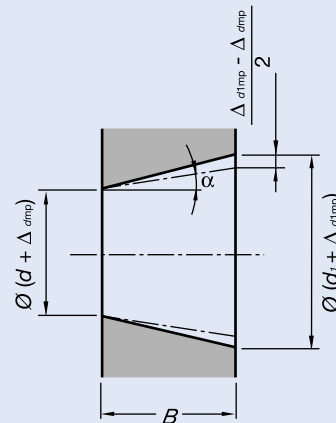
d_1 : theoretischer großer Bohrungsdurchmesser der kegeligen Bohrung

$$d_1 = d + \frac{1}{2} B$$

$\Delta_{\sigma_{imp}}$: Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene am theoretischen kleinen Bohrungsdurchmesser

$\Delta_{\sigma_{imp}}$: Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene am theoretischen großen Bohrungsdurchmesser

kegelige Bohrung mit einer Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene der Nenn Durchmesser



B : Nennbreite des Innenrings

α : 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: μm

d (mm)		Δ_{dmp}		(Bezugswert) ⁽²⁾ $\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$		V_{dp} ⁽¹⁾
über	bis	max.	min.	max.	min.	max
18	30	+13	0	+3	0	4
30	50	+16	0	+3	0	5
50	80	+19	0	+4	0	6
80	120	+22	0	+5	0	7
120	180	+25	0	+7	0	9
180	250	+29	0	+9	0	12

(¹) Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene, die für alle Radialebenen der kegeligen Bohrungen gilt

(²) Winkeltoleranz des Kegels, $4^{\circ}46'18,8'' \begin{smallmatrix} + \\ 0 \end{smallmatrix}^{+25^{\circ}}$

Tabelle 7.13: kegelige Bohrung K

Maßeinheit: μm

d (mm)		Δ_{dmp}		$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$		V_{dp} ⁽¹⁾
über	bis	max.	min.	max.	min.	max
18	30	+21	0	+21	0	4
30	50	+25	0	+25	0	5
50	80	+30	0	+30	0	6
80	120	+35	0	+35	0	7
120	180	+40	0	+40	0	9
180	250	+46	0	+46	0	12
250	315	+52	0	+52	0	14
315	400	+57	0	+57	0	16
400	500	+63	0	+63	0	18

(¹) Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene, die für alle Radialebenen der kegeligen Bohrungen gilt

7. TOLERANZEN

Toleranzen für Axial-Schrägkugellager

Toleranzen für Hochgeschwindigkeits-Axial-Schrägkugellager für die Bauformen BAR und BTR (Klasse 4A⁽¹⁾)

Tabelle 7.14: Innenring

Maßeinheit: µm

Bohrungsdurchmesser <i>d</i> (mm)	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene Δ_{dmp}		Abweichung eines Bohrungsdurchmessers Δ_{ds}		Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer Radialebene V_{dp}		Schwankung des mittleren Bohrungs- durchmessers V_{dmp}	Radialschlag des Innenrings K_{ia}	Planlauf d. Innenrings zur Bohrung S_d	Planlauf d. Innenring- stirnfläche zur Laufbahn S_{ia}	Breiten- schwankung des Innenrings V_{Bs}	Abweichung der Breite eines Innenrings Δ_{Bs} (Δ_{Cs})	
					Durchmesserreihe								
					9	0							
über bis	oberes unteres	oberes unteres	max	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 <i>d</i> (mm)	Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene Δ_{dmp}		Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers Δ_{Ds}		Schwankung eines Außendurchmessers in einer Radialebene V_{Dp}		Schwankung des mittleren Außen- durchmessers V_{Dmp}	Radialschlag des Außenrings K_{ea}	Schwankung der Neigung der Mantellinie zur Bezugsseitenfläche S_D	Planlauf des Außenrings zur Laufbahn S_{ea}	Breitenschwankung des Außenrings V_{Cs}
					Durchmesserreihe						
					9	0					
über bis	oberes unteres	oberes unteres	max	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 Schrägkugellagern der Bauform (Klasse 7⁽²⁾)

Tabelle 7.16: Toleranzen von Innenring, Außenring und Lagerhöhe

Maßeinheit: µm

Bohrungsdurchmesser <i>d</i> (mm)	Abweichung eines Bohrungsdurchmessers Δ_{ds}		Abweichung der tatsächlichen Lagerhöhe Δ_{Ts}		Radialschlag des Lagerinnenrings (-Außenrings) eingebaut K_{ia} (K_{ea})	Planlauf des Innenrings zur Bohrung S_d	Planlauf der Innenring- (Außenring-)Stirnfläche zur Laufbahn S_{ia} (S_{ea})
- 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 <i>D</i> (mm)	Abweichung eines Außendurchmessers Δ_{Ds}			
	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 Kugelgewindetrieiben

Anwendung: Werkzeugmaschinen

Tabelle 7.18: Reihe TAC B

Maßeinheit: µm

Bohrungs- oder Außendurchmesser (mm)		Abweichung des Bohrungsdurchmessers				Abweichung des Außendurchmessers				Abweichung der Innenringbreite		Planlauf von Innen- oder Außenring zur Laufbahn
		Toleranzklasse				Toleranzklasse				Toleranzklasse		Toleranzklasse
		PN7A		PN7B		PN7A		PN7B		PN7A PN7B		PN7A PN7B
über	bis	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	max
10	18	0	-4	0	-4	-	-	-	-	0	-120	2,5
18	30	0	-5	0	-4	-	-	-	-	0	-120	2,5
30	50	0	-6	0	-4	0	-6	0	-4	0	-120	2,5
50	80	0	-7	0	-5	0	-7	0	-5	0	-150	2,5
80	120	0	-8	0	-6	0	-8	0	-6	0	-200	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: µm

Bohrungs- oder Außendurchmesser (mm)		Abweichung des Bohrungsdurchmessers				Abweichung des Außendurchmessers				Abweichung der Innenringbreite		Planlauf v. Innen- oder Außenring zur Laufbahn
		Toleranzklasse								Toleranzklasse		
		PN5D										
über	bis	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	oberes	unteres	max
10	18	0	-5	-	-	0	-80	0	-80	0	-80	5
18	30	0	-6	-	-	0	-120	0	-120	0	-120	5
30	50	0	-8	0	-7	0	-120	0	-120	0	-120	8
50	80	0	-9	0	-9	0	-150	0	-150	0	-150	8
80	120	0	-10	0	-10	0	-200	0	-200	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 (°)

Lager	Außendurchmesser der Welle (mm)		Toleranz des Wellenaußendurchmessers (°) (mm)		anzustrebendes Übermaß (°) (°) (mm)	
	über	bis	min.	max.	min.	max.
Spindellagerungen für Werkzeugmaschinen (°)	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-Schrägkugellager 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 (°)

Lager	Durchmesser der Gehäusebohrung (mm)		Toleranz des Gehäusebohrungsdurchmessers (°) (mm)		anzustrebende Luft (°) (°) (mm)	
	über	bis	min.	max.	min.	max.
Schrägkugellager (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
Schrägkugellager (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-Schrägkugellager 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	—	—

(°) Die angegebenen Passungswerte sind allgemeine Empfehlungen für Werkzeugmaschinenspindeln 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.

(°) 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.

(°) Gilt für Schrägkugellager: 70XX, 79XX, 72XX, BNR und BER

Axial-Schrägkugellager: BAR, BTR und TAC

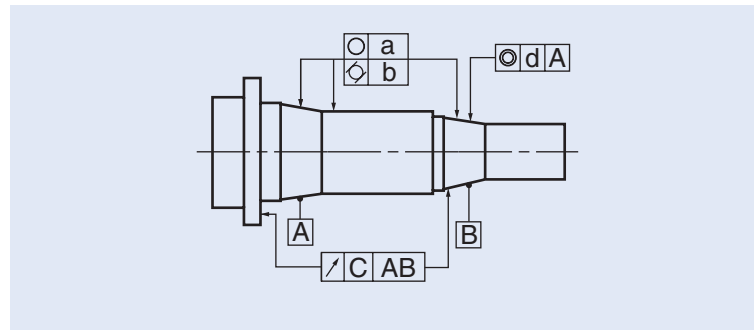
Zylinderrollenlager: N10XX, NN30XX, NN39XX, NN49XX und NNU49XX.

(°) T = Presssitz oder Festsitz

L = Loser Sitz

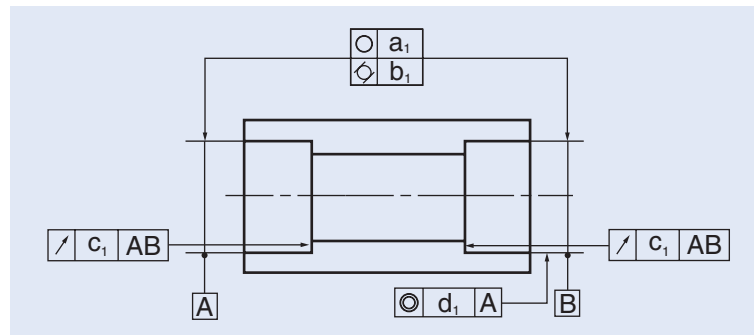
Wenn bei einem zweireihigen Zylinderrollenlager mit kegeliger Bohrung die Kegeligkeit nicht mit der der Welle übereinstimmt, ergibt sich nach dem Einbau für die beiden Lagerreihen eine unterschiedliche Luft. Die Lastverteilung im Lager wird damit ungleichmäßig, die Steifigkeit des Lagers leidet und die 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 (mm)		Toleranzbereiche und Mittenrauwert (μm)									
		Rundheit (○)		Zylinderform (⊙)		Planlauf (↗)		Konzentrität (◎)		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 Gehäusebohrung (mm)		Toleranzbereiche und mittlere Rauheit (μm)									
		Rundheit (○)		Zylinderform (⊙)		Planlauf (↗)		Konzentrität (◎)		Rauheit	
		a ₁		b ₁		c ₁		d ₁		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

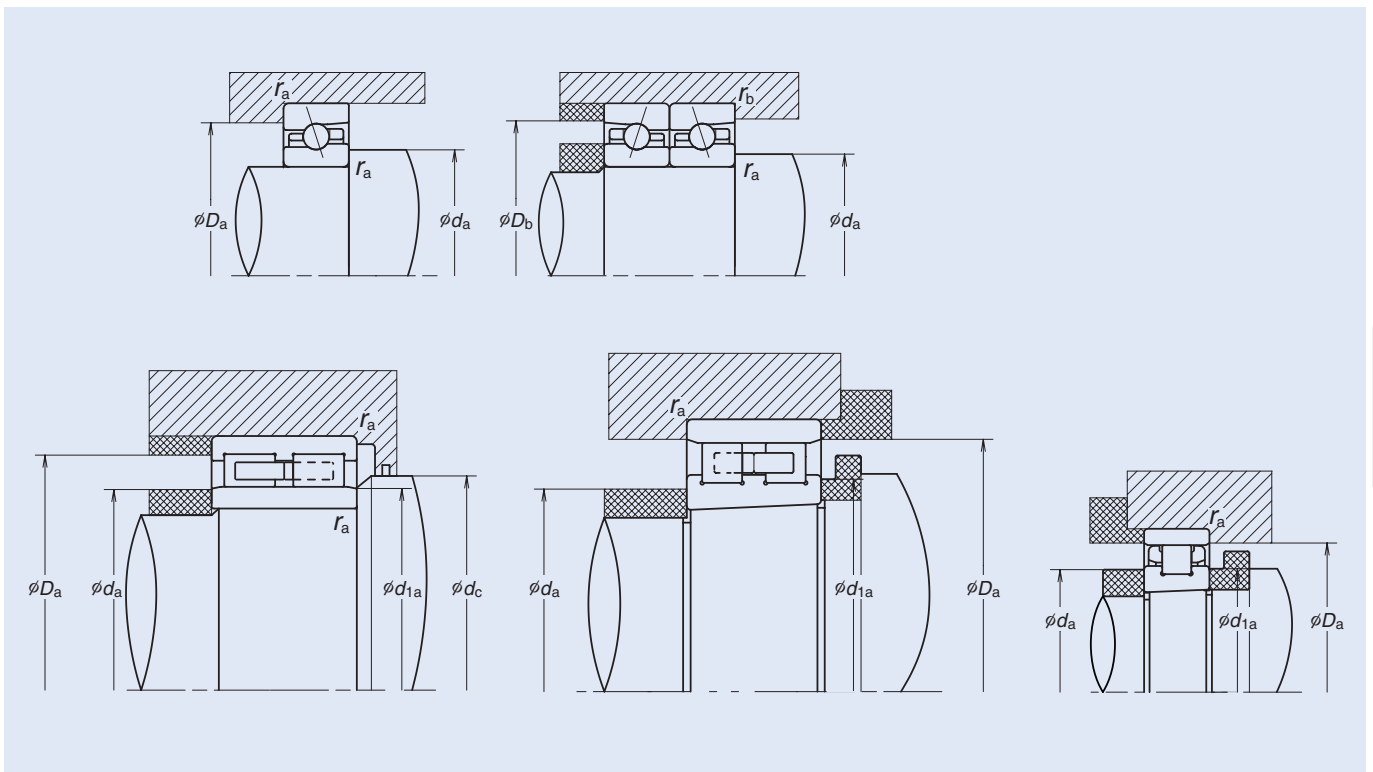
Bohrungs- durchmesser	Maßreihe 19 79XX, BNR19, BER19, BAR19, BTR19, BGR19, TAC29					Maßreihe 10 70XX, BNR10, BER10, BAR10, BTR10, BGR10, TAC20					Maßreihe 02 72XX, BGR02				
	d_a (min)	D_a (max)	D_b (max)	r_a (max)	r_b (max)	d_a (min)	D_a (max)	D_b (max)	r_a (max)	r_b (max)	d_a (min)	D_a (max)	D_b (max)	r_a (max)	r_b (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: μm

Bohrungs- durchmesser	Maßreihe 19 NN39, NN49, NNU49						Maßreihe 10 (zweireihig) NN30XX					Maßreihe 10 (einreihig) N10XX				
	d_a (min)	d_{1a} (min)	d_c (min)	D_a (max)	D_a (min)	r_a (max)	d_a (min)	d_{1a} (min)	D_a (max)	D_a (min)	r_a (max)	d_a (min)	d_{1a} (min)	D_a (max)	D_a (min)	r_a (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

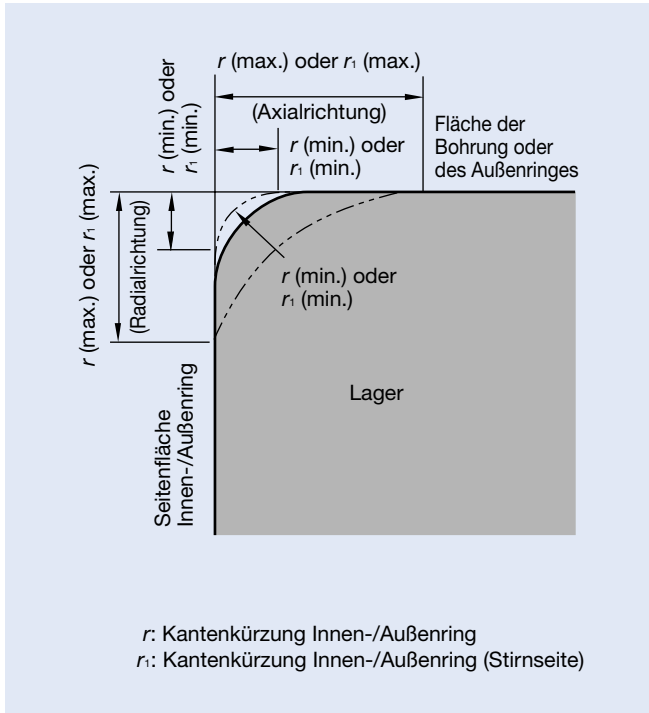


Ausführung von Welle
und Gehäuse

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: μm

zulässige Kantenkürzung Innen-/Außenring r (min.) oder r_1 (min.)	Durchmesser der Bohrung d		zulässige Kantenkürzung Innen-/Außenring r (max.) oder r_1 (max.)		Bezugswert Kantenradius Welle oder Gehäuse r_a
			Radialrichtung	Axialrichtung (!)	
	über	bis			max.
0,05	—	—	0,10	0,2	0,05
0,08	—	—	0,16	0,3	0,08
0,10	—	—	0,20	0,4	0,10
0,15	—	—	0,30	0,6	0,15
0,20	—	—	0,50	0,8	0,20
0,30	—	40	0,60	1,0	0,30
0,30	40	—	0,80	1,0	0,30
0,60	—	40	1,00	2,0	0,60
0,60	40	—	1,30	2,0	0,60
1,00	—	50	1,50	3,0	1,00
1,00	50	—	1,90	3,0	1,00
1,10	—	120	2,00	3,5	1,00
1,10	120	—	2,50	4,0	1,00
1,50	—	120	2,30	4,0	1,50
1,50	120	—	3,00	5,0	1,50

Maßeinheit: μm

zulässige Kantenkürzung Innen-/Außenring r (min.) oder r_1 (min.)	Durchmesser der Bohrung d		zulässige Kantenkürzung Innen-/Außenring r (max.) oder r_1 (max.)		Bezugswert Kantenradius Welle oder Gehäuse r_a
			Radialrichtung	Axialrichtung (!)	
	über	bis			max.
2,0	—	80	3,0	4,5	2,0
2,0	80	220	3,5	5,0	2,0
2,0	220	—	3,8	6,0	2,0
2,1	—	280	4,0	6,5	2,0
2,1	280	—	4,5	7,0	2,0
2,5	—	100	3,8	6,0	2,0
2,5	100	280	4,5	6,0	2,0
2,5	280	—	5,0	7,0	2,0
3,0	—	280	5,0	8,0	2,5
3,0	280	—	5,5	8,0	2,5
4,0	—	—	6,5	9,0	3,0
5,0	—	—	8,0	10,0	4,0
6,0	—	—	10,0	13,0	5,0
7,5	—	—	12,5	17,0	6,0
9,5	—	—	15,0	19,0	8,0
12,0	—	—	18,0	24,0	10,0
15,0	—	—	21,0	30,0	12,0
19,0	—	—	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 des Zwischenrings
			Außendurchmesser ⁽¹⁾	Bohrung	Außendurchmesser	Bohrung ⁽²⁾	
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

⁽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.

Reihe 02

Zwischenringe in der Standardausführung für die Maßreihe 02 (72, BGR02)

Maßeinheit: μm

Bohrungskennziffer	Bohrungsdurchmesser	Außendurchmesser	äußerer Zwischenring		innerer Zwischenring		Kantenkürzung des Zwischenrings
			Außendurchmesser (1)	Bohrung	Außendurchmesser	Bohrung (2)	
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

(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

Position der Schmierdüse

Die folgende Tabelle gibt die genaue Lage der Schmierdüse für Öl-Luft-, Öl-Nebel- und Öl-Einspritz-Schmierung an.

Maßeinheit: μm

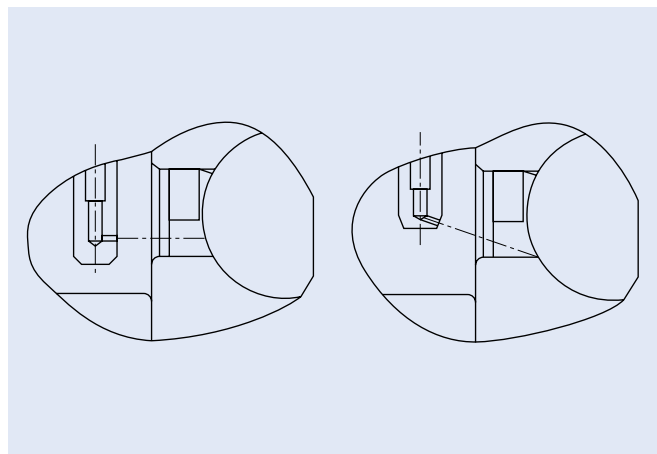
Bohrungs-kennziffer	Bohrungs-durchmesser	Reihe 79		Reihe 70		Reihe 72		N10XXMR (Standardreihe)		N10XXR (ROBUST)	
		$\varnothing A$ (1)	B	$\varnothing A$ (1)	B	$\varnothing A$ (1)	B	$\varnothing A$	B	$\varnothing A$	B
00	10	14,5	0,4	16,1	0,5	18,1	0,5	—	—	—	—
01	12	16,5	0,4	18,3	0,5	19,6	0,5	—	—	—	—
02	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 μm oder besser).

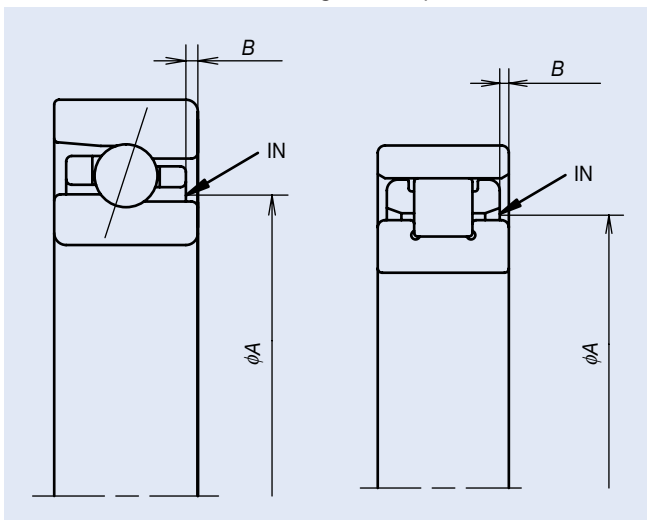
Abb. 9.1: Winkel des Schmierstoffstrahls



Maßeinheit: μm

Bohrungs- durchmesser	BNR19 BER19		BNR10 BER10		BGR19		BGR10		BGR02		BAR10 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



Zwischenringe

HANDHABUNG VON LAGERN



Handhabung von Lagern

1. Lagermontage	196 – 209
1. Reinigung der Lager und der Anschlusssteile	
2. Überprüfung der Maßgenauigkeit der Anschlusssteile	
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 Lagertyp 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 Fremdeilchen, auch wenn es mit dem bloßem 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 Anschlusssteile 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 $3 \mu\text{m}$ 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.

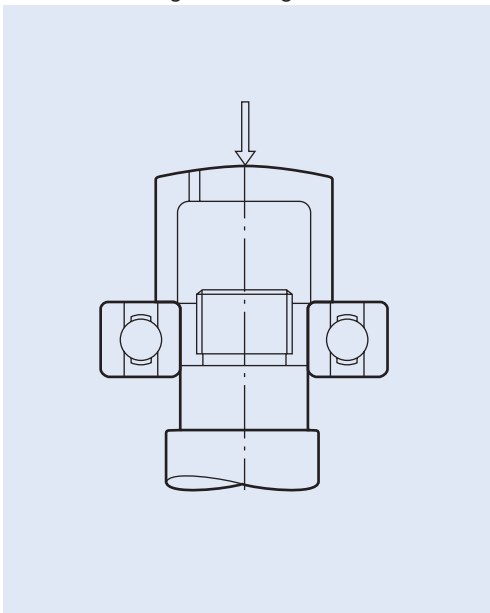
1. LAGERMONTAGE

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 Kräfteinleitung 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

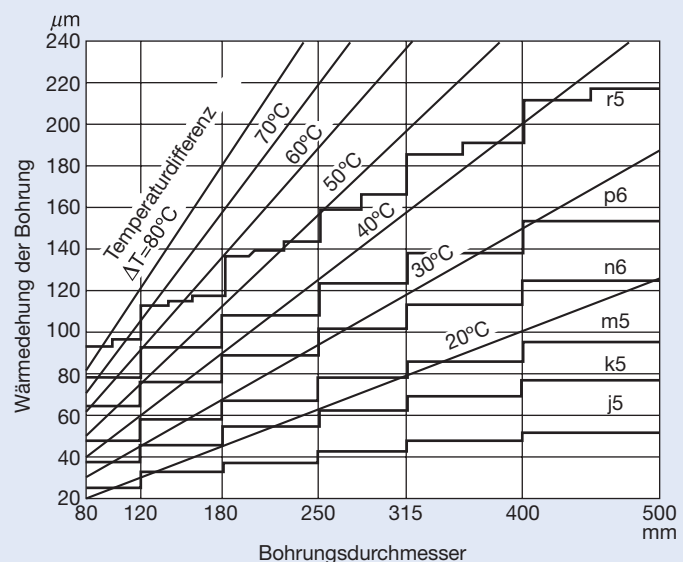


(2) Montage mittels Lagererwärmung

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 zwangfreie 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 Innenings



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

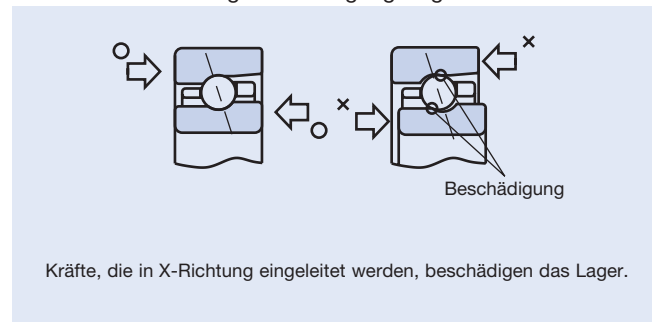


Abb. 1.4: Lagermontage für O-Anordnung

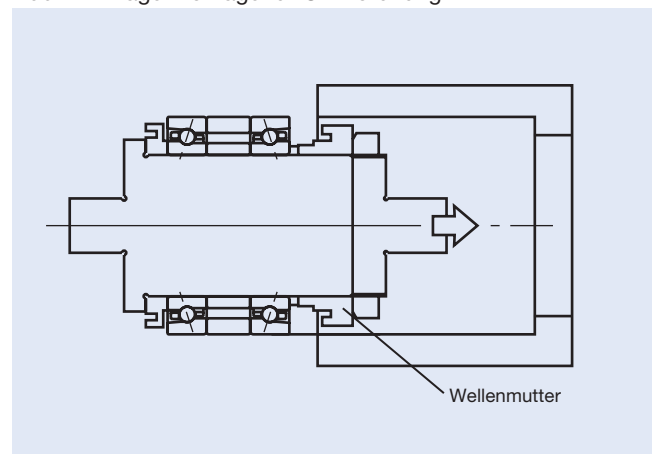
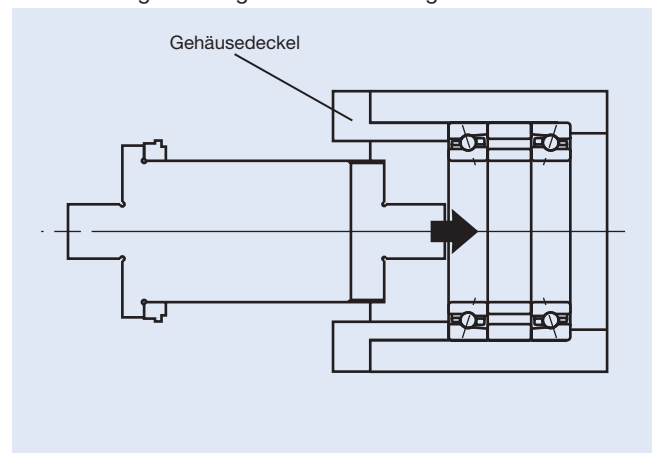


Abb. 1.5: Lagermontage für X-Anordnung



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 Haltegedeckels 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 Haltegedeckel unsachgemäß verschraubt ist.

Aus Abb. 1.8 ist ersichtlich, wie sich die Außenringlaufbahn eines zweireihigen Zylinderrollenlagers verformt, wenn die Befestigungsschrauben des Haltegedeckels zu stark angezogen sind.

Der Betrag der Verformung hängt von der Luft zwischen dem Haltegedeckel und dem Gehäuse ab. Der Spalt zwischen Haltegedeckel 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

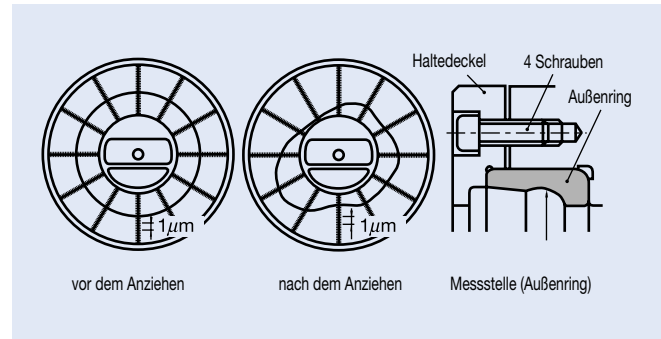


Abb. 1.7: Verformung der Laufbahn durch zu starkes Anziehen der Schrauben

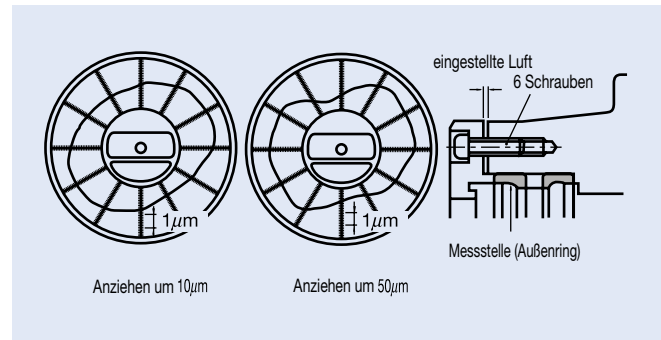
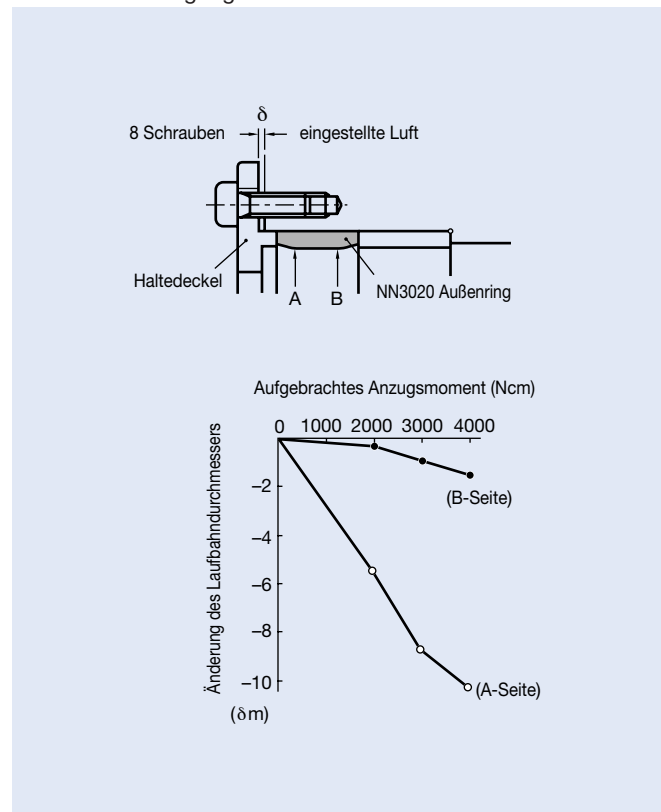


Abb. 1.8: Verformung des Außenrings eines zweireihigen Zylinderrollenlagers durch übermäßiges Anziehen der Befestigungsschrauben



1. LAGERMONTAGE

3.4 Einbau von Zylinderrollenlagern

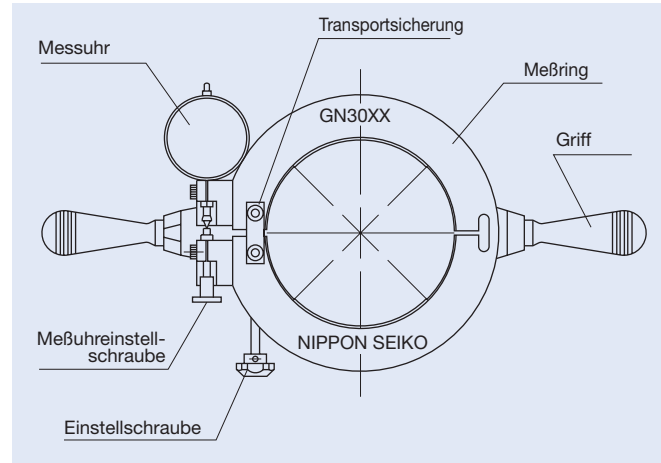
(1) Messung der Radialluft in Zylinderrollenlagern

Ein GN-Hüllkreismessgerät dient zur Einstellung von Zylinderrollenlagern mit kegeliger Bohrung auf dem kegeligen Wellensitz einer Werkzeugmaschinen spindle.

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 $2 \mu\text{m}$ Lagerluft bis $2 \mu\text{m}$ 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

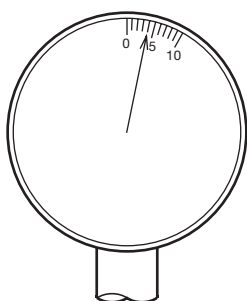
Mit der Einstellschraube das GN-Hüllkreismessgerät (0,2 bis 0,3 mm auf der Messuhr) aufweiten. Das GN-Hüllkreismessgerät mittig auf den Rollen des Innenrings aufsetzen und die Einstellschraube zurückdrehen.

(7) Ablesen der Anzeige

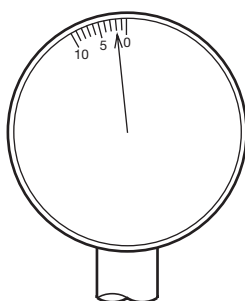
Nun die Messwertanzeige an der Messuhr ablesen.

Beispiel 1: Der halbe Anzeigewert im Uhrzeigersinn von der Nullstellung bedeutet Lagerluft.

Beispiel 2: Der halbe Anzeigewert 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-Hüllkreismessgerätes

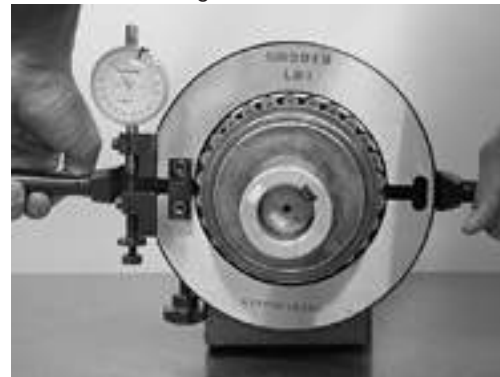


Abb. 1.14: Ablesen der Anzeige



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 (Δr_e) durch den Einbau ins Gehäuse
- Aufweitung des Innenring-Laufbahndurchmessers (Δr_i) durch die Montage des Innenrings auf der Welle, unter Berücksichtigung des Hohlwellenverhältnisses ($k_0 = \text{Bohrungsdurchmesser der Welle/Wellenaußendurchmesser in \%}$).

■ Einstellung der Radialluft Δr

Das Maß für die erforderliche Breite (L_a) des Zwischenrings, der zur Einstellung der Radialluft (Δr) 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_0 und Koeffizient K

Hohlwellenverhältnis k_0	Koeffizient K
45 – 55 %	14
55 – 65 %	15
65 – 75 %	16

■ Berechnung von Δr_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)

Δr_m : Radialverschiebung des Außenrings (Messergebnis aus Schritt 4) auf Seite 205)

Δr : Radialluft nach dem Einbau

Δr_e : Abnahme des Außenring-Laufbahndurchmessers durch den Einbau

K : Koeffizient (Umrechnungswert unter Berücksichtigung einer Hohlwelle mit kegeliger Bohrung 1:12)

k_0 : $A/B \times 100$

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 Δr_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 (Δr_m) ca. 0,005 mm beträgt (*2) (Abb. 1.17).
- (5) Wenn Δr_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

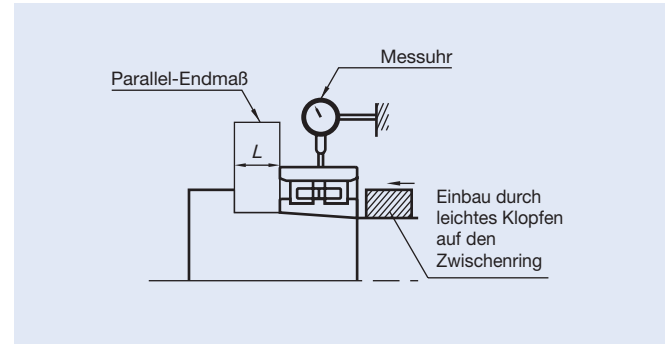


Abb. 1.17: Messen der Radialverschiebung des Außenrings

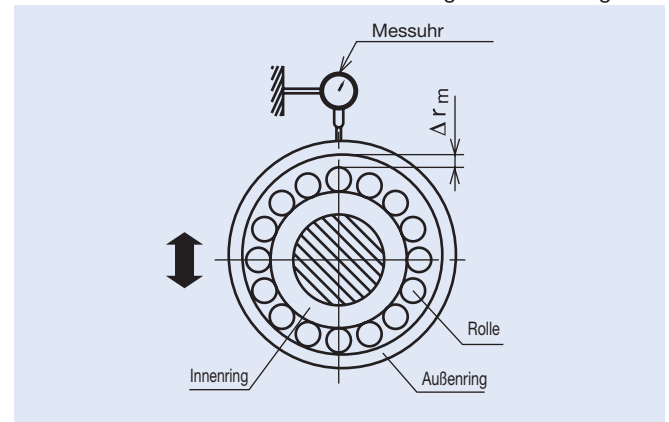
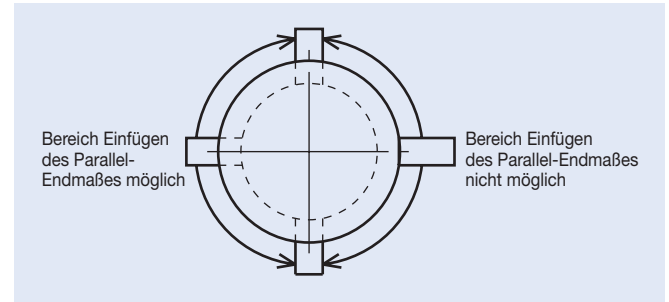


Abb. 1.18: Messen des Breitenmaßes mit dem Parallelendmaß



(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:
Schräggugellager 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: befülltes Schräggugellager



Abb. 1.20: befülltes 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

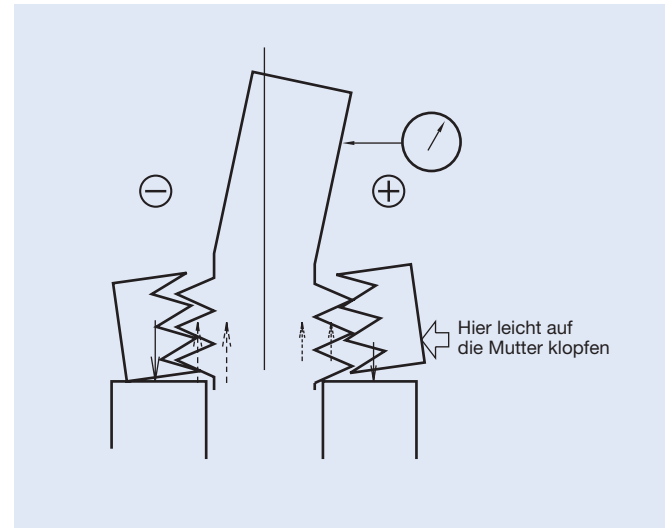
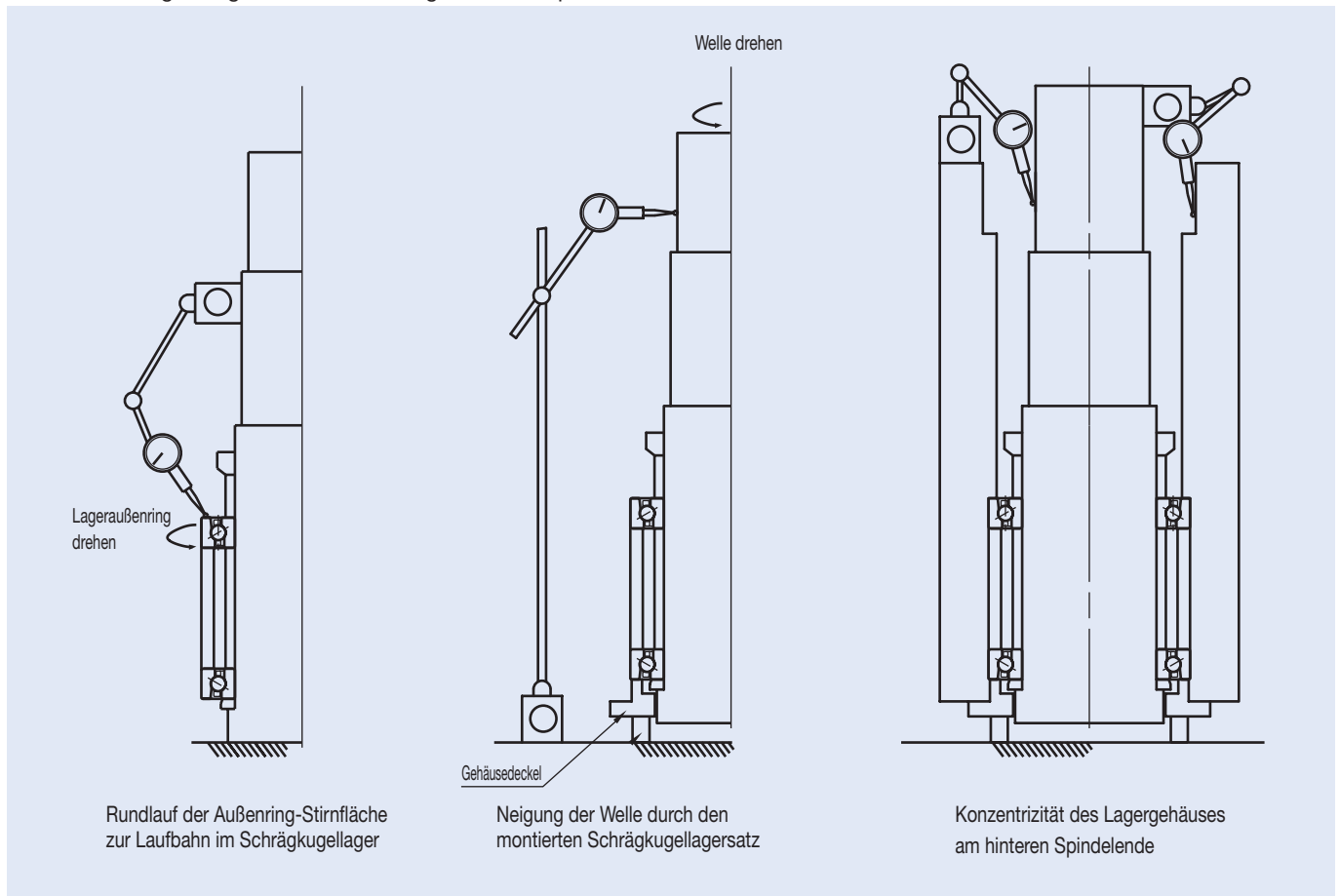


Abb. 1.22: Laufgenauigkeit einer Werkzeugmaschinen spindle



Rundlauf der Außenring-Stirnfläche zur Laufbahn im Schrägkugellager

Neigung der Welle durch den montierten Schrägkugellagersatz

Konzentrität des Lagergehäuses am hinteren Spindelende

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

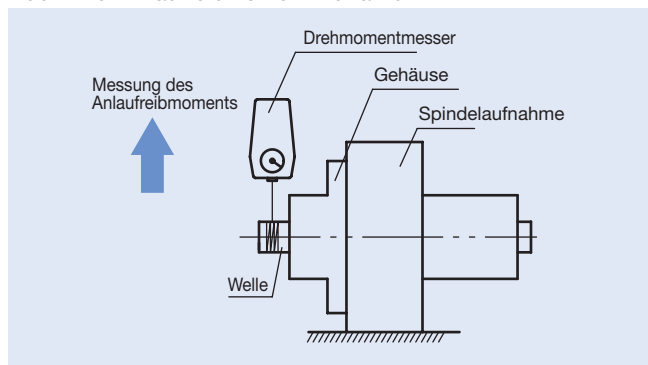
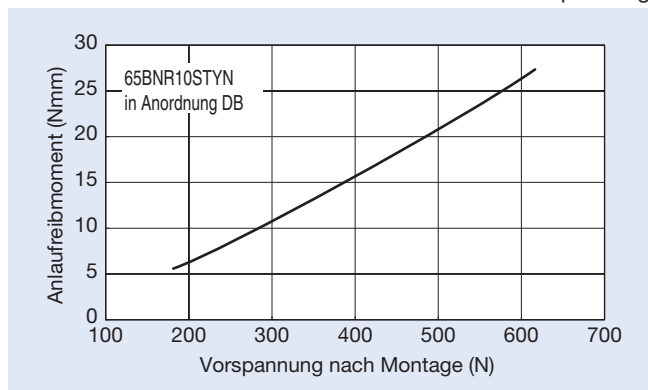


Abb. 1.24: Verhältnis von Anlaufreibmoment und Vorspannung



(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.

Abb. 1.25: Axiale statische Steifigkeit

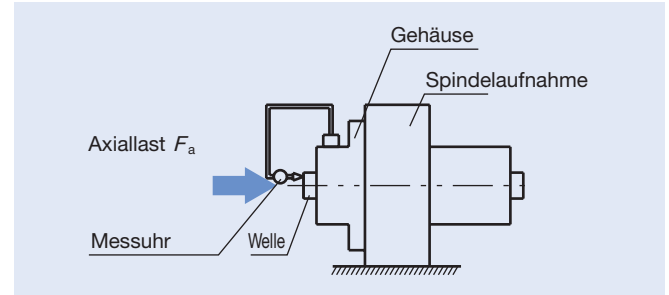


Abb. 1.26: Verhältnis von axialer Einfederung und Vorspannung

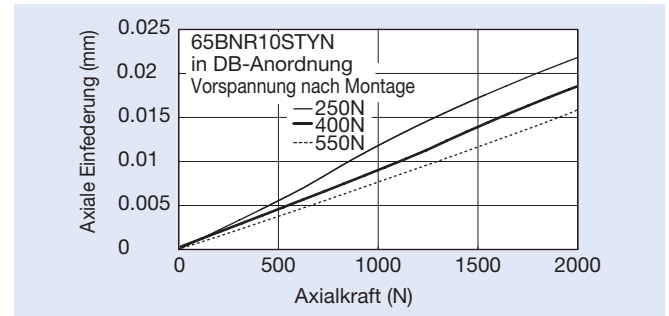


Abb. 1.27: Eigenfrequenz-Verfahren

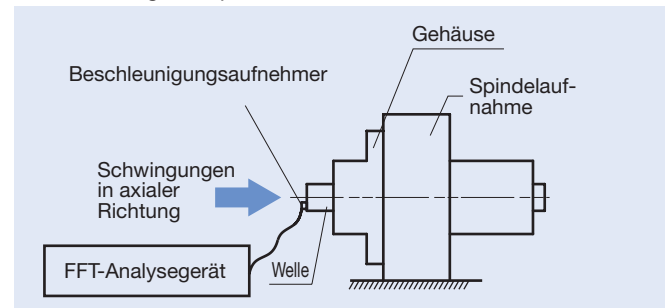
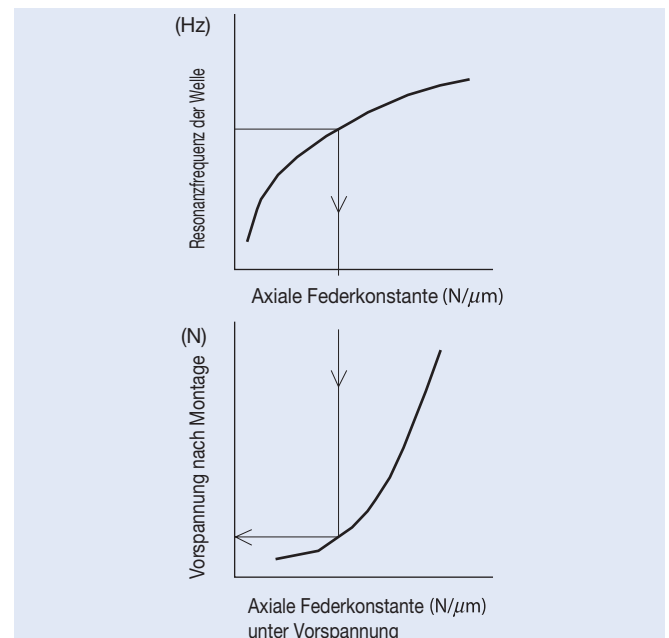


Abb. 1.28: Verhältnis von Eigenfrequenz der Hauptwelle und Federkonstante



(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.

Messung der Resonanzfrequenz (F_z) der Welle in axialer Richtung

$$F_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_a}{m}} \times 1000$$

↓

Umrechnen

Axiale Federkonstante der Hauptwelle

↓

Umrechnen

Vorspannung nach Montage

K_a : Axiale Federkonstante des Lagers (N/m = 10⁶ × N/μm)

F_z : Resonanzfrequenz (Hz)

m : Masse der drehenden Teile (kg)

W : Gewichtskraft der Spindel (kg)

g : Beschleunigungskonstante 9,81

Die technischen Daten für die drei Verfahren teilt NSK gern mit.

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 Geräusentwicklung, 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 metallisches Geräusch (1)	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 gleichförmiges Geräusch	Eindrücke von überrollten Fremtteilchen, 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 auftretendes Geräusch	zu große Lagerluft	Passung, Luft und Vorspannung überprüfen
		Eindringen von Fremtteilchen	Lager austauschen oder reinigen, bessere Dichtungen einsetzen, sauberen Schmierstoff verwenden
Risse oder Ausbrüche auf den Wälzkörpern		Lager austauschen	
übermäßiger 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 (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 Fremtteilchen	Lager austauschen oder reinigen; bessere Dichtungen einsetzen	
Austritt oder Verfärbung des Schmierstoffs	übermäßige Fettfüllung, Eindringen von Fremtteilchen oder Verunreinigung durch Abriebteilchen	weniger Schmierstoff einbringen oder Fett mit festerer Konsistenz wählen, Lager oder Schmierstoff austauschen, Gehäuse und Anschlusssteile 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 die gewünschte Drehzahl der ersten Stufe 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)

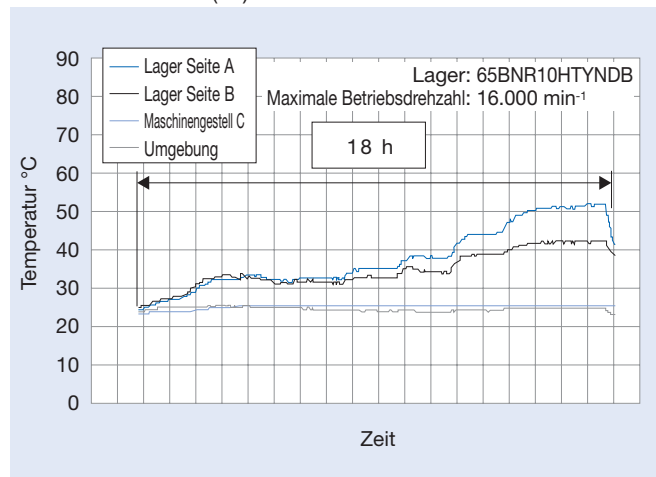
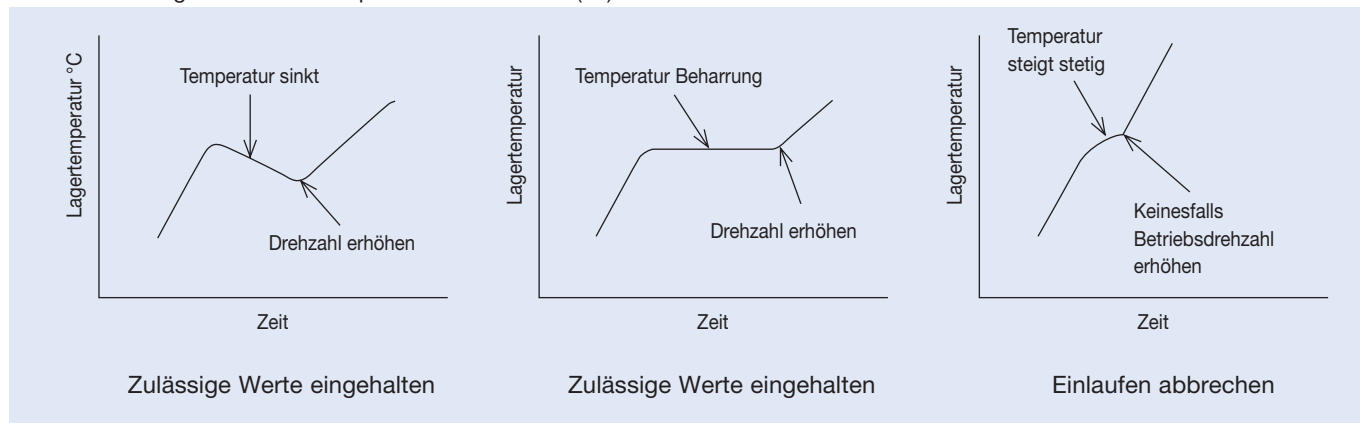


Abb. 2.2: Anstieg der Betriebstemperatur im Dauerlauf (°C)



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 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 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)

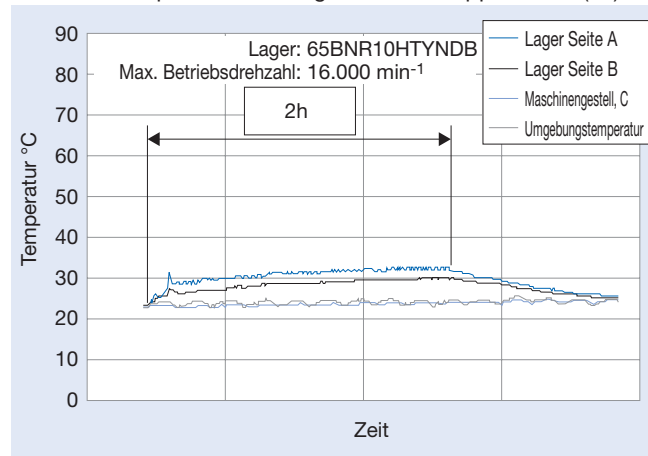
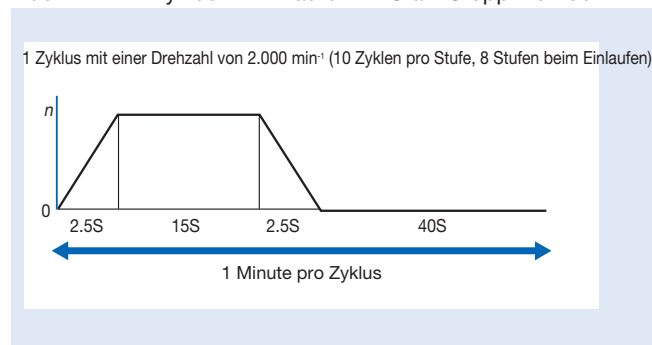


Abb. 2.4: Ein Zyklus im Einlaufen im Start-Stopp-Betrieb



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	Aufreibungen oder Anschmierungen an Laufbahnen und Wälzkörper		mangelhafte Schmierung beim Anlaufen, Fett von zu steifer Konsistenz und hohe Beschleunigung beim Anlaufen	weicheres 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, Anschlussteile 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

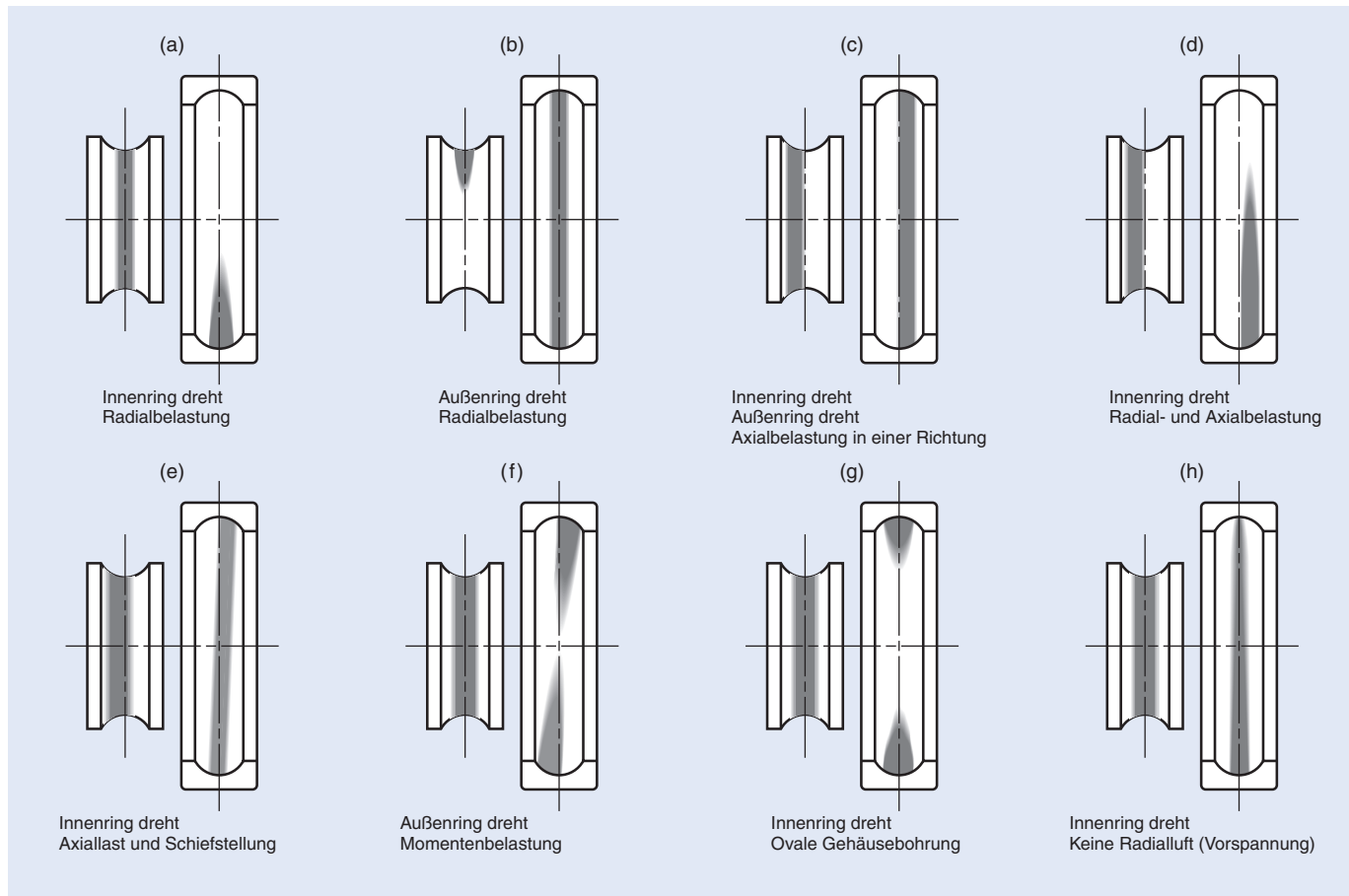


Abb.1.1. Übliche Laufspuren in Kugellagern

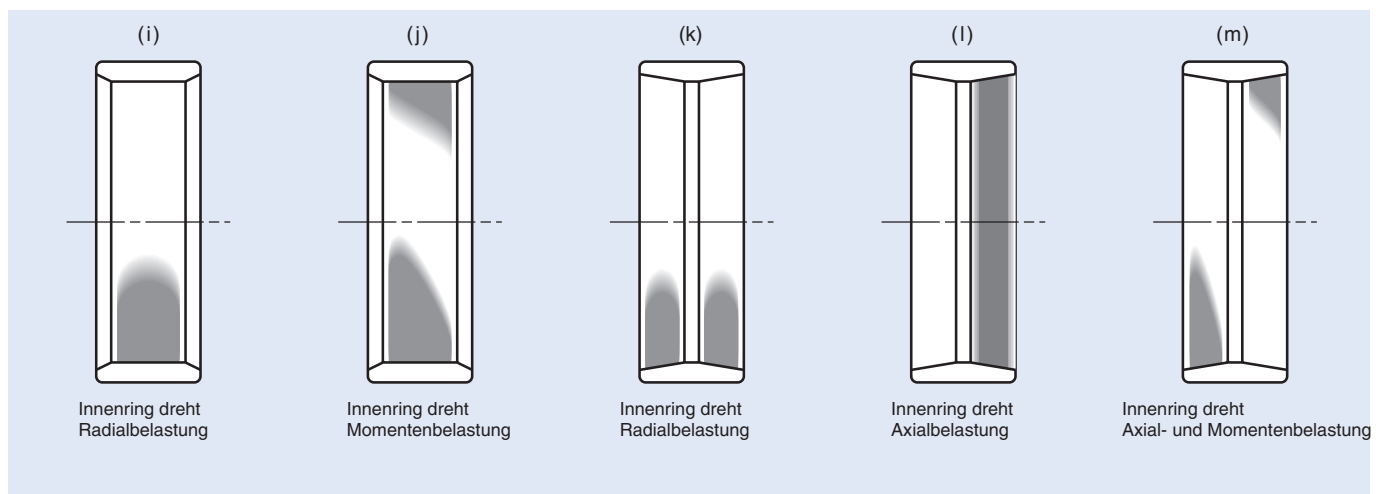


Abb. 1.2. Übliche Laufspuren in Rollenlagern

Tabelle 1.2 Übersicht der häufigsten Lagerschäden

Art des Schadens	Ort Position	Ursache											Bemerkung			
		Handhabung		Lagerumgebung			Schmierung		Belastung			Drehzahl				
		Lagerung Transport	Montage	Welle Gehäuse	Dichtung Wasser Verschmutzung	Temperatur	Schmierung	Art der Schmierung	Überbelastung	Momentenbelastung	Zu geringe Belastung	Hohe Drehzahlen und Beschleunigungen		Ozillation Vibrationen statische Belastung	Lagerauswahl	
1. Abblättern 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. Aufräumung der 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 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, 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 Fremdkörper	Laufbahn, Wälzkörper (feinste Eindrücke)				<input type="radio"/>			<input type="radio"/>								
	Laufbahn (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, 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. Stillstandsmarkierung	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 Spielpassung
14. Freißpuren	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. Stromdurchgang	Laufbahn, Wälzkörper		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>												* Stromdurchgang 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 Wälzlagern 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 Wälzlagern 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	
	Käfiggeräusch	“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	

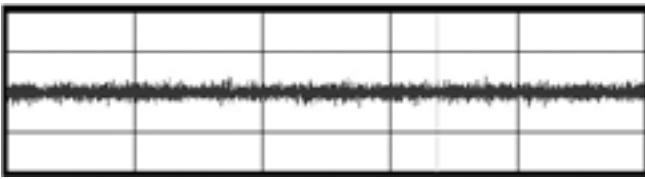
n : Positive ganze Zahl (1, 2, 3...)

Z : Anzahl an Wälzkörpern

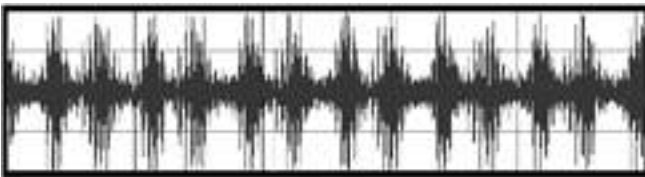
f_{RIN} : Ring natürliche Frequenz bei radialer Krümmung, Hz

f_{NB} : 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)

Diagnosen anhand von Geräuschen und Schwingungen

Erzeugte Frequenz (Frequenzanalyse)			Quelle	Gegenmaßnahmen
FFT der Originalfrequenz		FFT nach Hüllkurve (Grundnr.)		
Radiale (Winkel-) Richtung	Axiale Richtung			
$f_{RIN} \cdot f_{MI}$	$f_{AIN} \cdot f_{AM}$	—	Selektive Wellenresonanz (Rollreibung)	Steifigkeit der Umbauteile verbessern, richtiges radiales Spiel, hochviskoses Schmiermittel, hochwertige Lager
$f_{RIN} \cdot f_{MI}$	$f_{AIN} \cdot f_{AM}$	Zf_c	Stoßen von Wälzkörpern gegen Innenring oder Käfig	Radialspiel reduzieren, Lager vorspannen, hochviskoses Öl verwenden
($= f_{R2N} \cdot f_{R3N}$)	—	?	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
$f_{RIN} \cdot f_{MI}$	$f_{AIN} \cdot f_{AM}$	Zf_i	Kerben, Beulen, Rost, Ablätterung an Innenringlaufbahn	Lageraustausch und sorgfältige Handhabung der Lager
		Zf_c	Kerben, Beulen, Rost, Ablätterung an Innenringlaufbahn	Lageraustausch und sorgfältige Handhabung der Lager
		$2f_b$	Kerben, Beulen, Rost, Ablätterung an Wälzkörpern	Lageraustausch und sorgfältige Handhabung der Lager
$f_{RIN} \cdot f_{MI}$	$f_{AIN} \cdot f_{AM}$	Unregelmäßig	Eindringen von Schmutz und Verunreinigungen	Waschen, Dichtung verbessern
Kugeln/Natürliche 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_i : $f_i = f_r - f_c$, Hz
 f_b : Rotationsfrequenz des Wälzkörpers um seine Mitte, Hz

2. Untersuchung mittels Geräusch- und Frequenzanalyse

Die Aufzeichnung von Geräuschen und Schwingungen

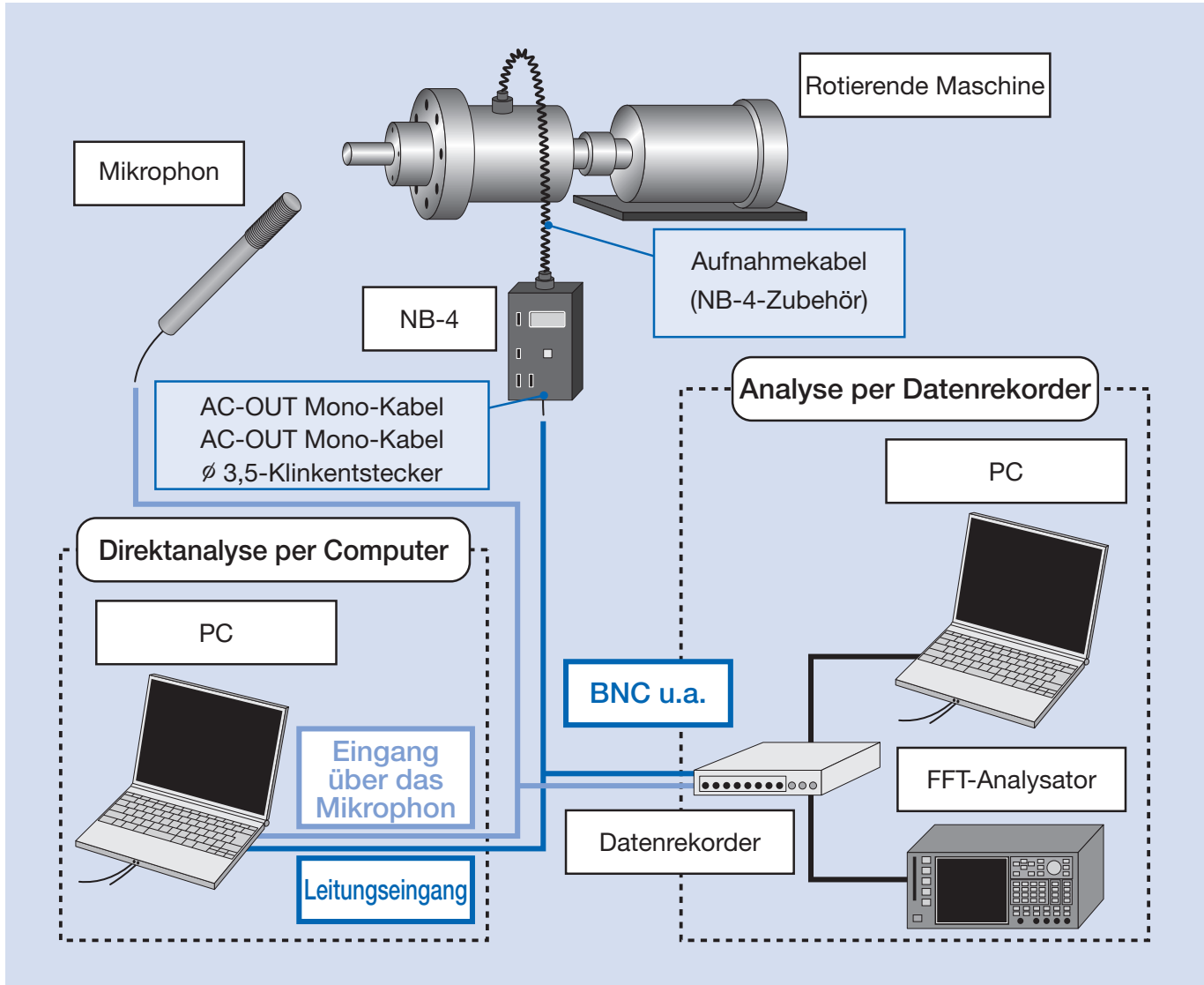
Anhand von Frequenzanalysen des Geräuschs oder der Vibration einer rotierenden Maschine lassen sich Rückschlüsse auf die Ursache anormaler Schwingungen ziehen.

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

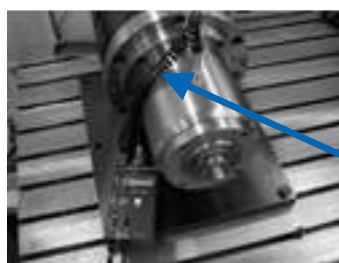
Wenn die folgenden Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden, lassen sich die Daten nach der Aufzeichnung ganz einfach auswerten.

- 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^{-1} , 800 min^{-1} und $2\,000 \text{ min}^{-1}$).

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.



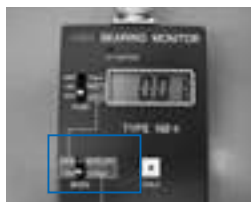
Signal-
ausgang



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.



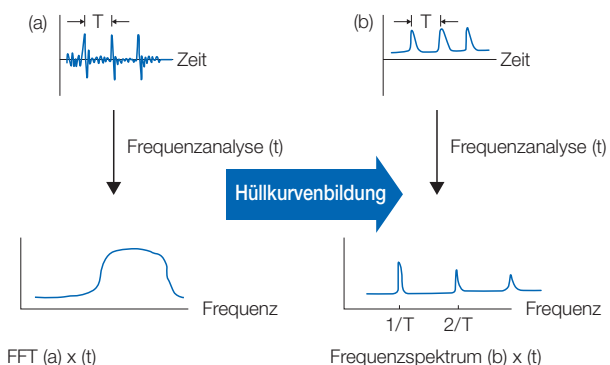
Die aufgezeichneten Frequenzkurven speichern. (Achtung: Manche Schwingungsdaten können je nach Datei-format verloren gehen.)



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:

- Mikrofon zur Geräuschmessung
- PC (mit einem Mikrofon-Eingang und Audio-Aufnahmesoftware)



Ein Mikrofon an das Aufnahmegerät anschließen. Wir empfehlen ein Mikrofon mit gleichmäßiger Frequenzcharakteristik^{*3}, die eine gute Aufzeichnung von Maschinengeräuschen gewährleisten. Es sollte ein externes Mikrofon zur Geräuschmessung verwendet werden. Ein im PC integriertes Mikrofon ist zur Aufzeichnung von Stimmen geeignet jedoch nicht für die Aufnahme von Maschinengeräuschen.



Das Mikrofon in angemessenem Abstand zu der laufenden Maschine, die untersucht werden soll, halten. (Wenn das Mikrofon 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 Richtmikrofon verwenden.

*3 Mikrofon-Frequenzcharakteristik

Die Frequenzcharakteristik hängt vom jeweiligen Mikrofontyp ab. So erweist sich das Mikrofon (s. Abb. 2.2) bei 60Hz oder weniger als wenig empfindlich, während das andere Mikrofon (s. Abb. 2.3) eine gleichmäßige Empfindlichkeit über den ganzen Frequenzbereich aufweist. Damit ist das Mikrofon aus Abb. 2.3 besser zum Messen von Maschinengeräuschen geeignet.

Abb. 2.2

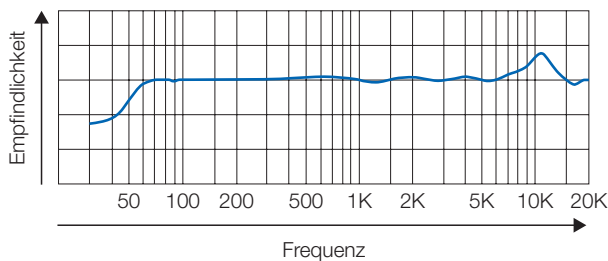
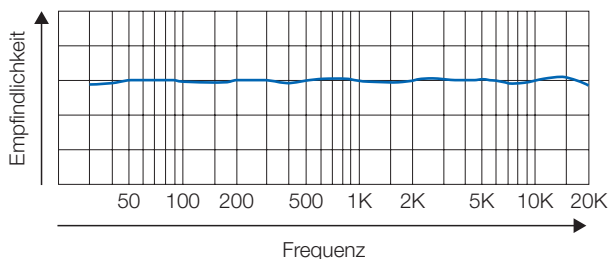


Abb. 2.3



Aufzeichnung mit dem Aufnahmegerät beginnen. Das Eingangssignal des PCs so einstellen, dass die Eingangsstärke innerhalb des zulässigen Bereiches liegt.

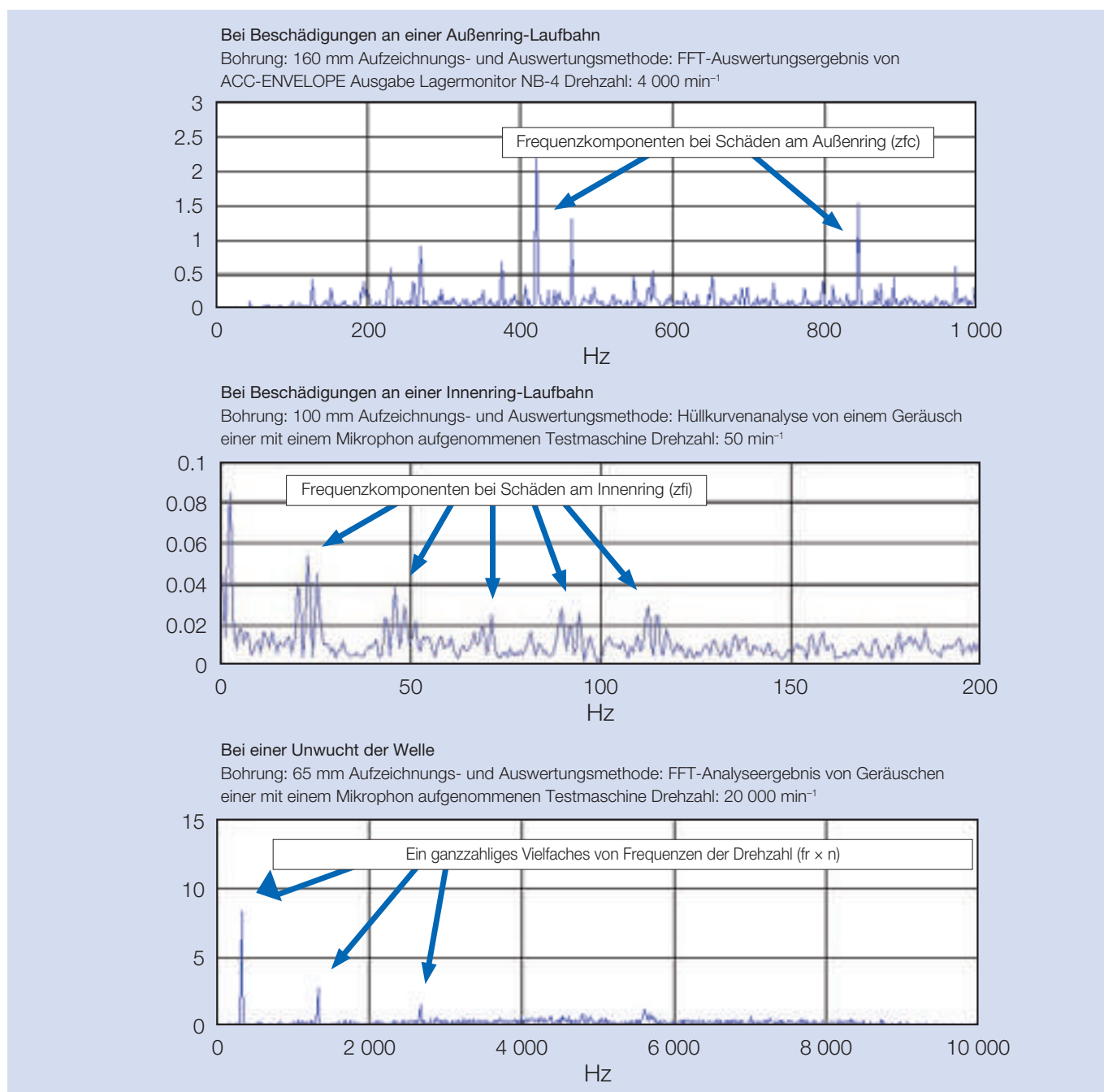
Aufgezeichnete Geräuschdaten speichern. (Achtung: Manche Schwingungsdaten können je nach Dateiformat verloren gehen.)

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 Lagerwerkstoffe	235-236
Kundenlastenheft	237
Vergleichstabelle	238
Messen der Lagerluft-Vorspannung bei Lagersätzen	239

Toleranzen für die Wellendurchmesser

Durchmesserbereich (mm)		d6	e6	f6	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	js5	js6
über	bis													
3	6	-30 -38	-20 -28	-10 -18	-4 -9	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	±2,5	±4
6	10	-40 -49	-25 -34	-13 -22	-5 -11	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	±3	±4,5
10	18	-50 -61	-32 -43	-16 -27	-6 -14	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	±4	±5,5
18	30	-65 -78	-40 -53	-20 -33	-7 -16	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	±4,5	±6,5
30	50	-80 -96	-50 -66	-25 -41	-9 -20	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	±5,5	±8
50	80	-100 -119	-60 -79	-30 -49	-10 -23	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	±6,5	±9,5
80	120	-120 -142	-72 -94	-36 -58	-12 -27	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	±7,5	±11,0
120	180	-145 -170	-85 -110	-43 -68	-14 -32	-14 -39	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	±9	±12,5
180	250	-170 -199	-100 -129	-50 -79	-15 -35	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	±10	±14,5
250	315	-190 -222	-110 -142	-56 -88	-17 -40	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	±11,5	±16,0
315	400	-210 -246	-125 -161	-62 -98	-18 -43	-18 -54	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	±12,5	±18,0
400	500	-230 -270	-135 -175	-68 -108	-20 -47	-20 -60	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	±13,5	±20,0
500	630	-260 -304	-145 -189	-76 -120	—	-22 -66	—	0 -44	0 -70	0 -110	0 -175	0 -280	—	±22,0
630	800	-290 -340	-160 -210	-80 -130	—	-24 -74	—	0 -50	0 -80	0 -125	0 -200	0 -320	—	±25,0
800	1 000	-320 -376	-170 -226	-86 -142	—	-26 -82	—	0 -56	0 -90	0 -140	0 -230	0 -360	—	±28,0
1 000	1 250	-350 -416	-195 -261	-98 -164	—	-28 -94	—	0 -66	0 -105	0 -165	0 -260	0 -420	—	±33,0
1 250	1 600	-390 -468	-220 -298	-110 -188	—	-30 -108	—	0 -78	0 -125	0 -195	0 -310	0 -500	—	±39,0
1 600	2 000	-430 -522	-240 -332	-120 -212	—	-32 -124	—	0 -92	0 -150	0 -230	0 -370	0 -600	—	±46,0

Maßeinheit: µm

j5	j6	j7	k5	k6	k7	m5	m6	n6	p6	r6	r7	Durchmesserbereich (mm)	
												über	bis
+ 3	+ 6	+ 8	+ 6	+ 9	+13	+ 9	+ 12	+ 16	+ 20	+ 23	+ 27	3	6
- 2	- 2	- 4	+ 1	+ 1	+ 1	+ 4	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	+ 15		
+ 4	+ 7	+10	+ 7	+10	+16	+12	+ 15	+ 19	+ 24	+ 28	+ 34	6	10
- 2	- 2	- 5	+ 1	+ 1	+ 1	+ 6	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	+ 19		
+ 5	+ 8	+12	+ 9	+12	+19	+15	+ 18	+ 23	+ 29	+ 34	+ 41	10	18
- 3	- 3	- 6	+ 1	+ 1	+ 1	+ 7	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23	+ 23		
+ 5	+ 9	+13	+11	+15	+23	+17	+ 21	+ 28	+ 35	+ 41	+ 49	18	30
- 4	- 4	- 8	+ 2	+ 2	+ 2	+ 8	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28	+ 28		
+ 6	+11	+15	+13	+18	+27	+20	+ 25	+ 33	+ 42	+ 50	+ 59	30	50
- 5	- 5	-10	+ 2	+ 2	+ 2	+ 9	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34	+ 34		
+ 6	+12	+18	+15	+21	+32	+24	+ 30	+ 39	+ 51	+ 60	+ 71	50	65
- 7	- 7	-12	+ 2	+ 2	+ 2	+11	+ 11	+ 20	+ 32	+ 41	+ 41		
+ 6	+12	+18	+15	+21	+32	+24	+ 30	+ 39	+ 51	+ 62	+ 73	65	80
- 7	- 7	-12	+ 2	+ 2	+ 2	+11	+ 11	+ 20	+ 32	+ 43	+ 43		
+ 6	+13	+20	+18	+25	+38	+28	+ 35	+ 45	+ 59	+ 73	+ 86	80	100
- 9	- 9	-15	+ 3	+ 3	+ 3	+13	+ 13	+ 23	+ 37	+ 51	+ 51		
+ 6	+13	+20	+18	+25	+38	+28	+ 35	+ 45	+ 59	+ 76	+ 89	100	120
- 9	- 9	-15	+ 3	+ 3	+ 3	+13	+ 13	+ 23	+ 37	+ 54	+ 54		
+ 7	+14	+22	+21	+28	+43	+33	+ 40	+ 52	+ 68	+ 88	+103	120	140
-11	-11	-18	+ 3	+ 3	+ 3	+15	+ 15	+ 27	+ 43	+ 63	+ 63		
+ 7	+14	+22	+21	+28	+43	+33	+ 40	+ 52	+ 68	+ 90	+105	140	160
-11	-11	-18	+ 3	+ 3	+ 3	+15	+ 15	+ 27	+ 43	+ 65	+ 65		
+ 7	+14	+22	+21	+28	+43	+33	+ 40	+ 52	+ 68	+ 93	+108	160	180
-11	-11	-18	+ 3	+ 3	+ 3	+15	+ 15	+ 27	+ 43	+ 68	+ 68		
+ 7	+16	+25	+24	+33	+50	+37	+ 46	+ 60	+ 79	+106	+123	180	200
-13	-13	-21	+ 4	+ 4	+ 4	+17	+ 17	+ 31	+ 50	+ 77	+ 77		
+ 7	+16	+25	+24	+33	+50	+37	+ 46	+ 60	+ 79	+109	+126	200	225
-13	-13	-21	+ 4	+ 4	+ 4	+17	+ 17	+ 31	+ 50	+ 80	+ 80		
+ 7	+16	+25	+24	+33	+50	+37	+ 46	+ 60	+ 79	+113	+130	225	250
-13	-13	-21	+ 4	+ 4	+ 4	+17	+ 17	+ 31	+ 50	+ 84	+ 84		
+ 7	+16	+26	+27	+36	+56	+43	+ 52	+ 66	+ 88	+126	+146	250	280
-16	-16	-26	+ 4	+ 4	+ 4	+20	+ 20	+ 34	+ 56	+ 94	+ 94		
+ 7	+16	+26	+27	+36	+56	+43	+ 52	+ 66	+ 88	+130	+150	280	315
-16	-16	-26	+ 4	+ 4	+ 4	+20	+ 20	+ 34	+ 56	+ 98	+ 98		
+ 7	+18	+29	+29	+40	+61	+46	+ 57	+ 73	+ 98	+144	+165	315	355
-18	-18	-28	+ 4	+ 4	+ 4	+21	+ 21	+ 37	+ 62	+108	+108		
+ 7	+18	+29	+29	+40	+61	+46	+ 57	+ 73	+ 98	+150	+171	355	400
-18	-18	-28	+ 4	+ 4	+ 4	+21	+ 21	+ 37	+ 62	+114	+114		
+ 7	+20	+31	+32	+45	+68	+50	+ 63	+ 80	+108	+166	+189	400	450
-20	-20	-32	+ 5	+ 5	+ 5	+23	+ 23	+ 40	+ 68	+126	+126		
+ 7	+20	+31	+32	+45	+68	+50	+ 63	+ 80	+108	+172	+195	450	500
-20	-20	-32	+ 5	+ 5	+ 5	+23	+ 23	+ 40	+ 68	+132	+132		
—	—	—	—	+44	+70	—	+ 70	+ 88	+122	+194	+220	500	560
—	—	—	—	0	0	—	+ 26	+ 44	+ 78	+150	+150		
—	—	—	—	+44	+70	—	+ 70	+ 88	+122	+199	+225	560	630
—	—	—	—	0	0	—	+ 26	+ 44	+ 78	+155	+155		
—	—	—	—	+50	+80	—	+ 80	+100	+138	+225	+255	630	710
—	—	—	—	0	0	—	+ 30	+ 50	+ 88	+175	+175		
—	—	—	—	+50	+80	—	+ 80	+100	+138	+235	+265	710	800
—	—	—	—	0	0	—	+ 30	+ 50	+ 88	+185	+185		
—	—	—	—	+56	+90	—	+ 90	+112	+156	+266	+300	800	900
—	—	—	—	0	0	—	+ 34	+ 56	+100	+210	+210		
—	—	—	—	+56	+90	—	+ 90	+112	+156	+276	+310	900	1 000
—	—	—	—	0	0	—	+ 34	+ 56	+100	+220	+220		
—	—	—	—	+66	+105	—	+106	+132	+186	+316	+355	1 000	1 120
—	—	—	—	0	0	—	+ 40	+ 66	+120	+250	+250		
—	—	—	—	+66	+105	—	+106	+132	+186	+326	+365	1 120	1 250
—	—	—	—	0	0	—	+ 40	+ 66	+120	+260	+260		
—	—	—	—	+78	+125	—	+126	+156	+218	+378	+425	1 250	1 400
—	—	—	—	0	0	—	+ 48	+ 78	+140	+300	+300		
—	—	—	—	+78	+125	—	+126	+156	+218	+408	+455	1 400	1 600
—	—	—	—	0	0	—	+ 48	+ 78	+140	+330	+330		
—	—	—	—	+92	+150	—	+150	+184	+262	+462	+520	1 600	1 800
—	—	—	—	0	0	—	+ 58	+ 92	+170	+370	+370		
—	—	—	—	+92	+150	—	+150	+184	+262	+492	+550	1 800	2 000
—	—	—	—	0	0	—	+ 58	+ 92	+170	+400	+400		

Toleranzen für die Gehäusebohrung

Durchmesserbereich (mm)		E6	F6	F7	G6	G7	H6	H7	H8	J6	J7	JS6	JS7
über	bis												
10	18	+43 +32	+27 +16	+34 +16	+17 +6	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+6 -5	+10 -8	± 5,5	± 9,0
18	30	+53 +40	+33 +20	+41 +20	+20 +7	+28 +7	+13 0	+21 0	+33 0	+8 -5	+12 -9	± 6,5	± 10,5
30	50	+66 +50	+41 +25	+50 +25	+25 +9	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+10 -6	+14 -11	± 8,0	± 12,5
50	80	+79 +60	+49 +30	+60 +30	+29 +10	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+13 -6	+18 -12	± 9,5	± 15,0
80	120	+94 +72	+58 +36	+71 +36	+34 +12	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+16 -6	+22 -13	± 11,0	± 17,5
120	180	+110 +85	+68 +43	+83 +43	+39 +14	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+18 -7	+26 -14	± 12,5	± 20,0
180	250	+129 +100	+79 +50	+96 +50	+44 +15	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+22 -7	+30 -16	± 14,5	± 23,0
250	315	+142 +110	+88 +56	+108 +56	+49 +17	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+25 -7	+36 -16	± 16,0	± 26,0
315	400	+161 +125	+98 +62	+119 +62	+54 +18	+75 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+29 -7	+39 -18	± 18,0	± 28,5
400	500	+175 +135	+108 +68	+131 +68	+60 +20	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+33 -7	+43 -20	± 20,0	± 31,5
500	630	+189 +145	+120 +76	+146 +76	+66 +22	+92 +22	+44 0	+70 0	+110 0	—	—	± 22,0	± 35,0
630	800	+210 +160	+130 +80	+160 +80	+74 +24	+104 +24	+50 0	+80 0	+125 0	—	—	± 25,0	± 40,0
800	1 000	+226 +170	+142 +86	+176 +86	+82 +26	+116 +26	+56 0	+90 0	+140 0	—	—	± 28,0	± 45,0
1 000	1 250	+261 +195	+164 +98	+203 +98	+94 +28	+133 +28	+66 0	+105 0	+165 0	—	—	± 33,0	± 52,5
1 250	1 600	+298 +220	+188 +110	+235 +110	+108 +30	+155 +30	+78 0	+125 0	+195 0	—	—	± 39,0	± 62,5
1 600	2 000	+332 +240	+212 +120	+270 +120	+124 +32	+182 +32	+92 0	+150 0	+230 0	—	—	± 46,0	± 75,0
2 000	2 500	+370 +260	+240 +130	+305 +130	+144 +34	+209 +34	+110 0	+175 0	+280 0	—	—	± 55,0	± 87,5

Maßeinheit: μm

K5	K6	K7	M5	M6	M7	N5	N6	N7	P6	P7	Durchmesserbereich (mm)	
											über	bis
+ 2 - 6	+ 2 - 9	+ 6 - 12	- 4 - 12	- 4 - 15	0 - 18	- 9 - 17	- 9 - 20	- 5 - 23	- 15 - 26	- 11 - 29	10	18
+ 1 - 8	+ 2 - 11	+ 6 - 15	- 5 - 14	- 4 - 17	0 - 21	- 12 - 21	- 11 - 24	- 7 - 28	- 18 - 31	- 14 - 35	18	30
+ 2 - 9	+ 3 - 13	+ 7 - 18	- 5 - 16	- 4 - 20	0 - 25	- 13 - 24	- 12 - 28	- 8 - 33	- 21 - 37	- 17 - 42	30	50
+ 3 - 10	+ 4 - 15	+ 9 - 21	- 6 - 19	- 5 - 24	0 - 30	- 15 - 28	- 14 - 33	- 9 - 39	- 26 - 45	- 21 - 51	50	80
+ 2 - 13	+ 4 - 18	+ 10 - 25	- 8 - 23	- 6 - 28	0 - 35	- 18 - 33	- 16 - 38	- 10 - 45	- 30 - 52	- 24 - 59	80	120
+ 3 - 15	+ 4 - 21	+ 12 - 28	- 9 - 27	- 8 - 33	0 - 40	- 21 - 39	- 20 - 45	- 12 - 52	- 36 - 61	- 28 - 68	120	180
+ 2 - 18	+ 5 - 24	+ 13 - 33	- 11 - 31	- 8 - 37	0 - 46	- 25 - 45	- 22 - 51	- 14 - 60	- 41 - 70	- 33 - 79	180	250
+ 3 - 20	+ 5 - 27	+ 16 - 36	- 13 - 36	- 9 - 41	0 - 52	- 27 - 50	- 25 - 57	- 14 - 66	- 47 - 79	- 36 - 88	250	315
+ 3 - 22	+ 7 - 29	+ 17 - 40	- 14 - 39	- 10 - 46	0 - 57	- 30 - 55	- 26 - 62	- 16 - 73	- 51 - 87	- 41 - 98	315	400
+ 2 - 25	+ 8 - 32	+ 18 - 45	- 16 - 43	- 10 - 50	0 - 63	- 33 - 60	- 27 - 67	- 17 - 80	- 55 - 95	- 45 - 108	400	500
—	0 - 44	0 - 70	—	- 26 - 70	- 26 - 96	—	- 44 - 88	- 44 - 114	- 78 - 122	- 78 - 148	500	630
—	0 - 50	0 - 80	—	- 30 - 80	- 30 - 110	—	- 50 - 100	- 50 - 130	- 88 - 138	- 88 - 168	630	800
—	0 - 56	0 - 90	—	- 34 - 90	- 34 - 124	—	- 56 - 112	- 56 - 146	- 100 - 156	- 100 - 190	800	1 000
—	0 - 66	0 - 105	—	- 40 - 106	- 40 - 145	—	- 66 - 132	- 66 - 171	- 120 - 186	- 120 - 225	1 000	1 250
—	0 - 78	0 - 125	—	- 48 - 126	- 48 - 173	—	- 78 - 156	- 78 - 203	- 140 - 218	- 140 - 265	1 250	1 600
—	0 - 92	0 - 150	—	- 58 - 150	- 58 - 208	—	- 92 - 184	- 92 - 242	- 170 - 262	- 170 - 320	1 600	2 000
—	0 - 110	0 - 175	—	- 68 - 178	- 68 - 243	—	- 110 - 220	- 110 - 285	- 195 - 305	- 195 - 370	2 000	2 500

ISO-Toleranzreihen

Nenn- maßbereich		Toleranzgrade								
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
über	bis	Toleranzwerte (μm)								
—	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- maßbereich	
IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18		
Toleranzwerte (μm)									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 Skala C Last 1471 N Diamantkegel HRC	Vickers-Härte Diamantpyramide HV	Brinell-Härte		Rockwell-Härte		Shore-Härte
		Standardkugel HBS	Wolframkarbid- Kugel HBW	Skala A Last 588,4 N Diamantkegel HRA	Skala B Last 980,7 N Kugel 1,588 mm 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	Werkstoffbezeichnung	Wärmebehandlung	Dichte g/cm ³	spezifische Wärmekapazität KJ/(kg·K)	Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)	elektrischer Widerstandsbeiwert μΩ·cm	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient (0°~100°C) x10 ⁻⁶ /°C	Elastizitätsmodul HPa	Streckgrenze HPa	Zugfestigkeit MPa	Bruchdehnung %	Härte HB	Anmerkungen
Lager	SUJ2	Härten, Anlassen	7,83	0,47	46	22	12,5	208 000	1 370	1 570 ~1 960	Max. 0.5	650 ~740	Kohlenstoff-Chrom-Stahl Wälzlagerstahl Typ 2
	SUJ2	Weichglühen	7,86				11,9		420	647	27	180	
	SCr420	Härten, Anlassen bei niedriger Temperatur	7,83		48	21	12,8		882	1 225	15	370	Chromstahl
	SAE4320 (SNCM420)	Härten, Anlassen bei niedriger Temperatur		44	20	11,7	902	1 009	16	**293 ~375	Nickel-Chrom-Molybdän-Stahl		
	SNCM815	Härten, Anlassen bei niedriger Temperatur	7,89		40	35	—	—	Min. *1 080	Min. *12	*311 ~375	Nickel-Chrom-Molybdän-Stahl	
	SUS440C	Härten, Anlassen bei niedriger Temperatur	7,68	0,46	24	60	10,1	200 000	1 860	1 960	—	**580	Korrosionsbeständiger Martensitstahl
	SPCC	Glühen	7,86	0,47	59	15	11,6	206 000	—	Min. *275	Min. *32	—	Kaltgewalzter Stahl
	S25C	Glühen		0,48	50	17	11,8		323	431	33	120	Vergütungsstahl
HB _s C1			8,50	0,38	123	6,2	6,2,0	103 000	—	Min. *431	Min. *20	—	Messingguss 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	Werkstoffbezeichnung	Wärmebehandlung	Dichte g/cm ³	Spezifische Wärmekapazität KJ/(kg·K)	Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)	elektrischer Widerstandsbeiwert μΩ·cm	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient (0°~100°C) x10 ⁻⁶ /°C	Elastizitätsmodul MPa	Streckgrenze MPa	Zugfestigkeit MPa	Bruchdehnung %	Härte HB	Anmerkungen
W e i l e	S45C	Härten, Anlassen bei 650°C	7,83	0,48	47	18	12,8	207 000	440	735	25	217	Vergütungsstahl
	SCr430	Härten, Abschrecken bei 520 – 620 °C											22
	SCr440	Härten, Abschrecken bei 520 – 620 °C			45	23	Min. *748	Min. *930	Min. *13	*269 ~331	Chromstahl		
	SCM420	Härten, Abschrecken bei 150 – 200 °C	0,47	48	21	12,8	—	Min. *93	Min. *14	*262 ~352	Chrom-Molybdän-Stahl		
	SNCM439	Härten, Anlassen bei 650 °C		38	30	11,3	207 000	920	1 030	18	320	Chrom- Nickel-Molybdän-Stahl	
	SC46	Normalglühen	—	—	—	—	—	206 000	294	520	27	143	Baustahl
	SUS420J2	Härten, Abschrecken bei 1038 °C – Öl, 400 °C – Luft	7,75	0,46	22	55	—	200 000	1 440	1 650	10	400	Korrosionsbeständiger Martensitstahl
G e s a m t	FC200	Entfällt	7,30	0,50	43	—	10,4	98 000	—	Min. *200	—	Max. *217	Grauguss
	FCD400	Entfällt	7,00	0,48	20	—	11,7		Min. *250	Min. *400	Min. *12	Max. *201	Grauguss mit 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	—	Aluminiumlegierung für Sandguss
	ADC10	Entfällt	2,74	0,96	96	7,5	22,0	71 000	167	323	4	—	Aluminiumlegierung für Druckguss
	SUS304	Glühen	8,03	0,50	15	72	15,7~16,8	193 000	245	588	60	150	Korrosionsbeständiger 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⁻¹ 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-Schrägkugellager	79xxCTYNDBL	79xxCTYDBC7	TYN: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 46 TY: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 66 EL←C2, L←C7 M←C8, H←C9
	70xxCTYNDBL	70xxCTYDBC7	
	72xxCTYNDBL	72xxCTYDBC7	
	70xxATYNDBL	70xxATYDBC7	
	72xxATYNDBL	72xxATYDBC7	
	79xxA5TYN	79xxA5TY	TYN: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 46 TY: kugelgeführter Käfig aus Polyamid 66
	70xxA5TYN	70xxA5TY	
	72xxA5TYN	72xxA5TY	
	Schrägkugellager für höchste Drehzahlen	xxBNR19STYN	xxBNC19TY
xxBNR10STYN		xxBNC10TY	
xxBNR19HTYN		xxBNC19SN24TY	
xxBNR10HTYN		xxBNC10SN24TY	
Schrägkugellager höchster Genauigkeit	xxBGR10S	xxBNT10F	BGR: selbsthaltendes Lager BNT: nicht selbsthaltendes Lager
	xxBGR10H	xxBNT10FSN24	
Zweireihige Zylinderrollenlager Einreihige Zylinderrollenlager für höchste Drehzahlen	NN30xxTB	NN30xxT	TB: rollengeführter PPS-Käfig TP: außenringgeführter PEEK-Käfig T: rollengeführter Käfig aus Polyamid 66
	N10xxRSTP	N10xxBT	
Axial-Schrägkugellager für hohe Drehzahlen	xxBAR10STYN	xxBA10XTY	TYN: Käfig aus Polyamid 46 TY: außenringgeführter PEEK-Käfig
	xxBTR10STYN	xxBT10XTY	
	xxBAR10S	xxTAC20	TAC20(29): zweiseitig wirkende Axial-Schrägkugellager BTR10S, BT19x: Axial-Schrägkugellager
	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.)

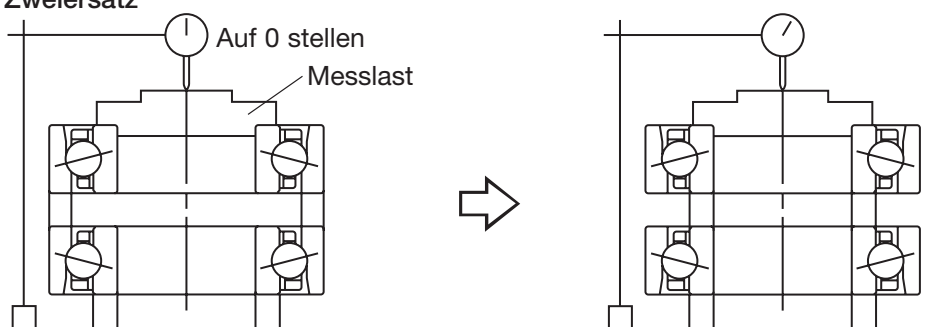
Im Fall der X-Anordnung wird der gleiche Messvorgang durchgeführt wie bei der O-Anordnung. Nur die Zwischenringe werden anders angeordnet.

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

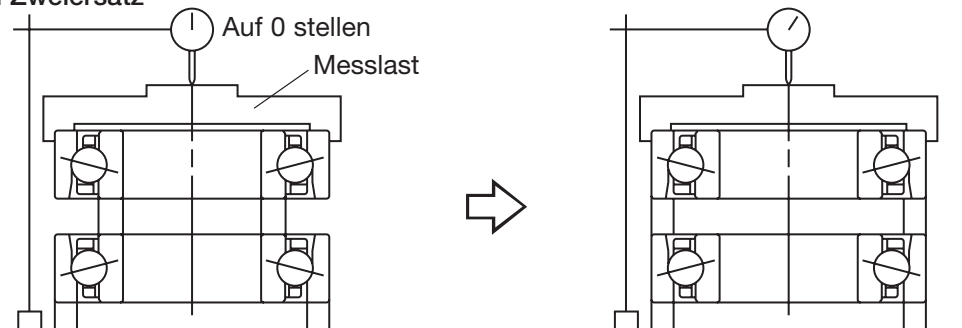


Im Fall Einzellager



X-Anordnung – DF

Im Fall Zweiersatz



Im Fall Einzellager

