

GMN

Hochpräzisionskugellager

Spindelkugellager

Rillenkugellager

Hybridlager

Sonderlager,
Kompletteinheiten

Vakuumtechnik,
Trockenschmierung

Hochpräzisionskugellager

GMN

Hochpräzisions- kugellager

GMN

Paul Müller Industrie
GmbH & Co. KG

Äußere Bayreuther Straße 230
D - 90411 Nürnberg

Telefon: +49 (0) 9 11 - 56 91 - 2 29 / 2 25 / 2 17
Telefax: +49 (0) 9 11 - 56 91 - 5 87
E-Mail: vertrieb.kula@gmn.de

Internet: www.gmn.de



GMN

40000805

QUALITÄTS- MANAGEMENT

Die Qualitätspolitik des Unternehmens

Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG orientiert sich an dem Grundsatz, dem Kunden bestmögliche Lösungen für seine Probleme anzubieten und damit das Vertrauen und die Zufriedenheit der Kunden zu gewinnen und zu bewahren.

Das Ziel, unseren Kunden fehlerfreie Produkte zu liefern, schließt die sorgfältige Durchführung aller damit verbundenen Verfahren und Dienstleistungen ein.

Das Unternehmen erfüllt die Anforderung, mit seinen Produkten, Verfahren und Dienstleistungen dem neuesten Stand der Technik zu entsprechen.



Die Begutachtung der **Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG** durch die DQS in den Unternehmensbereichen Hochpräzisionskugellager, Antriebstechnologie (Freiläufe und Dichtungen) und Spindeltechnik wurde im November 2004 erfolgreich abgeschlossen. Somit ist jetzt das Gesamtunternehmen nach DIN ISO 9001:2000 zertifiziert.



Die Firma **Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG** stellt als mittelständisches Unternehmen am Standort **Nürnberg** mit der Erfahrung von über **95 Jahren Hochpräzisions-Kugellager, Maschinenspindeln, Freiläufe, und Dichtungen** für ein breites Anwendungsspektrum her.

Ein Großteil der Erzeugnisse wird für **Sonderapplikationen** maßgeschneidert nach den Wünschen der Kunden gefertigt.

Ein weltweit verzweigtes Netz von **Servicestationen** hilft bei der **Beratung der Kunden** in Bezug auf **Qualität, Leistung und Lebensdauer** der Produkte.

GMN ist das Warenzeichen für **Produkte der Firma Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG.**

Dieser Katalog entspricht dem Stand zur Zeit der Drucklegung. **Technische Änderungen vorbehalten.**

Nachdrucke, fotomechanische Vervielfältigungen sowie Wiedergabe von Ausschnitten nur mit **Genehmigung der Firma Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG.**



Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG
Katalog
Hochpräzisionskugellager

Katalog-Nr. 40000805

Technische Informationen

... über das Produkt

- Spindelkugellager · Rillenkugellager · Hauptabmessungen 6
- Bauformen der Spindelkugellager 7-10
- Käfige 11
- Dichtungen · Werkstoffe 12
- Hybridlager mit Keramikugeln 13-15
- Genauigkeitsklassen und Toleranztabellen 16-20

... für die Lagerungskonstruktion

- Vorspannung, Steifigkeit, Abhebekraft 21-23
- Lageranordnungen 24-29
- Schmierung 30-31
- Genauigkeit der Umbauteile 32-33

... für die Lagerberechnung

- Berechnungsverfahren 34
- Nominelle und modifizierte Lebensdauer 35
- Statische Tragfähigkeit 36
- Schmierfettgebrauchsdauer 37
- Drehzahlgrenze/Korrekturfaktoren 38-39

... für den Lagereinbau

- Grundregeln für Aufbewahrung und Montage 40
- Schadensanalyse 40

Kugellagertabellen

Spindelkugellager

- Bezeichnungsschema der Spindelkugellager 41
- Vergleichstabelle mit anderen Herstellern 42
- Erklärung der Formelzeichen 43
- Lagermerkmale 44-61

Rillenkugellager

- Bezeichnungsschema der Rillenkugellager 62
- Erklärung der Formelzeichen 63
- Lagermerkmale 64-65

Sonderlösungen

Allgemeines

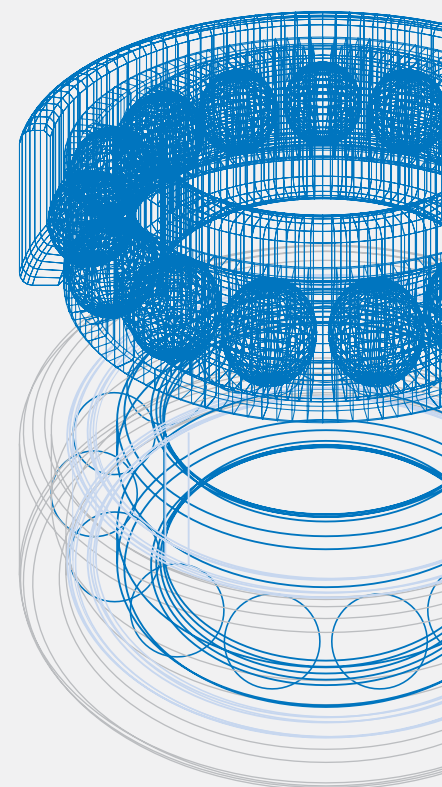
- Sonderlager/Einheiten 66
- Technologie 66
- Engineering/Service 66

Anwendungsbeispiele

- Vakuumtechnik 67
- Fanglager 67
- Messtechnik 67
- Maschinenbau 67

Anhang

- Fachbegriffe Deutsch-Englisch 68-70



Wenn der Katalog noch Fragen offen lässt ...

**... dann ist unsere Anwendungs-
technische Beratung für Sie da.**

Ob Sie Fragen zu Einsatz- und Liefermöglichkeiten, zu Belastungen, Drehzahlen oder Korrekturfaktoren haben – was immer für den technisch und wirtschaftlich optimalen Einsatz unserer Kugellager wichtig ist – wir helfen Ihnen gerne.

Rufen Sie uns an: +49 (0) 9 11 - 56 91- 2 29/2 25/2 17
Telefax: +49 (0) 9 11 - 56 91- 5 87
E-Mail: vertrieb.kula@gmn.de

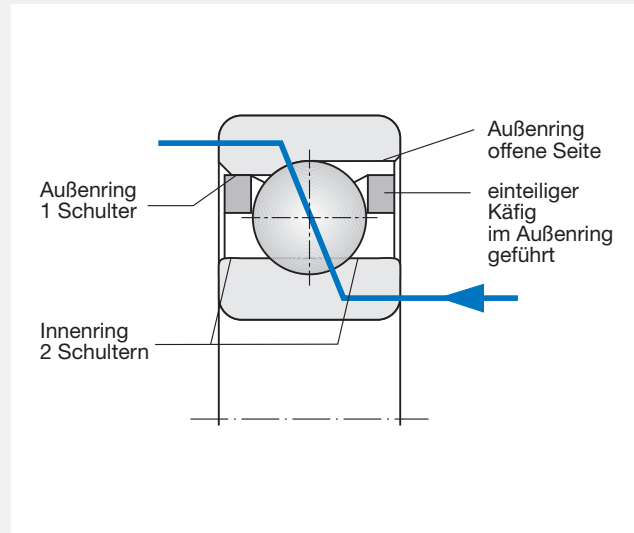
Spindelkugellager

Spindelkugellager sind Schrägkugellager.

Merkmale

- Aufnahme von axialen Belastungen nur in einer Richtung möglich
- Anstellung gegen ein zweites Lager ist notwendig
- Größere Zahl von Kugeln als beim Rillenkugellager
- Hohe Steifigkeit und Belastbarkeit
- Für sehr hohe Drehzahlen geeignet

Die Kräfte werden unter einem bestimmten Druckwinkel von einer Laufbahn auf die andere übertragen.

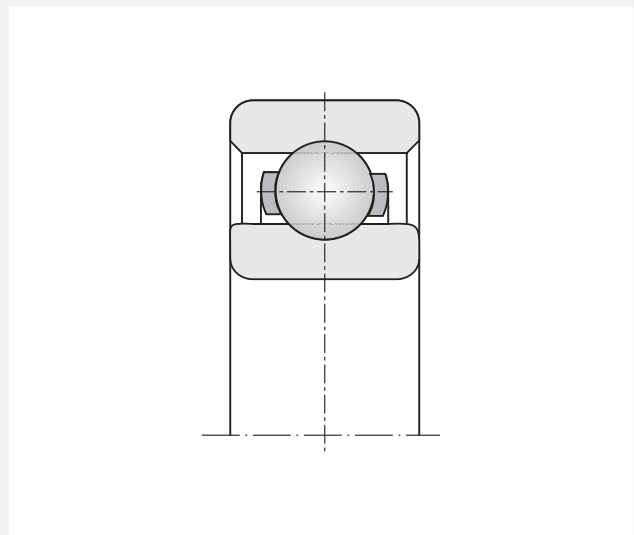


Rillenkugellager

Rillenkugellager sind Radial-Kugellager.

Merkmale:

- Aufnahme von axialen und radialen Belastungen in beiden Richtungen möglich
- Geeignet für hohe Drehzahlen



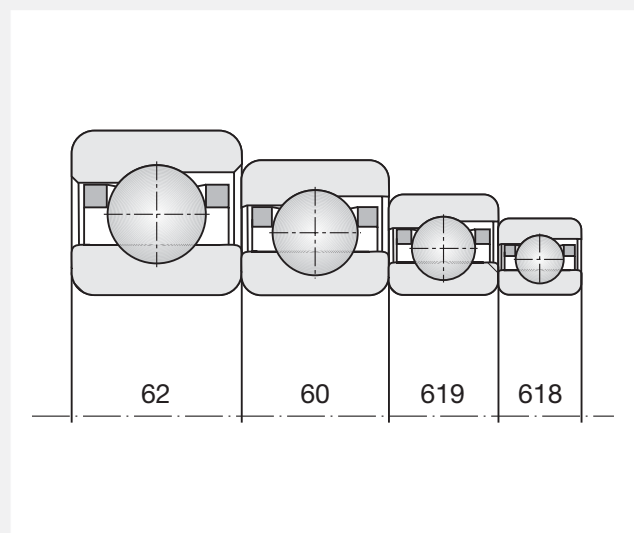
Hauptabmessungen

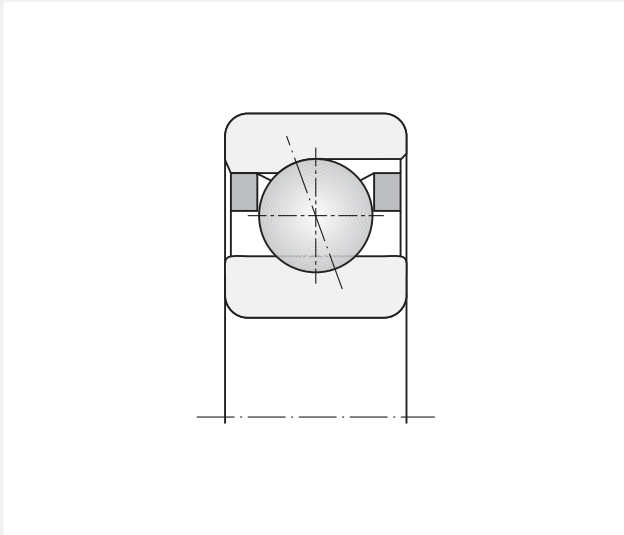
Die Hauptabmessungen der Kugellager sind in den Maßplänen nach DIN, ISO und ABMA-Standards festgelegt.

Jeder Lagerbohrung sind je nach Baureihe verschiedene Außendurchmesser und Breitenmaße zugeordnet.

Baureihen, die von GMN angeboten werden:

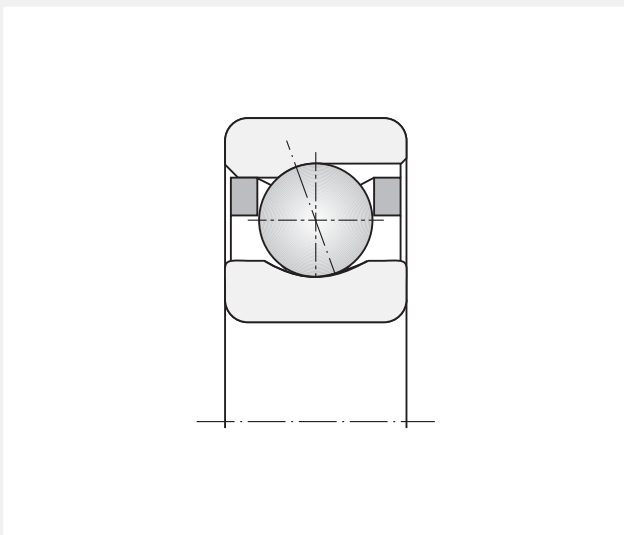
- Spindelkugellager: 618.., 619.., 60.., 62..
- Rillenkugellager: 60.., 62..





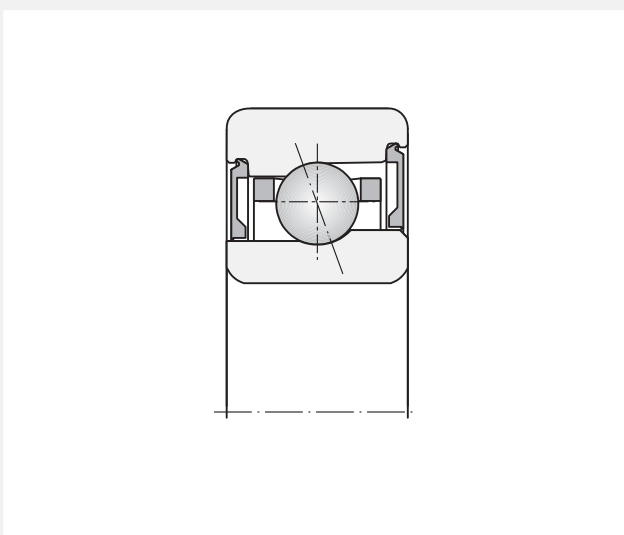
Bauform S ...

- GMN Standard-Spindelkugellager
- Nicht zerlegbar



Bauform SM ...

- Innenringgeometrie optimiert für höchste Drehzahlen
- Geringere Tragzahl und statische Steifigkeit als bei der Bauform S ...
- Gleiche oder höhere Gebrauchsdauer als bei der Bauform S ... durch niedrigere Reibung
- Nicht zerlegbar



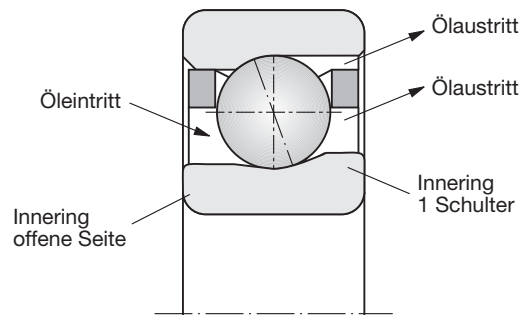
Bauform KH ...

- Optimiertes Spindelkugellager für höchste Drehzahlen und erhöhte Gebrauchsdauer
- Geringere Tragzahl und statische Steifigkeit als bei der Bauform SM
- Abgedichtet, mit Fett-Lebensdauerschmierung oder offen für Ölschmierung
- Nicht zerlegbar

Bauform SH ...

Sonderausführung der Bauform SM ...

- Optimierung der Ölzufuhr, am Innenring eine Schulter
- Drehzahlkennwert $n \cdot dm = 2,4 \cdot 10^6$ mm/min bei Kühlschmierung betriebssicher möglich
- Nicht zerlegbar
- Nur auf Anfrage lieferbar

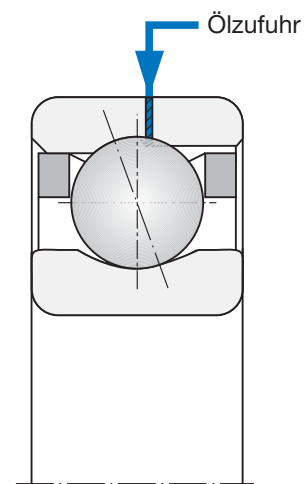


Lager dieser Bauform sind nur in den Genauigkeitsklassen HG, UP, P2 und ABEC 9 lieferbar

Bauform SMA ...

Sonderausführung der Bauform SM

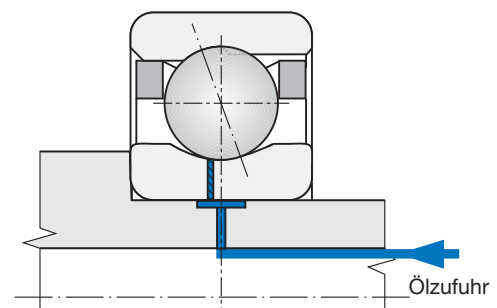
- Ölzufuhr durch Außenring
- Optimiert für Minimal-Mengenschmierung und höchste Drehzahlen
- Hohe Betriebssicherheit wird durch die Zwangszuführung des Schmierstoffs erzielt
- Nicht zerlegbar
- Nur auf Anfrage lieferbar



Bauform SMI ...

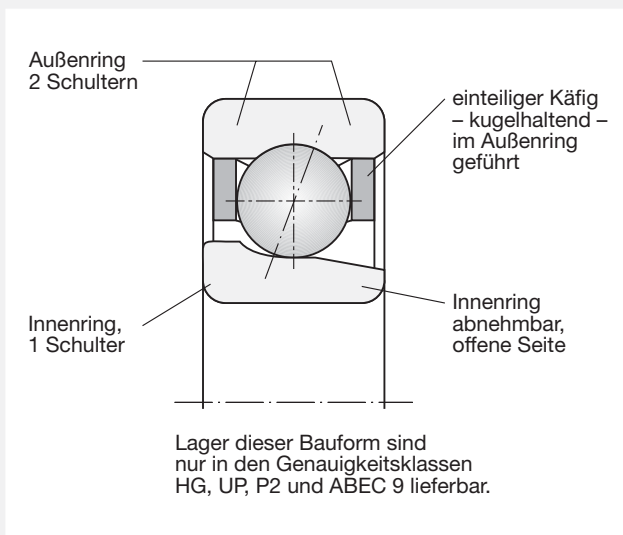
Sonderausführung der Bauform SM

- Ölzufuhr durch Innenring
- Optimiert für Minimal-Mengenschmierung und höchste Drehzahlen
- Hohe Betriebssicherheit wird durch die Zwangszuführung des Schmierstoffs erzielt
- Nicht zerlegbar
- Nur auf Anfrage lieferbar



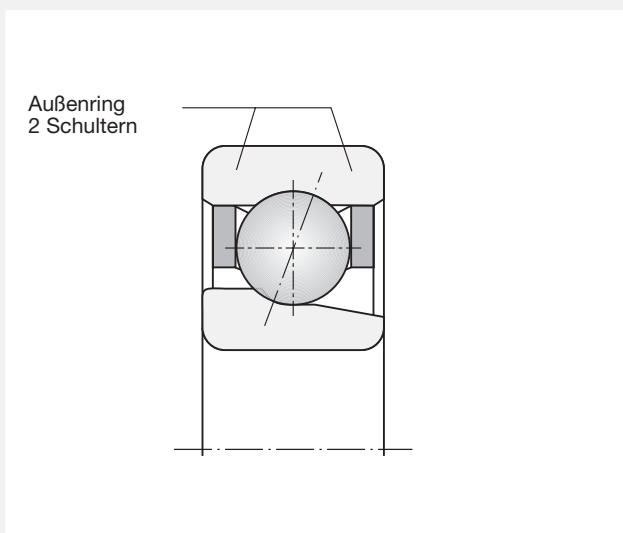
Zerlegbare Lager

- Einfache Montage durch getrennten Einbau von Innen- und Außenring (wenn erforderlich)
- Auswuchten der rotierenden Teile mit montiertem Innenring ist möglich
- Ein definierter Axialhub der Lagerung ist möglich



Bauform BHT ...

- Der Käfig hält die Kugeln im Außenring, das heißt, die Kugeln fallen bei Abnahme des einschultrigen Innenrings nicht heraus.
- Der einteilige Käfig wird in beiden Schultern des Außenrings geführt.
- Die Schmiegunig ist die gleiche wie bei der Bauform SM ...
- Durch die kugelhaltende Form des Käfigs wird die Kugelzahl des SM-Lagers nicht erreicht.



Bauform BNT ...

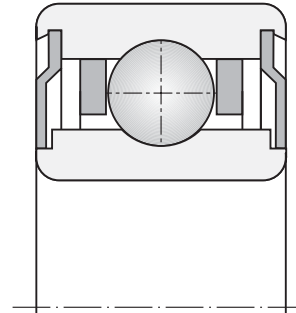
- Entspricht im wesentlichen der Bauform BHT...
- Jedoch ist die Schmiegunig die gleiche wie bei der Bauform S ...
- Durch die kugelhaltende Form des Käfigs wird die Kugelzahl des S-Lagers nicht erreicht.

Sonderbauformen

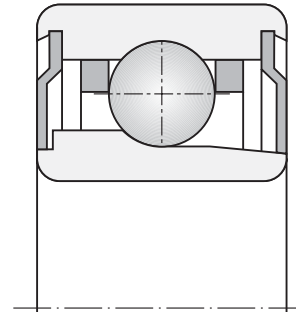
Nur auf Anfrage lieferbar

Bauform ...X und BHT ...X

- Nicht zerlegbar
- In Bohr-, Fräs- oder Schleifspindeln für besondere Arbeitsbedingungen werden Hochgenauigkeitskugellager in extra breiter Ausführung mit beidseitiger Abdeckung für hohe Drehzahlen und Fettschmierung eingesetzt.
- Die berührungslosen Deckscheiben bilden mit dem Einstich am Innenring eine Labyrinthdichtung.
- Die Reibung des Lagers wird dadurch nur unwesentlich beeinflusst. Durch das Labyrinth wird der Schmierstoff im Lager gehalten, so dass die Lager entsprechend der Drehzahl mit einer Fettfüllung (for-life-Schmierung) lange wartungsfreie Laufzeiten erreichen.



... X



BHT... X

Bauform S ...TB, SN ...TA

Bei fettgeschmierten Spindelkugellagern und Käfigführung auf einer Schulter kann es in kritischen Drehzahlbereichen zu Käfigschwingungen kommen.

Neben dem bei Käfigschwingungen bewährten **TXM** Käfig, gibt es zwei weitere Alternativen:

- 1. Verwendung des TB-Käfigs bei der Bauform S

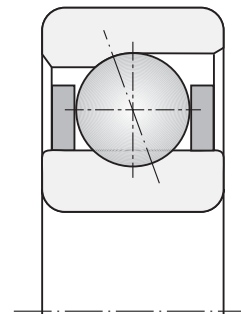
Der Käfig wird am Innenring auf zwei Schultern geführt.

Geringere Tragzahl und statische Steifigkeit als Spindellager mit TA oder TXM Käfig.

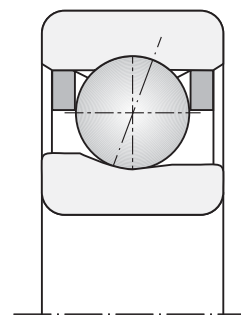
- 2. Verwendung der SN...Bauform

Es wird der TA-Käfig verwendet.
Der Käfig wird im Außenring auf zwei Schultern geführt.
Die Schmiegun ist die gleiche wie bei der Bauform SM.

Bitte nehmen Sie für die Lagerauswahl bei GMN Rücksprache.







S...TB







SN...TA

Käfige für Spindelkugellager

Käfig	TA 	TXM 	TAM 	TB 
Werkstoff	Hartgewebe	Polyetheretherketon (PEEK), Thermoplast, mit Kohlefasern verstärkt	Hartgewebe	Hartgewebe
Zulässige Betriebstemperatur	120 °C	250 °C	120 °C	120 °C
Käfigführung	im Außenring	im Außenring, kugelhaltend	im Außenring, kugelhaltend	auf Innenring
Fertigung	spanend	gespritzt	spanend	spanend
Bemerkungen	Standardkäfig	Entwickelt für Fettschmierung Fett bleibt im Bereich Kugel/Käfig haften; hohe Gebrauchsdauer; hohe Verschleißfestigkeit; gute Alternative bei Käfigschwingungen		geringere Tragzahl als Lager mit TA-Käfig
Einbau	für Bauformen S, SM, KH, SH, SMI und SMA	für Bauform S, SM	für Bauformen BHT und BNT	auf Anfrage

Käfige aus Sonderwerkstoff und mit Sonderbehandlung wie Torlon, Al-Bronze versilbert sowie Sonderbauformen sind auf Anfrage lieferbar.

Käfige für Rillenkugellager

Käfig	T9H 	TBH 	J 	TA, TB 
Werkstoff	Polyamid glasfaserverstärkt	Hartgewebe	Stahlblech	Hartgewebe
Zulässige Betriebstemperatur	140 °C	120 °C	220 °C	120 °C
Ausführung	einteilig, Kronenkäfig	einteilig, Kronenkäfig	zweiteilig, gelappt oder genietet	zweiteilig, genietet

Käfige aus Sonderwerkstoff wie Al-Bronze, Canevasit, Torlon, PEEK u.a. sind auf Anfrage lieferbar.

Dichtungen

Für lange, wartungsfreie Laufzeiten werden Rillenkugellager und Spindelkugellager betriebsfertig gefettet (for-life-Schmierung) und abgedichtet.

Spindelkugellager werden mit berührungslosen Dichtscheiben „RZ“ (selbsthaltend) und Rillenkugellager mit Deckscheiben aus Stahlblech „Z“ (Befestigung im Außenring mit Sprengring) abgedichtet.

Vorteile

- Einfache Konstruktionen möglich
- Schutz vor Eindringen von Schmutzpartikeln
- Schutz vor Austreten des Schmierstoffes

Werkstoffe

Kugellager – Ringe

- Standard:
Vakuumentgaster Chromstahl 100 Cr 6
(entspricht Werkst.-Nr. 1.3505, SAE 52100, SUJ2)
Wärmestabilisiert bis zu einer Betriebstemperatur von 150 °C
- HNS-Stähle (High Nitrogen Steel):
kommen bei Anwendungen zum Einsatz die
– höhere Drehzahlen
– höhere Verschleißbeständigkeit
– höhere Belastbarkeit
– höhere Wärmefestigkeit
– höhere Korrosionsbeständigkeit fordern
(auf Anfrage)
- Für höhere Temperaturen bis 500 °C:
warmfester Stahl (auf Anfrage)

Kugeln

- Standard:
Vakuumentgaster Chromstahl 100 Cr 6
(entspricht Werkst.-Nr. 1.3505, SAE 52100, SUJ2)
- Keramischer Werkstoff Siliziumnitrid Si_3N_4
- Für höhere Temperaturen bis 500 °C:
warmfester Stahl (auf Anfrage)

Hybridlager mit Keramikugeln

Hybrid-Kugellager, deren Ringe aus Stahl und Kugeln aus Keramik bestehen, sind heute in vielen Anwendungsgebieten unverzichtbar geworden. In zahlreichen Prüfstandtests und erfolgreichen Einsätzen in der Praxis wurden die Vorteile eindeutig nachgewiesen.

Eigenschaften von Keramik

Der keramische Werkstoff Siliziumnitrid Si_3N_4 eignet sich als Kugelwerkstoff hervorragend für den Einsatz in Präzisionskugellagern. Einen Vergleich zwischen Siliziumnitrid und dem konventionellen Wälzlagerstahl 100 Cr 6 zeigt das Diagramm 1.

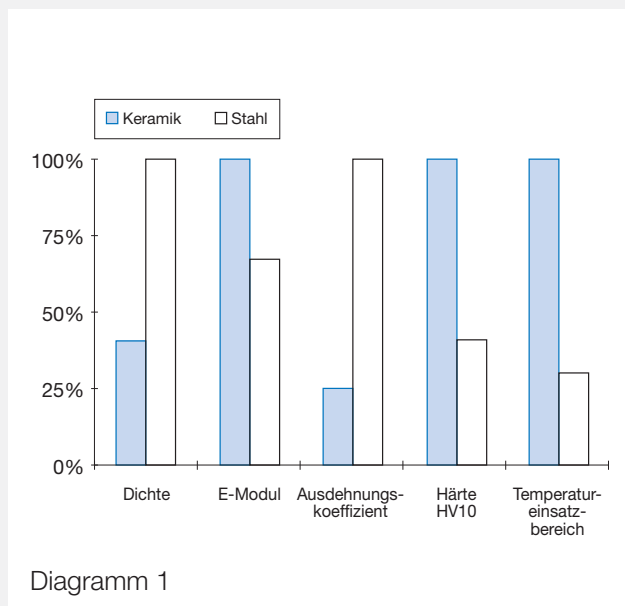
Weitere Vorteile von Keramik sind:

- Geringe Affinität zu 100 Cr 6
- Niedriger Reibungskoeffizient
- Geringe Wärmeleitfähigkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- Kein Magnetismus
- Elektrisch isolierend

Vorteile für den Anwender

Längere Gebrauchsdauer

Erfahrungsgemäß kann mit Hybridlagern die **doppelte Gebrauchsdauer**, im Vergleich zu konventionellen Lagern, erreicht werden. Je nach Betriebsbedingungen lassen sich wesentlich höhere Laufzeiten erzielen.



Eigenschaften (bei Raumtemperatur)	Einheit	Keramik Si_3N_4	Wälzlagerstahl 100 Cr 6
Dichte	g/cm^3	3,2	7,8
Ausdehnungskoeffizient	$10^{-6}/\text{K}$	3,2	11,5
Elastizitätsmodul	GPa	315	210
Poisson'sche Zahl	–	0,26	0,3
Härte (Vickers) HV10	–	1600	700
Zugfestigkeit	MPa	700	2500
Bruchzähigkeit	$\text{MPa m}^{0,5}$	7	20
Wärmeleitfähigkeit	W/mK	30-35	40-45
Spez. elektr. Widerstand	$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	$10^{17} - 10^{18}$	0,1-1

Eigenschaften von Siliziumnitrid und Wälzlagerstahl

Die Gründe hierfür sind:

- **Geringerer adhäsiver Verschleiß**
Die geringere Affinität zu Stahl reduziert den adhäsiven Verschleiß, der durch die Kaltverschweißungen der Rauigkeitsspitzen von Laufbahn und Kugel entsteht.
- **Geringerer abrasiver Verschleiß**
Bei Stahlkugeln drücken sich Verunreinigungen und Partikel aus dem Einlaufvorgang in die Oberfläche ein. Bei jeder Kugelumdrehung schädigen diese Fremdkörper die Laufbahn. In die äußerst harte Keramikugel können die Teilchen kaum eindringen.
- **Unempfindlicher gegen Mangelschmierung**
Die geringere Adhäsion und Reibung verleihen dem Hybridlager gute Notlaufeigenschaften und machen es unempfindlicher gegen Mangelschmierung.
- **Längere Fettgebrauchsdauer**
Die niedrige Betriebstemperatur und die günstigen tribologischen Eigenschaften verlängern die Fettgebrauchsdauer.

Höhere Drehzahlen

Die erreichbaren Drehzahlen hängen vor allem von den thermischen Bedingungen im Lager ab. Das Hybridlager hat wegen der geringeren Reibung weniger Verlustleistung. Dadurch wird die Drehzahlgrenze deutlich erhöht. Je nach Anwendung, lassen sich Drehzahlsteigerungen bis zu 30% gegenüber Lagern mit Stahlkugeln realisieren.

- **Geringere Rollreibung**

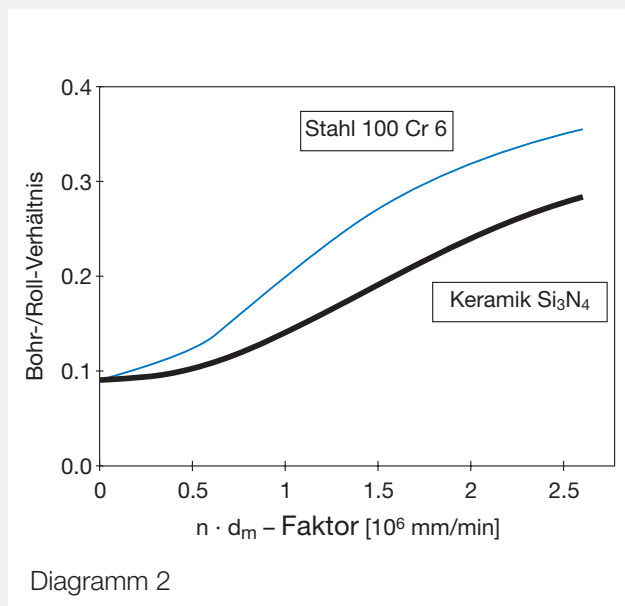
Die Rollreibung wird reduziert, da die Fliehkraft der leichteren Keramikugel kleiner ist. Durch den höheren E-Modul wird die Druckellipse kleiner.

- **Geringere Gleitreibung zwischen Kugel und Laufbahn**

Bei hohen Drehzahlen hat die Gleitreibung den stärksten Einfluss auf die Gesamtreibung. Ein Kriterium für die Gleitreibung ist ein niedriges Bohr-/Roll-Verhältnis. Bei Werten über 0,25 beginnt der Bereich des schädlichen Einflusses auf die Gebrauchsdauer. Das Diagramm 2 zeigt die Vorteile der Keramikugel.

- **Vermeiden von Kugelgleiten**

Die Kugeln gleiten auf der Laufbahn, wenn die Anstellkraft zwischen den Ringen zu gering ist. Dieser schädliche Vorgang tritt auf, wenn die Lager zu niedrig vorgespannt sind oder zu hohe Beschleunigungen auftreten. Die Mindestvorspannung kann bei Hybridlagern verkleinert werden, da diese ein kleineres Trägheitsmoment haben und ein geringeres Kreiselmoment erzeugen.



Kostengünstigere Schmierung

- **Fettschmierung** kann in höheren Drehzahlbereichen Verwendung finden.
- Die Drehzahlgrenze der **Öl-Minimalschmierung** steigt deutlich. In vielen Fällen wird auf die sehr aufwendige Öl-Einspritzschmierung verzichtet.

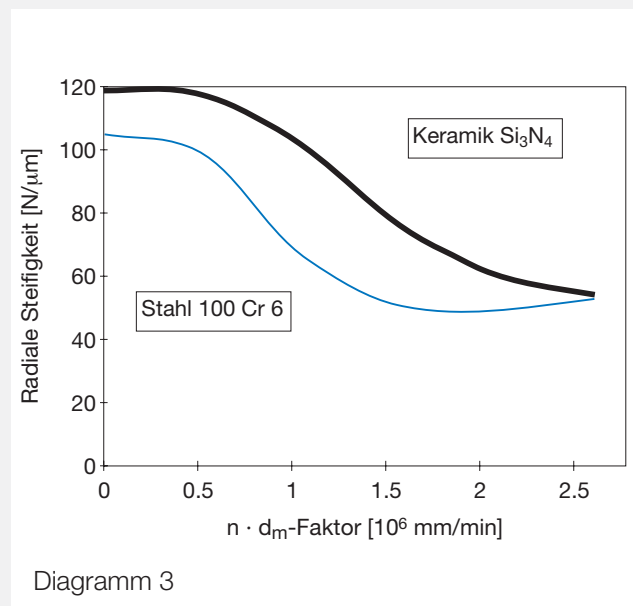
Höhere Steifigkeit

- Die radiale Steifigkeit der Keramik-Hybrid-Lager ist bei niedrigen Drehzahlen um ca. 15% höher. Grund dafür ist der höhere E-Modul.
- Bei hohen Drehzahlen beeinflusst die Fliehkraft die innere Kraftverteilung und die dynamische Steifigkeit nimmt ab. Das Diagramm 3 zeigt den verminderten Steifigkeitsabfall der Hybridlager.
- Eine hohe Steifigkeit verbessert die Genauigkeit und verlagert die kritische Eigenfrequenz der Lagerung.

Bessere Bearbeitungsgenauigkeit

Folgende Gründe führen zu einer Verbesserung der Oberflächengüte und Genauigkeit des bearbeiteten Werkstückes:

- Höhere Lagerungssteifigkeit
- Niedrigere Wärmeausdehnungen
- Geringe Schwingungsanregung durch die Keramikugeln



Tragzahlen

Nach der DIN/ISO Norm sind keine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Tragzahlen von Hybridlagern festgelegt. Würde die klassische Ermüdungstheorie verwendet werden, wären die Tragzahlen und die Lebensdauer niedriger als bei Stahlkugeln. Die Praxiserfahrungen zeigen jedoch, daß die tatsächliche Gebrauchsdauer deutlich länger ist. Aus diesem Grund verwendet GMN die gleichen Tragzahlen wie für konventionelle Lager.



Anwendungsbeispiele

- **Werkzeugmaschinen spindle:**
Modernste Bearbeitungsverfahren, wie z.B. Hochgeschwindigkeitszerspanung, erfordern neue Lagerungskonzepte für Spindeln. Durch die Verwendung von Keramik-Hybrid-Lagern können deutliche Leistungssteigerungen erreicht werden. Auch in vielen von GMN für den Eigenbedarf gefertigten Spindeln sind die Hybridlager seit Jahren erfolgreich im Einsatz.
- **Sonderlagerungen:**
Bei z.B. Vakuumpumpen werden sehr hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Lager gestellt, da Ausfälle zu hohen Folgekosten führen können. Bei kugelgelagerten Pumpen werden heute überwiegend Hybridlager eingesetzt.

Weitere Anwendungen sind:

- Medizinische Geräte wie Röntgenröhrenlagerungen
- Fanglager für Magnetlager
- Lager für Luft- und Raumfahrt

Zusammenfassung

Keramik-Hybrid-Lager sind oft die technische und wirtschaftliche Alternative, wenn konventionelle Kugellager nicht mehr geeignet sind. Dabei sollte immer das Gesamtsystem betrachtet und eine Schwachstellenanalyse durchgeführt werden. GMN steht Ihnen mit seiner Erfahrung gerne zur Verfügung.

Genauigkeitsklassen

Die Toleranzen der Maß-, Form- und Laufgenauigkeit von GMN-Hochpräzisions-Kugellagern sind in internationalen (ISO 492) und nationalen Normen (DIN 620) festgelegt. GMN-Hochpräzisions-Kugellager werden in den Genauigkeitsklassen class 4 und class 2 (P4 - P2) sowie ABEC 7 – ABEC 9 gefertigt.

Für besondere Lagerungsfälle, z.B. Turbomolekularpumpen, Kreisel sowie für Meßtechnik und Optik, fertigt GMN Lager in den internen Toleranzklassen HG (Hochgenau) und UP (Ultrapräzision). Die Toleranzklassen beinhalten neben den genannten Anforderungen zusätzliche Auswahlkriterien.

Innenring Abmaße in µm

d Nenn Durchmesser der Bohrung [mm]	über bis	2,5 10	10 18	18 30	30 50	50 80
Δ_{dmp} Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene	P4 HG UP P2	0-4,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-4,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-5,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-6,0 0-5,0 0-3,0 0-2,5	0-7,0 0-5,0 0-4,0 0-4,0
Δ_{ds} Lagerreihe 60, 62 Unterschied zwischen einem einzelnen Bohrungsdurchmesser und dem Nennwert der Bohrung	P4 HG UP P2	0-4,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-4,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-5,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-6,0 0-5,0 0-3,0 0-2,5	0-7,0 0-5,0 0-4,0 0-4,0
$V_{dp \max}$ Lagerreihe 618, 619 Unterschied zwischen größtem und kleinstem Bohrungsdurchmesser in einer Ebene – Unrundheit	P4 HG UP P2	4,0 3,0 3,0 2,5	4,0 3,0 3,0 2,5	5,0 3,0 3,0 2,5	6,0 5,0 3,0 2,5	7,0 5,0 4,0 2,5
$V_{dp \max}$ Lagerreihe 60 Unterschied zwischen größtem und kleinstem Bohrungsdurchmesser in einer Ebene – Unrundheit	P4 HG UP P2	3,0 3,0 3,0 2,5	3,0 3,0 3,0 2,5	4,0 3,0 3,0 2,5	5,0 5,0 3,0 2,5	5,0 5,0 4,0 4,0
$V_{dp \max}$ Lagerreihe 62 Unterschied zwischen größtem und kleinstem Bohrungsdurchmesser in einer Ebene – Unrundheit	P4 HG UP P2	3,0 3,0 3,0 2,5	3,0 3,0 3,0 2,5	4,0 3,0 3,0 2,5	5,0 5,0 3,0 2,5	5,0 5,0 4,0 4,0
$V_{dmp \max}$ Unterschied zwischen größtem und kleinstem mittleren Bohrungsdurchmesser in verschiedenen Ebenen – Konizität	P4 HG UP P2	2,0 2,0 2,0 1,5	2,0 2,0 2,0 1,5	2,5 2,0 2,0 1,5	3,0 3,0 2,0 1,5	3,5 3,0 2,5 2,0
$K_{ia \max}$ Rundlauf des Innenrings am zusammengebauten Lager – Radialschlag	P4 HG UP P2	2,5 2,0 1,5 1,5	2,5 2,0 1,5 1,5	3,0 2,0 1,5 2,5	4,0 2,0 2,0 2,5	4,0 3,0 2,0 2,5
$S_{d \max}$ Planlauf des Innenrings – Seitenschlag	P4 HG UP P2	3,0 3,0 2,0 1,5	3,0 3,0 2,0 1,5	4,0 3,0 2,0 1,5	4,0 4,0 2,0 1,5	5,0 4,0 2,0 1,5
$S_{ia \max}$ Planlauf der Stirnseite, bezogen auf die Laufbahn, am zusammengebauten Lager – Axialschlag	P4 HG UP P2	3,0 3,0 2,0 1,5	3,0 3,0 2,0 1,5	4,0 4,0 2,5 2,5	4,0 4,0 2,5 2,5	4,0 4,0 2,5 2,5
Δ_{BS} Einzellager Abweichung einer einzelnen Innenringbreite vom Nennmaß – Breitentoleranz	P4 HG UP P2	0- 40 0- 40 0- 25 0- 40	0- 80 0- 80 0- 80 0- 80	0-120 0-120 0-120 0-120	0-120 0-120 0-120 0-120	0-150 0-150 0-150 0-150
Δ_{BS} gepaarte Lager Abweichung einer einzelnen Innenringbreite vom Nennmaß – Breitentoleranz	P4 HG UP P2	0-250 0-250 0-250 0-250	0-250 0-250 0-250 0-250	0-250 0-250 0-250 0-250	0-250 0-250 0-250 0-250	0-250 0-250 0-250 0-250
$V_{BS \max}$ Schwankung der Innenringbreite – Breitenschwankung	P4 HG UP P2	2,5 2,0 2,0 1,5	2,5 2,0 2,0 1,5	2,5 2,0 2,0 1,5	3,0 2,0 2,0 1,5	4,0 2,0 2,0 1,5

Alle GMN-Hochpräzisions-Kugellager werden auch nach den amerikanischen ABMA-Standards geliefert. Der Zusammenhang verschiedener Normen ist nachstehend erläutert.

ISO	DIN	ABMA
class 4	P4	ABEC7
class 2	P2	ABEC9

Die folgenden Toleranzsymbole sind in DIN ISO 1132-1 genormt.

Außenring Abmaße in μm

D Nenn Durchmesser des Außendurchmessers (mm)	über bis	6 18	18 30	30 50	50 80	80 120
Δ_{Dmp} Abweichung des mittleren Manteldurchmessers in einer Ebene	P4 HG UP P2	0-4,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-5,0 0-3,0 0-3,0 0-4,0	0-6,0 0-3,0 0-3,0 0-4,0	0-7,0 0-4,0 0-4,0 0-4,0	0-8,0 0-4,0 0-4,0 0-5,0
Δ_{Ds} Lagerreihe 60, 62 Unterschied zwischen einem einzelnen Außendurchmesser und dem Nennwert	P4 HG UP P2	0-4,0 0-3,0 0-3,0 0-2,5	0-5,0 0-3,0 0-3,0 0-4,0	0-6,0 0-3,0 0-3,0 0-4,0	0-7,0 0-4,0 0-4,0 0-4,0	0-8,0 0-4,0 0-4,0 0-5,0
$V_{Dp \max}$ Lagerreihe 618, 619 Unterschied zwischen größtem und kleinstem Außendurchmesser in einer Ebene – Unrundheit	P4 HG UP P2	4,0 2,0 2,0 2,5	5,0 2,0 2,0 4,0	6,0 2,0 2,0 4,0	7,0 4,0 4,0 4,0	8,0 4,0 4,0 5,0
$V_{Dp \max}$ Lagerreihe 60* Unterschied zwischen größtem und kleinstem Außendurchmesser in einer Ebene – Unrundheit	P4 HG UP P2	3,0 2,0 2,0 2,5	4,0 2,0 2,0 4,0	5,0 2,0 2,0 4,0	5,0 4,0 4,0 4,0	6,0 4,0 4,0 5,0
$V_{Dp \max}$ Lagerreihe 62* Unterschied zwischen größtem und kleinstem Außendurchmesser in einer Ebene – Unrundheit	P4 HG UP P2	3,0 2,0 2,0 2,5	4,0 2,0 2,0 4,0	5,0 2,0 2,0 4,0	5,0 4,0 4,0 4,0	6,0 4,0 4,0 5,0
$V_{Dmp \max}$ Schwankung des mittleren Außendurchmessers in verschiedenen Ebenen – Konizität	P4 HG UP P2	2,0 1,0 1,0 1,5	2,5 1,0 1,0 2,0	3,0 1,0 1,0 2,0	3,5 2,0 2,0 2,0	4,0 2,0 2,0 2,5
$K_{ea \max}$ Rundlauf des Außenrings am zusammengebauten Lager – Radialschlag	P4 HG UP P2	3,0 2,0 2,0 1,5	4,0 2,0 2,0 2,5	5,0 2,0 2,0 2,5	5,0 3,0 3,0 4,0	6,0 3,0 3,0 5,0
$S_{D \max}$ Schwankung der Neigung der Mantellinie gegenüber der Bezugsseitenfläche – Seitenschlag	P4 HG UP P2	4,0 4,0 2,0 1,5	4,0 4,0 2,0 1,5	4,0 4,0 2,0 1,5	4,0 4,0 2,0 1,5	5,0 5,0 2,5 2,5
$S_{ea \max}$ Planlauf der Stirnseite, bezogen auf die Laufbahn, am zusammengebauten Lager – Axialschlag	P4 HG UP P2	5,0 5,0 2,0 1,5	5,0 5,0 2,0 2,5	5,0 5,0 2,0 2,5	5,0 5,0 2,0 4,0	6,0 5,0 2,5 5,0
Δ_{cs} Abweichung einer einzelnen Außenringbreite vom Nennmaß – Breitertoleranz	P4 HG UP P2	Identisch mit Δ_{bs} für den Innenring desselben Lagers				
$V_{cs \max}$ Schwankung der Außenringbreite – Breitenschwankung Breitertoleranz	P4 HG UP P2	2,5 2,0 2,0 1,5	2,5 2,0 2,0 1,5	2,5 2,0 2,0 1,5	3,0 2,0 2,0 1,5	4,0 2,0 2,0 1,5

* Für Lager mit Deckscheiben (Z, ZZ) sind keine Werte genormt.

Berührungswinkel α (Kontaktwinkel)

Der Berührungswinkel wird durch die Gerade zwischen den Berührungspunkten Kugel/Laufbahn und der Radialebene bestimmt.

Äußere Belastungen werden in Richtung dieser Geraden von einem Lagerring auf den anderen übertragen.

Der Berührungswinkel ist abhängig von Radialspiel und Schmiegun. Eine gleichmäßige Lastverteilung auf 2 oder mehrere Lager ist nur gegeben, wenn alle Lager den gleichen Berührungswinkel haben. GMN liefert derartig ausgesuchte und dokumentierte Lagerpaare auf Anfrage.

Beim Einsatz derartiger Lager muss gewährleistet sein, dass sich nach dem Einbau und Einstellen der Betriebsbedingungen wieder gleiche Betriebsberührungswinkel für beide Lager ergeben.

Der Berührungswinkel ist konstruktiv festgelegt und ändert sich im Betrieb mit der Drehzahl, den äußeren Kräften und der Temperaturdifferenz von Innenring zu Außenring.

Bei zunehmendem Berührungswinkel

- nimmt die Drehzahlgrenze ab
- nimmt die radiale Steifigkeit ab
- nimmt die axiale Steifigkeit zu

GMN bietet standardmäßig 15° und 25° an.

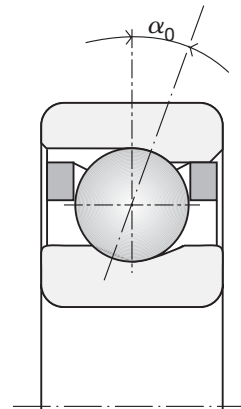
Andere Berührungswinkel sind auf Anfrage lieferbar.

Lagerluft

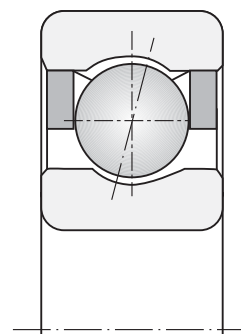
Unter Lagerluft wird das Maß verstanden, um das sich ein Lagerring gegenüber dem anderen von einer Grenzlage in die andere ohne Messbelastung verschieben lässt.

- Radiale Lagerluft: Verschiebung in radialer Richtung
- Axiale Lagerluft: Verschiebung in axialer Richtung

Die Lagerluft ist kein Qualitätsmerkmal.



α_0 = Nennkontaktwinkel



Form- und Laufgenauigkeit

Niedriger Vibrationspegel und hohe Laufgenauigkeit werden über eine stichprobenartige Überwachung der Ringe und Kugeln gewährleistet.

Mit Hilfe modernster Messgeräte werden Formgenauigkeit und Oberflächengüte geprüft, die Schlagwerte der montierten Lager werden zu 100% kontrolliert.

Körperschall - Vibration

Der Körperschallpegel ist u.a. abhängig von:

- Formgenauigkeit und Oberflächengüte der Laufbahnen und Kugeln
- Käfigausführung
- Sauberkeit und Art der Schmierung

Eine Körperschallprüfung wird bei GMN-Hochpräzisions-Kugellagern zu 100% durchgeführt. Die stichprobenweise regelmäßig durchgeführte Spektralanalyse liefert exakten Aufschluss über Innenring-, Außenring- und Kugelwelligkeiten. Das Körperschallspektrum eines Kugellagers ist im Wesentlichen diskret, die dominierenden Frequenzen sind konstruktionsbedingt.

Die lagerspezifischen Frequenzen eines Lagers lassen sich anhand der nebenstehenden Formeln berechnen.

Neben modernsten Fertigungsmaschinen sichert eine ständige Fertigungsüberwachung die gleichmäßig hohe Qualität der GMN-Hochpräzisions-Kugellager. Aufwendige Messsysteme und Qualitätssicherungsmethoden gewährleisten ein Höchstmaß an Genauigkeit, geringe Reibung, hohe Laufruhe, höchste Drehzahlen und lange Gebrauchsdauer.

Die Kugeldurchlauffrequenz f_{AR} am Außenring

$$f_{AR} = \frac{Z}{2} \cdot f_i \cdot \left(1 - \frac{D_w}{T} \cos \alpha_0\right) [1/\text{sec}]$$

Die Kugeldurchlauffrequenz f_{iR} am Innenring

$$f_{iR} = \frac{Z}{2} \cdot f_i \cdot \left(1 + \frac{D_w}{T} \cos \alpha_0\right) [1/\text{sec}]$$

Die Kugelumlauffrequenz f_w

$$f_w = \frac{f_i}{2} \cdot \left(\frac{T}{D_w} - \frac{D_w}{T} \cos^2 \alpha_0\right) [1/\text{sec}]$$

Die Käfigfrequenz f_K

$$f_K = \frac{f_i}{2} \cdot \left(1 - \frac{D_w}{T} \cos \alpha_0\right) [1/\text{sec}]$$

f_i = Wellenfrequenz in 1/sec
 D_w = Kugeldurchmesser in mm
 T = Teilkreisdurchmesser in mm
 Z = Anzahl der Kugeln
 α_0 = Berührungswinkel

Radialschlag

Die Einhaltung des in den einzelnen Normen festgelegten Radialschlags von Innen- und Außenring wird zu 100% überwacht. Auf Wunsch wird die höchste Stelle (größte Wandstärke) durch einen Punkt auf der

Planfläche markiert. Dies ist für den Anwender eine zusätzliche Hilfe, um den Taumelschlag der Welle zu minimieren.

Abstimmgenauigkeit

Die Abstimmgenauigkeit von $\pm 2 \mu\text{m}$ für ein Einzellager gewährleistet in der Serie eine gleichmäßige Lastaufnahme und eine gleichmäßige Betriebstemperatur. Auf Wunsch stellt GMN Lagerpaare mit einer erhöhten

Abstimmgenauigkeit ($\pm 1 \mu\text{m}$) zur Verfügung. Bei Vorgabe der Paarung nach DB, DF oder DT für Lagerpaare oder -gruppen ab der Genauigkeitsklasse HG erfolgt eine Paarungsoptimierung.

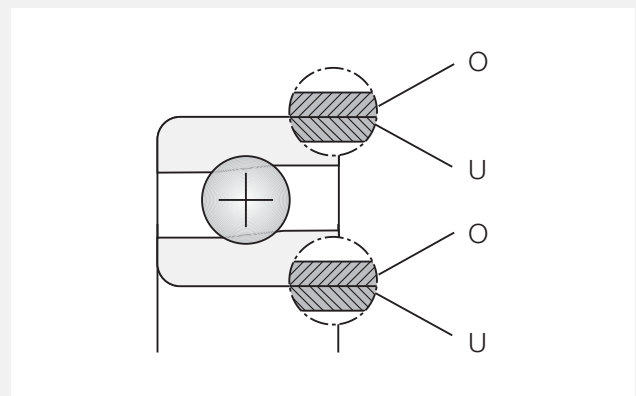
Sortierung

Nehmen zwei oder mehrere gepaarte Kugellager eine Last gemeinsam auf, so sollten die Bohrungs- und Manteldurchmesser möglichst gleiche Istmaße aufweisen. Durch die selektive Paarung von Bohrungs- und Außendurchmesser wird der Einbau auf die Welle und ins Gehäuse erleichtert. Auf besonderen Wunsch unterteilt GMN daher die Toleranzen von Bohrung und Mantel. Das Zusatzzeichen hierzu lautet X.

Toleranzen kleiner als $3 \mu\text{m}$ werden nicht unterteilt. Die Sortierungsgruppen können aus fertigungstechnischen Gründen nur ausgesucht, aber nicht gesondert gefertigt werden. Auf der Verpackung werden die Gruppen wie folgt gekennzeichnet:

Sortierung	Bohrung	Mantel
X11	O	O
X12	O	U
X21	U	O
X22	U	U
X10	O	-
X20	U	-

O = obere Toleranzhälfte
 - = keine Unterteilung
 U = untere Toleranzhälfte



Vorspannung

Die Vorspannung wird definiert als ständig wirkende axiale Belastung eines Kugellagers.

Die Vorteile der Vorspannung:

- Hohe Laufgenauigkeit und niedriger Vibrationspegel der Lagerung, da das Lagerspiel aufgehoben wird
- Reduzierung der Federung (Diagramm 1)
- Erhöhung der Steifigkeit des Kugellagers (Diagramm 2)
- Reduzierung der Gleitreibungsanteile bei hohen Drehzahlen, da die Berührungswinkeländerung zwischen Innen- und Außenring geringer wird. Ein Maß für die Gleitreibungsanteile ist das Bohr-/Roll-Verhältnis (Diagramm 3, Seite 22)
- Verhindert das Kugelgleiten bei sehr hohen Beschleunigungen
- Steigert die Tragfähigkeit der Lagerung

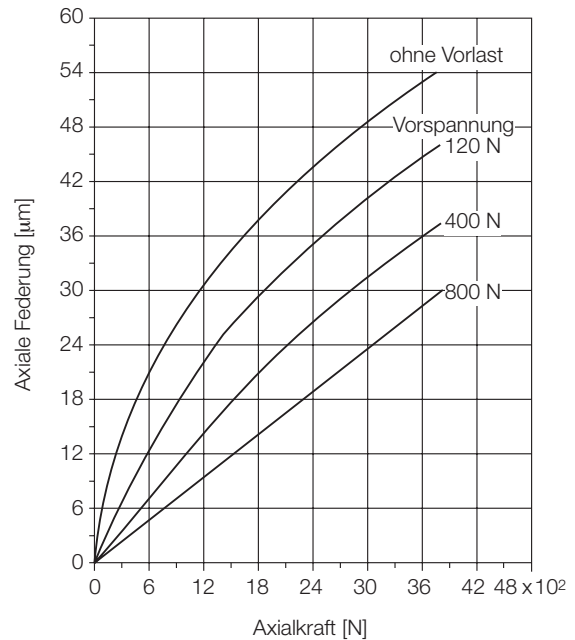


Diagramm 1

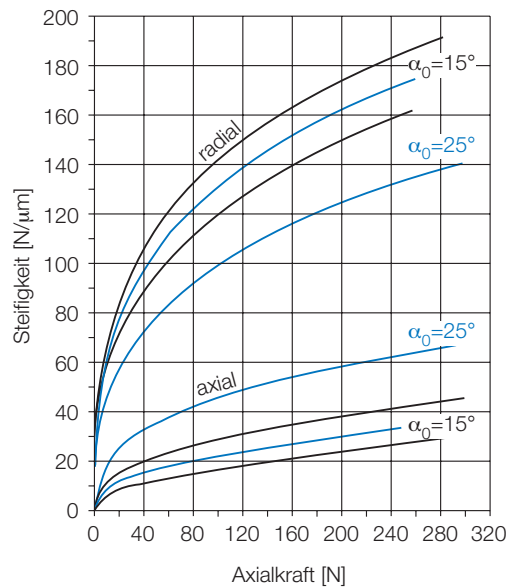


Diagramm 2

Steifigkeit

Die Steifigkeit wird definiert als äußere Belastung eines Kugellagers, die eine Verschiebung der Lagerringe zueinander um 1 μm verursacht.

Die Werte der axialen Steifigkeiten sind aus den Kugellager-Tabellen zu entnehmen.

Abhebekraft

Die Abhebekraft ist der Grenzwert der äußeren axialen Belastung, oberhalb der die Wirkung der Vorspannung beim entlasteten Kugellager aufgehoben wird. Voraussetzung ist ein wechselseitig vorgespannter Kugellagersatz.

Auswirkungen, wenn die äußere Belastung die Abhebekraft überschreitet:

- Die Kugeln und die Laufbahnen des entlasteten Kugellagers sind nicht mehr ständig im Kontakt
- Der Verschleiß steigt an, da die Gleitreibung zunimmt

Die Werte der Abhebekraft sind aus den Kugellager-Tabellen zu entnehmen.

Mindestvorspannung bei hohen Drehzahlen

Eine Mindestvorspannung bei hohen Drehzahlen ist notwendig, damit die Gleitreibungsanteile begrenzt werden.

Auswirkungen, wenn die Mindestvorspannung unterschritten wird:

- Die Kugeln und die Laufbahnen sind nicht mehr ständig in Kontakt
- Der Verschleiß steigt an, da die Gleitreibung zunimmt
- Verringerung der Gebrauchsdauer

Die Werte der Mindestvorspannung sind aus den Kugellager-Tabellen zu entnehmen.

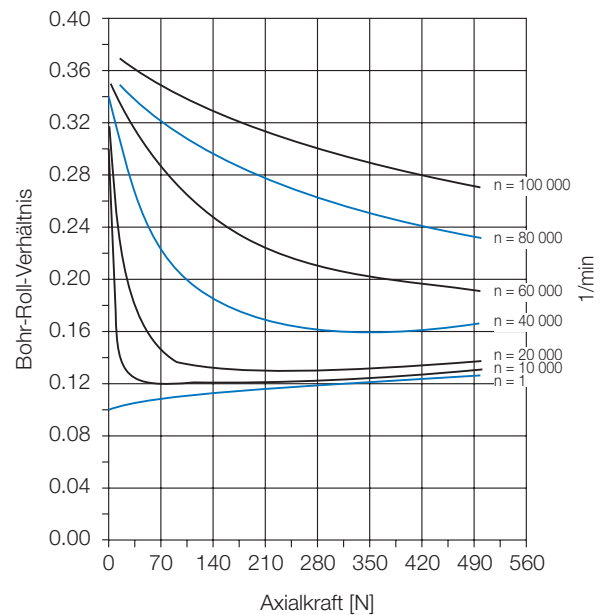


Diagramm 3

Vorspannungsarten

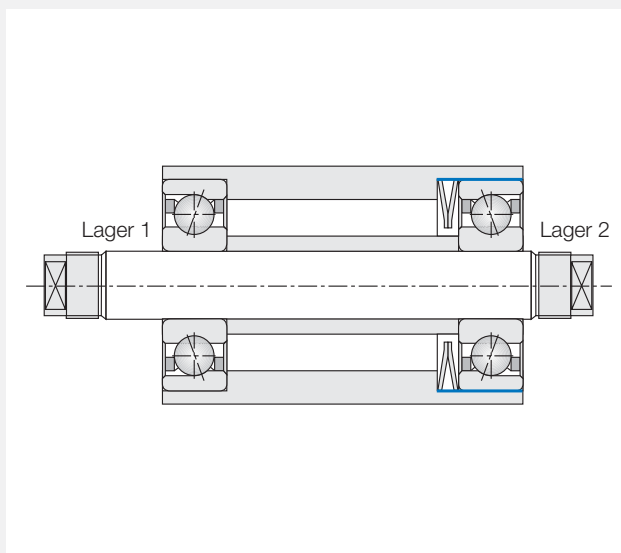
Federvorspannung

Merkmale:

- Unempfindlich gegen unterschiedliche Wärmedehnungen zwischen Welle und Gehäuse
- Für sehr hohe Drehzahlen geeignet

Auf der Zeichnung ist eine Spindel dargestellt, bei der das Lager 1 axial fest, das Lager 2 im Gehäuse axial verschiebbar angeordnet ist. Die Federkraft wirkt auf den Außenring des Lagers 2 und bewirkt eine konstante Vorspannung für beide Lager nahezu unabhängig von Drehzahl und Temperatureinflüssen. Auf **gute Verschiebbarkeit** des angestellten Außenrings ist zu achten. So vorgespannte Lager können bei Ölschmierung bis zu der für Einzellager geltenden Drehzahlgrenze betrieben werden.

Die Spielausgleichsfedern sind so anzuordnen, dass sie in Richtung äußerer Axialbelastungen wirken.

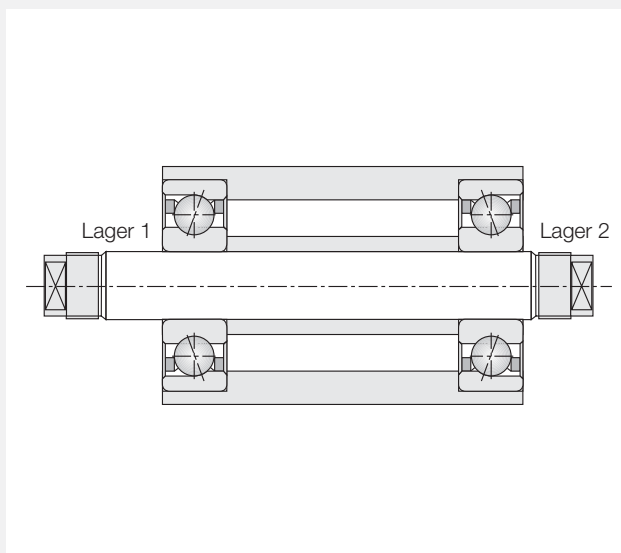


Starre Vorspannung

Merkmale:

- Höhere Steifigkeit bei Radiallasten
- Niedrigere Drehzahlgrenze im Vergleich zur Federvorspannung
- Durch Längenänderung infolge Temperaturdifferenzen zwischen Welle und Gehäuse ändert sich die Größe der Vorspannung
- In axialer Richtung eine deutlich höhere Steifigkeit als bei Federvorspannung

Bei der Spindel auf der Zeichnung sind beide Lager zusammengepaart und in axialer Richtung fest eingebaut. Die Lager dieser Anordnung haben eine definierte axiale Vorspannung. Die in der Skizze vorgesehene Zwischenbüchse ist in einer Aufspannung auf gleiche Länge planparallel zu schleifen. GMN liefert hierzu die Lagerpaare mit der gewünschten Vorspannung. Die Veränderung der Lagervorspannung im Betriebszustand ist zu berücksichtigen.



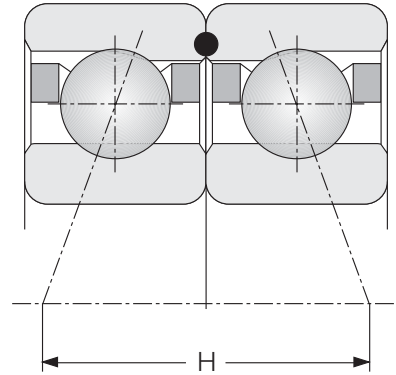
Lageranordnungen

Mit den nachstehend aufgeführten Lageranordnungen kann ein Großteil der Anwendungsfälle gelöst werden.

O-Anordnung (DB)

Die Drucklinien laufen in Richtung der Lagerachse auseinander:

- Große Stützbasis H und damit eine sehr steife Lagerung gegen Kippmomente
- Nimmt Axialkräfte in beiden Richtungen auf

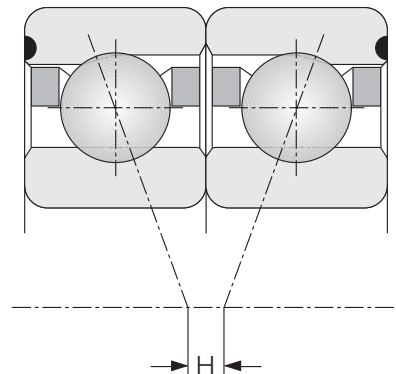


X-Anordnung (DF)

Die Drucklinien laufen in Richtung der Lagerachse zusammen:

- Die Stützbasis H ist kleiner und die Kippsteifigkeit geringer
- Diese Anordnung ist unempfindlicher gegen Fluchtungsfehler

Die X-Anordnung verhält sich bezüglich der Lastaufnahme und Lagerfederung wie die O-Anordnung.

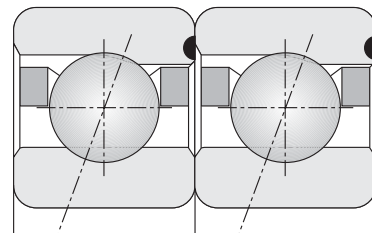


Tandem-Anordnung (DT)

Zwei gepaarte Lager werden in Lastrichtung parallel angeordnet:

- In einer Richtung axial höher belastbar als ein einzelnes Lager
- Beide Lager müssen den gleichen Berührungswinkel haben und gegen ein drittes Lager angestellt werden

Die Vorspannung der Lagerung wird in der Regel durch Federn erzeugt.

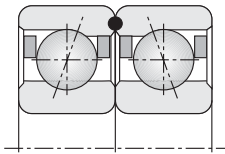


Anmerkung: Zeichen ◐ = Schriftseite der Außenringe und Kennzeichnung der Lageranordnung.

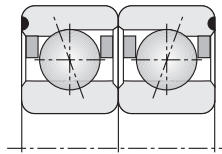
Mehrfachanordnungen

Ist eine Spindel großen Belastungen ausgesetzt oder wird höchste Steifigkeit gefordert, werden 3 oder mehr Lager zu Sätzen in X-, O- oder Tandem-Anordnung zusammengestellt verwendet. In den Zeichnungen sind einige Beispiele von Mehrfachanordnungen aufgeführt.

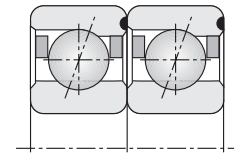
Lagersätze mit 2 Lagern



O-Anordnung
DB

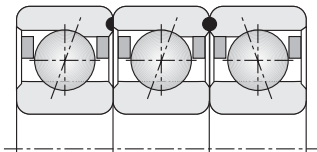


X-Anordnung
DF

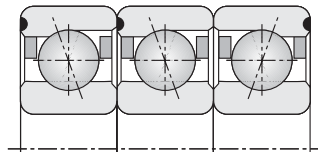


Tandem-Anordnung
DT

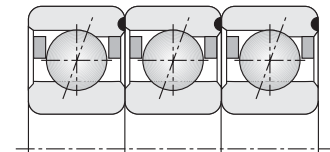
Lagersätze mit 3 Lagern



TBT

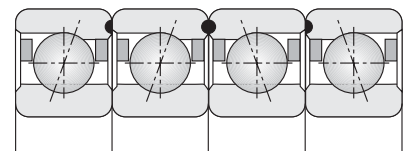


TFT

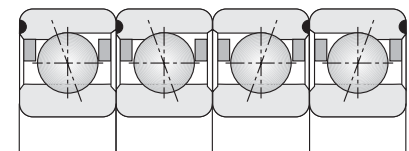


TDT

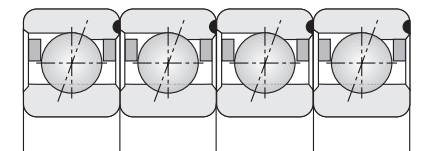
Lagersätze mit 4 Lagern



QBC



QFC



QTC

Zwischenringe

Durch den Einbau von Zwischenringen bei gepaarten Lagern wird folgendes erreicht:

- Die Stützbasis H (bei X- und O-Anordnung) wird vergrößert
- Die Reibungswärme wird besser abgeführt
- Die Schmierung des Lagers (Ölschmierung) wird durch eine günstige Zu- oder Abführung des Schmierstoffes verbessert

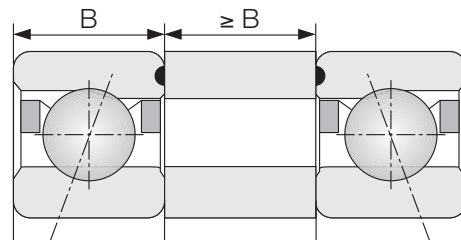
Die Zwischenringbreite sollte mindestens der Breite eines Einzellagers entsprechen.

Es ist auf gute Planparallelität der Zwischenringe zu achten (siehe „Genauigkeit der Umbauteile“). Beide Zwischenringe sind in einem Arbeitsgang planzuschleifen.

Eine Änderung der Vorspannung bereits abgestimmter Kugellager ist über Zwischenringe möglich. Wenn der Zwischenring auf der Welle schmaler als der Zwischenring im Gehäuse ist, dann...

- verringert sich die Vorspannung bei der X-Anordnung
- erhöht sich die Vorspannung bei der O-Anordnung

Das erforderliche Differenzmaß der Zwischenringe ist auf Anfrage erhältlich.



Universelle Abstimmung

Als Standard sind GMN-Spindelkugellager universell abgestimmt. Alle Lager einer Lagergröße und gleicher Abstimmung können zu Paaren oder Sätzen in X-, O- oder Tandemanordnung zusammengestellt werden.

Zusammengepasste Abstimmung

Die Lager dieser Paarungsart werden paarweise oder satzweise verpackt und dürfen mit Lagern einer anderen Verpackung nicht vermischt werden. Die Lager innerhalb eines Satzes sind fortlaufend nummeriert.

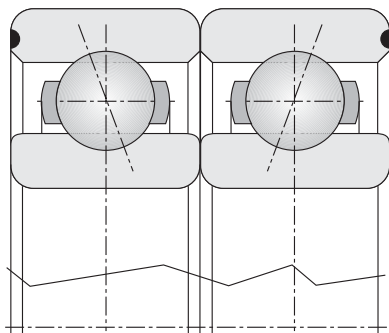
Gepaarte Rillenkugellager

In vielen Fällen werden an Lagerungen Forderungen gestellt, wie z. B. höhere axiale oder höhere radiale Tragfähigkeit bei kleinen Lagerabmessungen oder größere Starrheit der Lagerung oder Einhaltung einer bestimmten Axialluft. Solche Forderungen können durch gepaarte Lager erfüllt werden.

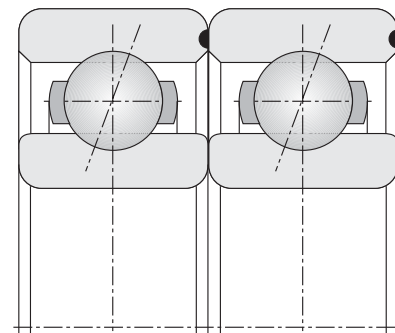
Es können nur Lager der gleichen Lagerreihe und der gleichen Abmessung zusammengepaart werden.

1. Universelle Paarung

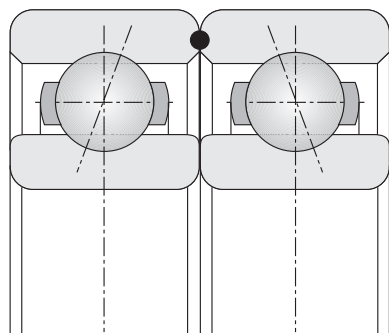
Bei der universellen Paarung sind die einzelnen Lager so bearbeitet, dass Lager dieser Paarung wahlweise in X-Anordnung, O-Anordnung oder Tandem-Anordnung zusammengesetzt werden können. Lager nach der gleichen Paarungswahl (z.B. universelle Paarung mit gleichem Axialspiel, universelle Paarung ohne Axialspiel oder universelle Paarung mit gleicher Vorlast) können untereinander ausgetauscht werden.



X-Anordnung



Tandem-Anordnung



O-Anordnung

Beim Einbau von universell gepaarten Lagern mit oder ohne Axialspiel oder mit Vorlast in der Tandem-Anordnung wird die Axiallast auf beide Lager verteilt.

Universell gepaarte Lager der gleichen Paarungswahl können nach Bedarf in größeren Gruppen zu einer X-Tandem-Anordnung oder einer O-Tandem-Anordnung mit mehr als zwei Lagern zusammengestellt werden.

Die universelle Paarung erfolgt mit einer Messbelastung bzw. mit einer Vorlast gemäß Tabelle 2.1

Beim Zusammenbau der universell gepaarten Lager ist auf die Markierung der Lagerringe (Typenzeichen) gemäß den folgenden Abbildungen zu achten.

Anmerkung: Zeichen ◐ = Schriftseite der Außenringe und Kennzeichnung der Lageranordnung.

1.1. Universelle Paarung mit Axialspiel

Kurzzeichen **DUA**

Die Lager sind so bearbeitet, dass bei plangespannten Innen- und Außenringen bei der X-Anordnung und bei der O-Anordnung ein Axialspiel gegeben ist. Da sich die Größe des Axialspieles nach den Betriebsbedingungen, unter welchen die Lagerung läuft, richtet, ist das Spiel jeweils zu bestimmen. Z.B. bei einem Axialspiel von 40 bis 60 µm lautet die Bezeichnung DUA 40.60.

1.2. Universelle Paarung ohne Axialspiel

Kurzzeichen **DUO**

Die Lager sind so bearbeitet, dass bei plangespannten Innen- und Außenringen bei der X-Anordnung und O-Anordnung die Lagerung spielfrei ist.

1.3. Universelle Paarung mit Vorlast

Kurzzeichen **DUV**

Eine Paarung von Lagern mit Vorlast wird dort angewendet, wo eine starre und spielfreie Lagerung erforderlich ist. Mit Vorlast gepaarte Lager haben den Vorteil, dass bei Einwirkung einer äußeren Kraft nur noch eine geringe elastische Federung der Kugellagerringe gegeneinander stattfindet, im Gegensatz zu nicht vorgespannten Lagerpaaren oder Einzellagern. Die Lager sind so gepaart, dass sie bei plangespannten Innen- und Außenringen unter Vorspannung stehen. Die Größe der Vorlast ist in der Lebensdauerberechnung als Axiallast zu berücksichtigen.

Die Vorlast von nach DUV abgestimmten Lagern beträgt ca. 2% der dynamischen Tragzahl, maximal jedoch 300 N. Eine Vorlast nach Wahl des Kunden bzw. nach den Anforderungen der Lagerung ist möglich.

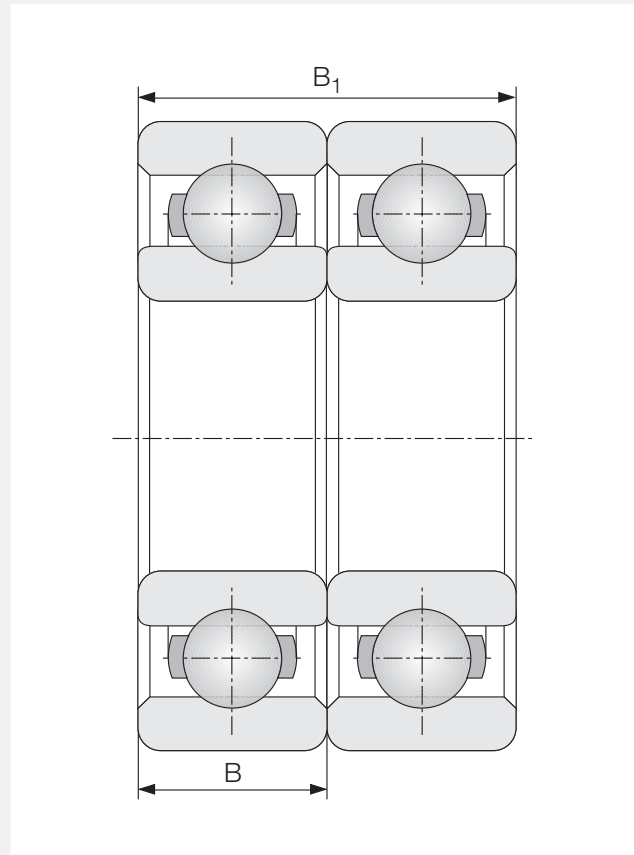
2. Messbelastungen und Toleranzen

2.1. Messbelastungen und Vorlast

Art der Paarung			Messlast	
DF	DB	DT	d	
DUA	DUO		3 - 7 mm	12 N
			8 - 15 mm	22 N
			15 - 30 mm	32 N
			über 30 mm	50 N
DUV Vorlast auf den Einsatzfall abgestimmt			2% der dynamischen Tragzahl, jedoch max. 300N	

2.2. Breittoleranz von gepaarten Kugellagern

Art der Paarung		Breittoleranz [μm]
DF	DB	B 0
DT		- 250
DUA	DUO	B ₁ 0
DUV		- 500



Schmierung

Die richtige Wahl des Schmierstoffes und der Schmierungsart ist ebenso entscheidend für die Funktion der Lagerung wie die Auswahl des Lagers und die Gestaltung der Umbauteile.

Fettschmierung

Der Einsatz von Fetten empfiehlt sich, wenn ...

- wartungsfreier Betrieb über lange Einsatzzeiten gewünscht wird,
- die maximale Drehzahl des Lagers den Drehzahlfaktor $n \cdot dm$ des Fettes nicht überschreitet,
- die frei werdende Wärme durch die Umgebung nahezu gleichmäßig abgeführt wird,
- geringe Reibungsverluste bei gering belasteten und schnell drehenden Lagern gefordert werden.

Einlaufphase bei Fettschmierung

Um eine optimale Schmierwirkung und Fettgebrauchsdauer zu erreichen empfiehlt es sich, beim Einsatz der Lager für hohe Drehzahlen, eine Einlaufphase vorzusehen. Das Fett wird dadurch besser verteilt und somit eine niedrige Lagerbetriebstemperatur erreicht.

Bei der Auswahl des richtigen Schmierstoffes, der Fettmenge und Empfehlungen zur Einlaufprozedur steht Ihnen die GMN Anwendungsberatung gerne zur Verfügung.

Von den Fettherstellern wird eine Vielzahl von Schmierfetten angeboten, die für hohe Drehzahlen geeignet sind. Der $n \cdot dm$ -Faktor des Fettes ist ein Anhaltspunkt für die Auswahl des Schmierfettes unter Berücksichtigung von Lagergröße und Betriebsdrehzahl.

$$n \cdot dm_{\text{Lager}} = \frac{n \cdot (D + d)}{2} \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right]$$

D: Außendurchmesser des Lagers [mm]
d: Bohrungsdurchmesser des Lagers [mm]
n: Betriebsdrehzahl des Lagers [1/min]

Die folgende Aufstellung zeigt eine Auswahl von Fetten, die für hohe Drehzahlen (Drehzahlkennwert $n \cdot dm \geq 1 \cdot 10^6$ mm/min) eingesetzt werden.

Je nach Anwendung können mit den synthetischen Hochgeschwindigkeitsfetten Werte bis $1,5 \cdot 10^6$ mm/min und höher erreicht werden.

GMN Code	Dickungsstoff	Basisöl	Kinem. Viskosität des Basisöl nach DIN 515 ca. mm ² /s 40 °C 100 °C		Konsistenzklasse nach DIN 51817 [NLGI]	Gebrauchstemperaturbereich ca. [°C]	$n \cdot dm$ Faktor [mm/min]	Bemerkung zur Anwendung
274	Lithium-Spezial	PAO/Ester	25	6,0	2/3	- 40 ... +140	$2,2 \cdot 10^6$	Hochgeschwindigkeitsfett, sehr gute Verschleißschutzwirkung, für Hybridlager mit Keramikugeln besonders geeignet, vermittelt guten Korrosionsschutz
249	Spezialkalzium	Ester + Mineralöl	23	4,7	2	- 40 ... +130	$1,3 \cdot 10^6$	sehr gute Verschleißschutzaktivierung, sehr niedriges Reibmoment, für Hybridlager mit Keramikugeln besonders geeignet, vermittelt guten Korrosionsschutz, gut beständig gegen Wasser, besonders alterungsbeständig
007	Lithiumseife	Ester + Mineralöl	15	4,5	2	- 50 ... +120	$1,0 \cdot 10^6$	geringe Belastung, sehr niedriges Reibmoment
122	Lithiumseife	Synth. Kohlenwasserstoff	19	4,2	0	- 60 ... +130	$1,0 \cdot 10^6$	spezielle Verschleißschutzaktivierung, für relativ hohe Belastung, niedriges Reibmoment
005	Bariumkomplex	Ester + Mineralöl	23	4,7	2	- 30 ... +130	$1,0 \cdot 10^6$	sehr gute Verschleißschutzwirkung, sehr niedriges Reibmoment, für Hybridlager mit Keramikugeln besonders geeignet, vermittelt guten Korrosionsschutz, gut beständig gegen Wasser, besonders alterungsbeständig
126	Bariumkomplex	Synth. Kohlenwasserstoff	30	5,5	2	- 50 ... +150	$1,0 \cdot 10^6$	für relativ hohe Belastung, vermittelt guten Korrosionsschutz, sehr gut beständig gegen Wasser, besonders alterungsbeständig

Ölschmierung

Ölschmierung ist vorzusehen, wenn ...

- hohe Drehzahlen die Verwendung von Fetten nicht mehr zulassen,
- der Schmierstoff gleichzeitig zur Wärmeabfuhr des Lagers dienen soll.

Die am meisten angewandten Schmierungsarten:

- **Önebelschmierung:**
Das im Luftstrom zerstäubte Öl übernimmt die Schmierung, der Luftstrom sorgt für die Kühlung der Lagerung und Überdruck verhindert das Eindringen von Verunreinigungen.

- **Öl-Luft-Schmierung (Minimal-Schmierung):**
Das Öl wird in Tropfenform mit Druckluft zum Lager gefördert. Die Tropfengröße und der Zeitabstand zwischen zwei Tropfen werden geregelt.

- **Öleinspritzschmierung (Kühl-Schmierung):**
Erhebliche Ölmengen werden durch Einspritzen durch das Lager geleitet, die Reibungswärme im Lager wird abgeführt. Die Kühlung des Öles wird z.B. mit einem Öl-Luft-Wärmetauscher erreicht.

Häufig verwendete Öle sind in nachfolgender Aufstellung zu finden:

Öltyp	Stock-Punkt ca. [°C]	Flamm-Punkt ca. [°C]	Kinem. Viskosität [mm ² /s]		Gebrauchs-temperaturbereich ca. [°C]	Spezifikation	Bemerkung/Anwendung
			ca. 40°C	ca. 100°C			
Mineral	-33	+120	32,0	5,4	-25 ... +80		gute Korrosions- und Alterungsbeständigkeit Öl-Luft-Schmierung
Mineral	-36	+98	3,1 bei 20 °C	2,1 bei 40 °C	–		oxydationsstabil, nicht korrosiv, Öleinspritzschmierung
Ester	-70	+205	12	3,2	ca. -65 ... +100		Tieftemperatur- und Langzeitöl, hochdruckbelastbar, oxydationsstabil mit flacher Kurve im VT-Diagramm Messgeräteindustrie, Turbinen, Tonbandmaschinen usw.
Alkoxy-fluor	-30	nicht entflammbar	190	22	-25 ... +220		Vakuum bis $1,33 \times 10^{-10}$ bar, radioaktive Strahlung bis 5×10^6 J/kg gegen aggressive Chemikalien und organ. Lösungsmittel beständig
Synthese	-60	+220	12,2	3,2	bis +130	MIL-L-6085A AIR 3511A	gering verflüchtigend, besonders für niedrige Temperaturen geeignet, oxydations-, korrosionsbest./Luftfahrt-, Instr., Kreisel-Lager, Dochtschmierung
Ester	-68	+220	14,3	3,7	-50 ... +120	MIL-L-6085A	gute Alterungsbeständigkeit, Korrosionsschutz, geringe Verdunstung. Flugzeug-, Instrumentenlager
Mineral	-51	+150	10	7,4 bei 50 °C	-20 ... +80		günstiges Viskositäts-Temperaturverhalten, hohe Alterungsbest. Schleifspindeln, Textilspindeln, Önebelschmierung
Mineral	-50	>150	10	8,5 bei 50 °C	-40 ... +80		günstiges Viskositäts-Temperaturverhalten, hohe Alterungsbest. Schleifspindeln, Textilspindeln, Önebelschmierung
Silikon	-65	+280	60	20	-55 ... +200		Hoch- und Tieftemperatur-Öl Raumfahrt, Luftfahrtindustrie, Tonbandgeräte usw. ungeeignet in unmittelbarer Nähe von elektrischen Kontakten (Kriechstrombildung)

Genauigkeit der Umbauteile

Für die Funktion einer präzisen Lagerung sind die Bearbeitungsqualität der Lagersitze und die richtige Passungswahl von großer Bedeutung.

Richtwerte für **Wellen- und Gehäusepassungen** für die Genauigkeitsklassen P4, HG, UP, P2 sind in den nachstehenden Tabellen zu finden.

Welle (drehend)

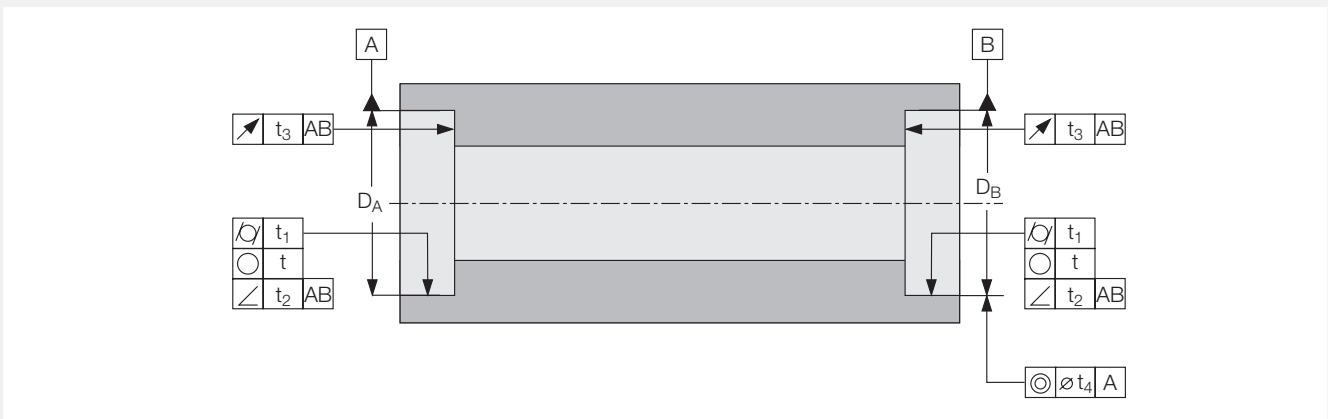
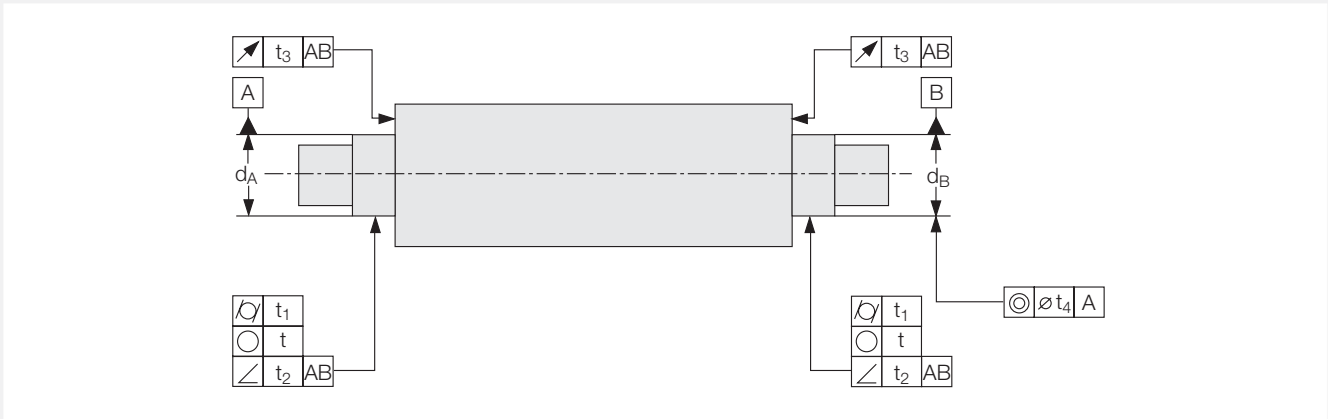
Nenndurchmesser (mm)		über bis	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80
Wellen- abmaße (µm)	P4	oben unten	-0 -5	-0 -5	-0 -6	-0 -7	-0 -8	-0 -9
	P2 HG UP	oben unten	-0 -4	-0 -4	-0 -5	-0 -6	-0 -7	-0 -8

Gehäuse

Nenndurchmesser (mm)			über bis	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120
Gehäuse- abmaße (µm)	P4	Festlager	oben unten	+ 8 + 0	+ 9 + 0	+ 10 + 0	+ 11 + 0	+ 12 + 0
	P4	Loslager	oben unten	+ 10 + 2	+ 11 + 2	+ 13 + 3	+ 14 + 4	+ 15 + 4
	P2 HG UP	Festlager	oben unten	+ 5 + 0	+ 6 + 0	+ 7 + 0	+ 8 + 0	+ 9 + 0
	P2 HG UP	Loslager	oben unten	+ 7 + 2	+ 8 + 2	+ 9 + 2	+ 10 + 2	+ 11 + 2

Von der Bearbeitungsqualität der Anlageflächen und der Lagersitze hängen Laufgenauigkeit und niedrige Betriebstemperatur der Lagerung ab.

Richtwerte für Form- und Lagetoleranzen sind aus den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen.



Eigenschaft	Symbol	Toleranzwert	Zulässige Formabweichung	
			P4 (HG)	P2 (UP)
Rundheit	○	t ₁	IT1	IT0
Konizität (Kegeligkeit)	⊙	t ₁	IT1	IT0
Winkeligkeit	∠	t ₂	IT1	IT0
Planlauf	↗	t ₃	IT1	IT0
Konzentrität (Fluchtungsfehler)	◎	t ₄	IT3	IT3

Nenn Durchmesser (mm)	Toleranzqualität (µm)			
	IT0	IT1	IT2	IT3
> 6 - 10	0,6	1	1,5	2,5
> 10 - 18	0,8	1,2	2	3
> 18 - 30	1	1,5	2,5	4
> 30 - 50	1	1,5	2,5	4
> 50 - 80	1,2	2	3	5
> 80 - 120	1,5	2,5	4	6

Lagerberechnung

Das im folgenden beschriebene Berechnungsverfahren ist ein Auszug aus der DIN ISO 76 (statische Tragzahl) und DIN ISO 281 (dynamische Tragzahl, Lebensdauer).

1. Bestimmung der dynamischen Tragzahl C

für zwei oder mehr Spindelnugellager in X-, O- oder Tandem-Anordnung:

$$C = i^{0,7} \cdot C_{\text{einzel}} \text{ [N]}$$

i : Anzahl der Lager
 C_{einzel} : Tragzahl des Einzellagers [N]

2. Bestimmung der äquivalenten Lagerbelastung P

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \text{ (N)}$$

X, Y : Radialfaktor, Axialfaktor
 F_r, F_a : Radiale Belastung, Axiale Belastung [N]

Die Vorspannung der Lager muss berücksichtigt werden:

1. für $K_a \leq 3 \cdot F_v$ gilt $F_a = F_v + 0,67 \cdot K_a$ [N]
 2. für $K_a > 3 \cdot F_v$ gilt $F_a = K_a$ [N]
- K_a : äußere axiale Kraft [N]
 F_v : Vorspannung [N]

3. Bestimmung der X-, Y-Faktoren

	Relative Axiallast $i \cdot F_a / C_0$ 1)	Einzellager Tandem-Anordnung 2)				Lagerpaar in X- oder O-Anordnung				
		e	$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$		$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$	
			X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Spindellager Berührungswinkel 15°	0,015	0,38								
	0,029	0,40				1,47		1,65		2,39
	0,058	0,43				1,40		1,57		2,28
	0,087	0,46				1,30		1,46		2,11
	0,120	0,47				1,23		1,38		2,00
	0,170	0,50	1	0	0,44	1,19	1	1,34	0,72	1,93
	0,290	0,55				1,12		1,26		1,82
	0,440	0,56				1,02		1,14		1,66
	0,580	0,56				1,00		1,12		1,63
0,56	0,56				1,00		1,12		1,63	
Spindellager Berührungswinkel 25°		0,68	1	0	0,41	0,87	1	0,92	0,67	1,41
Rillenkugellager Lagerluft normal	0,014	0,23				2,30		2,78		3,74
	0,028	0,26				1,99		2,40		3,23
	0,056	0,30				1,71		2,07		2,78
	0,085	0,34				1,55		1,87		2,52
	0,110	0,36				1,45		1,75		2,36
	0,170	0,40	1	0	0,56	1,31	1	1,58	0,78	2,13
	0,280	0,45				1,15		1,39		1,87
	0,420	0,50				1,04		1,26		1,69
	0,560	0,52				1,00		1,21		1,63
Rillenkugellager Lagerluft C3		0,29				1,88		2,18		3,06
0,029	0,32				1,71		1,98		2,78	
0,057	0,36				1,52		1,76		2,47	
0,086	0,38				1,41		1,63		2,29	
0,110	0,40				1,34		1,55		2,18	
0,170	0,44	1	0	0,46	1,23	1	1,42	0,75	2,00	
0,290	0,49				1,10		1,27		1,79	
0,430	0,54				1,01		1,17		1,64	
0,570	0,54				1,00		1,16		1,63	

1) C_0 : statische Tragzahl [N]

2) für Tandem-Anordnung $i=1$ setzen und die F_a und C_0 Werte bezogen auf das Einzellager verwenden.

4. Bestimmung der nominellen Lebensdauer L_{10h}

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

n : Drehzahl (1/min)
 C : Dynamische Tragzahl [N]
 P : Äquivalente Lagerbelastung [N]

Die nominelle Lebensdauer basiert auf einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 10%.

5. Bestimmung der modifizierten Lebensdauer L_{nah}

$$L_{nah} = a_1 \cdot a_{23} \cdot f_t \cdot L_{10h} \text{ [Stunden]}$$

a_1 : Faktor für die Ausfallwahrscheinlichkeit
 a_{23} : Faktor für Werkstoff und Betriebsbedingungen
 f_t : Faktor für die Betriebstemperatur
 L_{10h} : Nominelle Lebensdauer [Stunden]

Ausfallwahrscheinlichkeit [%]	10	5	4	3	2	1
Faktor a_1	1	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

Maximale Betriebstemperatur [°C]	150	200	250	300
Faktor f_t	1	0,73	0,42	0,22

6. Bestimmung des Faktors für Werkstoff und Betriebsbedingungen a_{23}

1. Schritt:

Mit Diagramm 1 wird grafisch die Betriebsviskosität ν ermittelt. Bei Fettschmierung wird die Viskosität des Grundöls eingesetzt.

2. Schritt:

Mit Diagramm 2 wird die Bezugsviskosität ν_1 ermittelt.

3. Schritt:

Nach der Berechnung des Viskositätsverhältnisses ν/ν_1 wird mit Diagramm 3 der a_{23} -Faktor ermittelt.

Hinweis für Diagramm 3:

- Untere Kurve: Normale Betriebsverhältnisse und Sauberkeit
- Mittlere Kurve: Anhebung des a_{23} -Faktors durch EP-Zusätze der Schmierung
- Obere Kurve: Anhebung des a_{23} -Faktors durch höchste Sauberkeit und Optimierung der Roll- und Gleitverhältnisse.

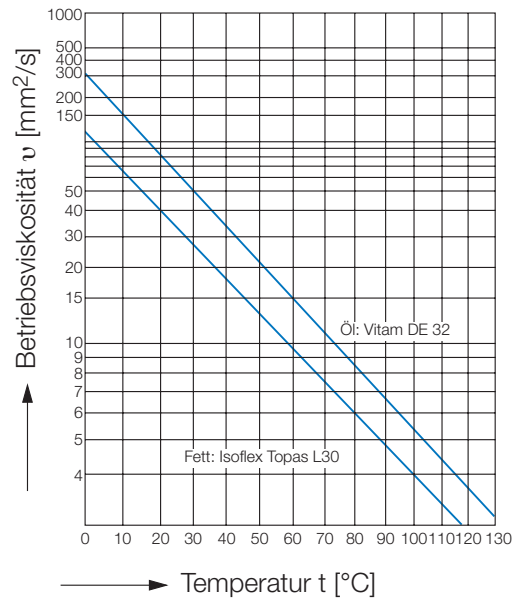


Diagramm 1

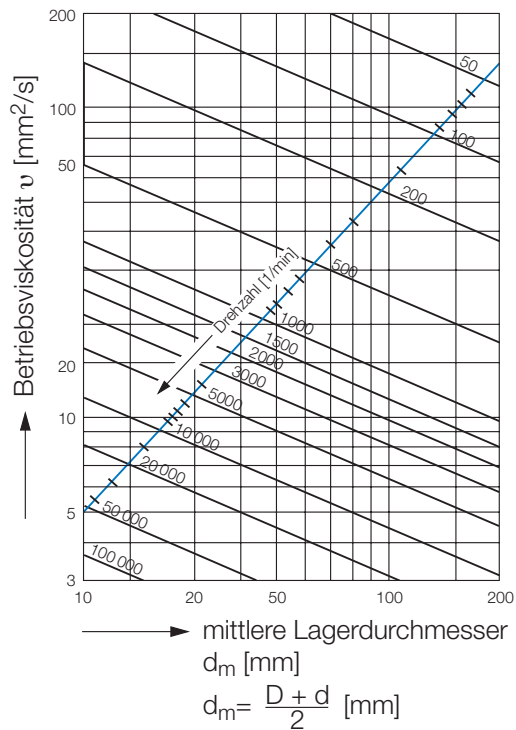


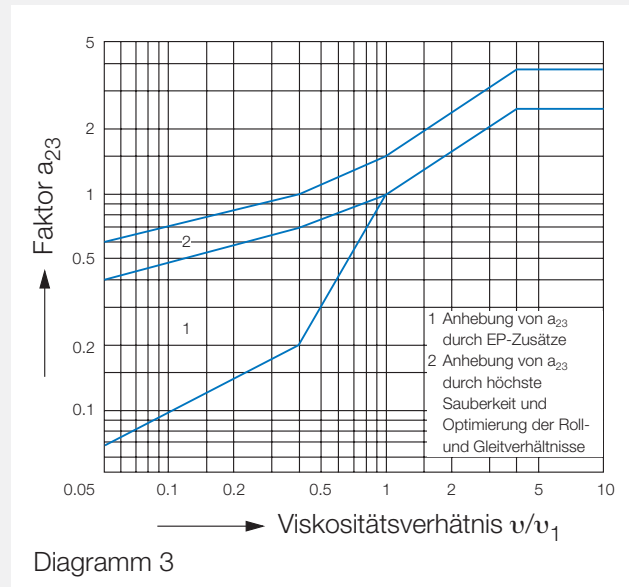
Diagramm 2

Mit der modifizierten Lebensdauerberechnung können verschiedene Einflussgrößen berücksichtigt werden:

- Ausfallwahrscheinlichkeiten, die von 10% abweichen (a_1 -Faktor)
- Werkstoffeigenschaften (a_2 -Faktor): GMN setzt Stähle mit besonders hohem Reinheitsgrad ein, deshalb: $a_2 = 1$
- Schmierfilmdicke, Schmierstoffadditive, Verunreinigungen (a_3 -Faktor)
- Abweichung von normalen Betriebstemperaturen ($> 150\text{ °C}$) (f_t -Faktor)

Die tatsächliche Gebrauchsdauer eines Kugellagers wird neben der Ermüdungslebensdauer (theoretische Lebensdauer) auch durch die Verschleißlebensdauer und die Schmierfettgebrauchsdauer bestimmt.

Das aktuelle Kugellagerberechnungsprogramm **GLOBUS** zur Lagerberechnung steht als Downloaddatei auf dem GMN Internetportal www.gmn.de zur Verfügung. Desweiteren bietet das Programm die Berechnung lagerspezifischer Frequenzen und besitzt eine erweiterbare Schmiermitteldatenbank.



Bestimmung der statischen Tragfähigkeit

1. Bestimmung der statischen äquivalenten Belastung P_0

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a$$

wenn $P_0 < F_r$, dann $P_0 = F_r$

X_0, Y_0 : Radialfaktor, Axialfaktor: siehe Tabelle
 F_r, F_a : Radialkraft, Axialkraft [N]

	Einzellager Tandem-Anordnung		Lagerpaar in X- oder O-Anordnung	
	X_0	Y_0	X_0	Y_0
Berührungswinkel 15°	0,5	0,46	1	0,92
Berührungswinkel 25°	0,5	0,38	1	0,76
Rillenkugellager	0,6	0,5		

2. Bestimmung der statischen Kennzahl f_s

$$f_s = i \cdot C_0 / P_0$$

i : Anzahl der Kugellager
 C_0 : statische Tragzahl [N]
 P_0 : statisch äquivalente Belastung [N]

- Die statische Kennzahl soll über 2,5 liegen
- Die statische Kennzahl beschreibt die Sicherheit gegen zu große plastische Verformungen der Berührungstellen der Kugeln und Laufbahnen.

Schmierfettgebrauchsdauer – Schmierfrist

Die Schmierfrist ist grundsätzlich der Wert für die 10 bis 20%ige Ausfallwahrscheinlichkeit der Schmierfettgebrauchsdauer.

Die Schmierfettgebrauchsdauer hängt im wesentlichen ab von den Einflussgrößen

- Schmierfett
- Betriebsbedingungen
- Konstruktion

Deshalb kommt der Auswahl des Schmierfettes eine entscheidende Bedeutung zu.

In der Grafik 1 (aus Arbeitsblatt 2.4.1 der Gesellschaft für Tribologie) wird die **Schmierfrist t_f** in Abhängigkeit von der Betriebsdrehzahl und der Grenzdrehzahl für Fettschmierung grafisch dargestellt.

Sie ist als Richtwert für die Gebrauchsdauer zu betrachten und gilt für Lithiumseifenfette bis zu einer Betriebstemperatur von +70 °C (gemessen am Außenring) und mäßigen Belastungsverhältnissen ($P/C < 0,1$).

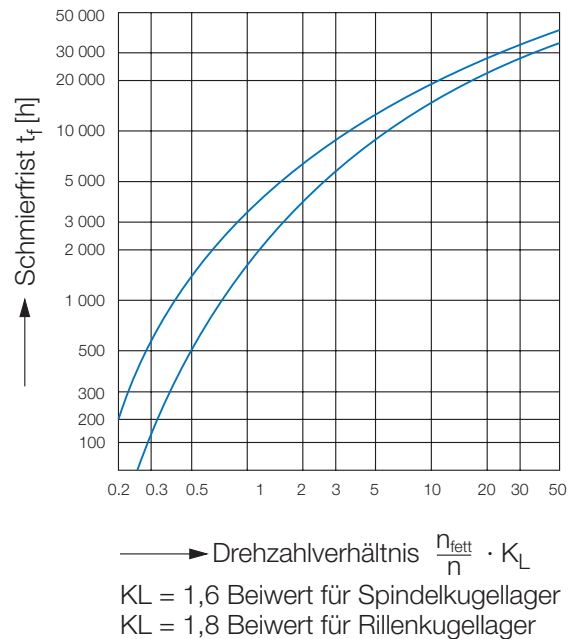
Besondere Umgebungseinflüsse wie Feuchtigkeit und Vibration vermindern die Schmierfrist bis zu 1/5 des Ausgangswertes.

Für **außergewöhnliche Betriebsbedingungen** z.B. extreme Temperaturen und hohe Belastungen ($P/C > 0,1$) müssen Sonderfette verwendet werden. Mit diesen Fetten können längere Schmierfristen erreicht werden als sie aus der Grafik ermittelt werden.

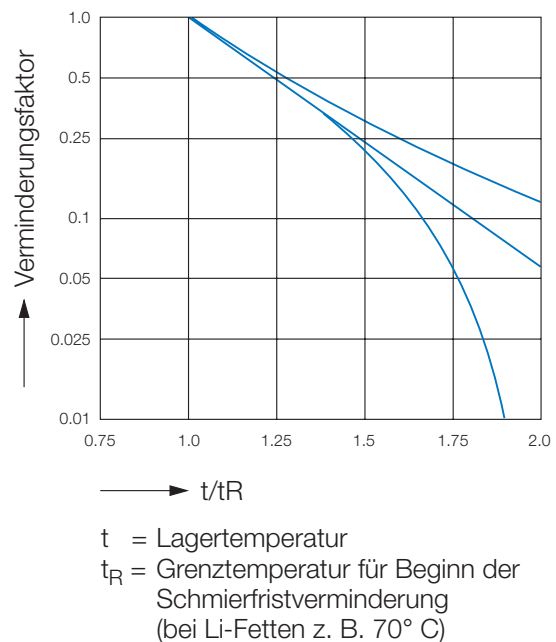
Schmierfristen über 5 Jahre sind nur unter besonders günstigen Betriebsbedingungen möglich.

Verminderung der Schmierfrist bei hohen Temperaturen.

Die Beanspruchung der Schmierfette wächst bei höheren Temperaturen beträchtlich. Eine Temperaturerhöhung ab 70 °C um 15 Kelvin vermindert die Schmierfrist insbesondere bei Li-Fetten auf die Hälfte des Ausgangswertes. Einen Anhaltspunkt gibt die Grafik 2.



Grafik 1



Grafik 2

Der stabile Betriebszustand eines Lagers ist gefährdet, sobald die Drehzahlgrenze erreicht bzw. überschritten wird. Im Bereich der Kontaktflächen zwischen den Kugeln und den Ringen erhöht sich progressiv die Laufreibung und somit die Lagertemperatur.

Die im Lager erzeugte Reibung ist im wesentlichen abhängig von:

- Drehzahl
- Lagerbelastung
- Viskosität des Schmierstoffs
- Schmierstoffmenge

Drehzahlgrenze für Spindelkugellager

Die in den Tabellen angegebenen Drehzahlwerte sind erreichbare Grenzdrehzahlen, die sich auf ein mit Federn vorgespanntes Einzellager unter normalen Bedingungen beziehen, wie




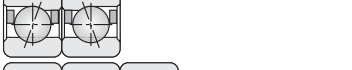


- gute Wärmeableitung
- geringe äußere Belastung
- drehender Innenring
- Ölluftschmierung und Ölnebel schmierung
- gute Formgenauigkeit der Lager- und Umbauteile
- Fluchtung der Umbauteile

Weichen die Betriebsverhältnisse von den genannten Bedingungen ab, so sind Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.

Korrekturfaktoren und Drehzahlwerte sind Richtwerte.

$$\text{Zulässige Drehzahl} = \text{Drehzahlwert} \cdot f_{n1} \cdot f_{n2} \cdot f_{n3} \cdot f_{n4}$$

Korrekturfaktoren

f _{n1} : Schmierung			Lagervorspannung			
			F	L	M	S
Fettschmierung (auf n · dm-Faktor des Fettes achten) Öl-Luft- bzw. Ölnebel-Schmierung		0,75				
		1,0				
f _{n2} : Lageranordnung Paare	Einzellager mit Federvorspannung		1,0			
	Starr			0,8	0,7	0,5
				0,75	0,6	0,4
				0,7	0,6	0,4
				0,6	0,5	0,3
				0,65	0,5	0,3
f _{n3} : Kinematik	drehender Innenring drehender Außenring	1,0 0,6				
f _{n4} : Kugelwerkstoff	Stahl Keramik Si ₃ N ₄	1,0 1,25				

Drehzahlgrenze für Rillenkugellager

Die in den Tabellen angegebenen Drehzahlwerte sind erreichbare Grenzdrehzahlen, die sich auf ein mit Federn vorgespanntes Einzellager unter normalen Bedingungen beziehen, wie

- gute Wärmeableitung
- geringe äußere Belastung
- drehender Innenring
- Fettschmierung
- gute Formgenauigkeit
- Fluchtung der Umbauteile
- gute Wuchtung der drehenden Teile

Weichen die Betriebsverhältnisse von den genannten Bedingungen ab, so sind sie durch Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.

Korrekturfaktoren und Drehzahlwerte sind Richtwerte.

$$\text{Zulässige Drehzahl} = \text{Drehzahlwert} \cdot f_{n1} \cdot f_{n2} \cdot f_{n3} \cdot f_{n4} \cdot f_{n5}$$

Korrekturfaktoren

f_{n1} : Schmierung	Fettschmierung (auf $n \cdot dm$ -Faktor des Fettes achten) Ölnebschmierung	1,0 1,25
f_{n2} : Käfige	Y/J ($n \cdot dm < 625\,000$) T9H ($n \cdot dm < 1\,400\,000$) TBH ($n \cdot dm < 1\,000\,000$) TA ($n \cdot dm < 1\,600\,000$) MA ($n \cdot dm < 1\,350\,000$) TB ($n \cdot dm < 1\,400\,000$) MB ($n \cdot dm < 1\,200\,000$)	1,0 1,6 1,2 1,8 1,5 1,6 1,4
f_{n3} : Kinematik	drehender Innenring drehender Außenring	1,0 0,6
f_{n4} : Lageranordnung/Pairung	Einzellager mit Federvorspannung Paare nach DF, DB, DT, DUA, DUO, DUV	1,0 0,8
f_{n5} : Kugelwerkstoff	Stahl Keramik (Si_3N_4)	1,0 1,25

Radialluft nach DIN 620/Teil 4

Nennmessbereich der Bohrung d mm		Radiale Lagerluft in μm ($1\ \mu\text{m} = 0,001\ \text{mm}$)							
		C2		CN		C3		C4	
		min	max	min	max	min	max	min	max
über 1,5 6 10	bis 6	0	7	2	13	8	23	–	–
	10	0	7	2	13	8	23	14	29
	18	0	9	3	18	11	25	18	33
18 24 30	24	0	10	5	20	13	28	20	36
	30	1	11	5	20	13	28	23	41
	40	1	11	6	20	15	33	28	46

Grundregeln für Aufbewahrung und Montage

- Kugellager in der Originalverpackung aufbewahren
- Kugellager vor Feuchtigkeit schützen
- Fettgeschmierte Kugellager: bei sachgemäßer Lagerung ca. 1 Jahr möglich
- Zustand der Umbauteile kontrollieren
- Sauberer Arbeitsplatz und geeignete Montagewerkzeuge
- Kugellager im allgemeinen nicht auswaschen
- Bei Fettschmierung: Fettmenge festlegen (Richtwert ca. 30% des Lagerleerraumes; bei GMN rückfragen) und Kugellager im Bereich Kugeln/Laufbahnen gleichmäßig fetten
- Kugellager bei Montage nicht verkanten.
Kugellagerinnenring bis maximal 100 °C anwärmen.



Schadensanalyse

GMN bietet den Service, Schäden an GMN-Kugellagern zu analysieren.

Dazu ist zu beachten:

- Kugellager ungereinigt an GMN schicken
- Einbaulage kennzeichnen (Fest-/Loslager, Belastungsrichtung usw.)
- Betriebsbedingungen schildern



HY **S** **6002** **X-2Z** **C** **TA** **P4** **R** **X** **D** **UL** **S1** **Fett**
 ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬

① Material	– Lager aus Chromstahl wird nicht bezeichnet M Lager aus warmfestem Stahl* N Lager aus HNS-Stählen* HY Kugeln und Ringe aus unterschiedlichen Materialien (HYBRID-Lager)
② Lagerbauart	S Zwei Schultern am Innenring SN Zwei Schultern am Außenring, für Fettschmierung SM Zwei Schultern am Innenring, für hohe Drehzahlen SMA Zwei Schultern am Innenring, für hohe Drehzahlen, jedoch mit Schmierstoffzuführung durch den Außenring SMI Zwei Schultern am Innenring, für hohe Drehzahlen, jedoch mit Schmierstoffzuführung durch den Innenring SH Eine Schulter am Innen- und Außenring, für Einspritzschmierung optimiert KH Eine Schulter am Innen- und Außenring, für hohe Drehzahlen BNT Zwei Schultern am Außenring, Innenring abnehmbar BHT Zwei Schultern am Außenring, Innenring abnehmbar, für hohe Drehzahlen
③ Lagergröße	6002 Bezeichnung von Maßreihe und Bohrungsdurchmesser
④ Sonderabmessungen Abdichtung	X-2Z Extrabreit, beidseitig Deckscheiben mit Sprengringen befestigt* 2RZ Beidseitig Dichtscheiben (für KH-Baureihe)
⑤ Berührungswinkel	C 15° E 25° 18° Sonderwunsch*
⑥ Käfig	TA Im Außenring geführter Käfig aus Hartgewebe TB Auf Innenring geführter Käfig aus Hartgewebe* TAM Im Außenring geführter Käfig aus Hartgewebe, kugelhaltend TXM Im Außenring geführter Kunststoffkäfig, kugelhaltend
⑦ Genauigkeit	P4 Entspricht P4S nach DIN 628-6 P2 Toleranzklasse P2 nach DIN 620 A 7 ABEC 7 nach ABMA-Standards A 9 ABEC 9 nach ABMA-Standards HG GMN-Hochgenauigkeit nach GMN-Werknorm UP GMN-Ultrapräzision nach GMN-Werknorm
⑧ Hochpunktmarkierung	R Kennzeichnung der höchsten Stelle des Radialschlags (der größten Wanddicke) beim Innen- und Außenring R_i Wie R, jedoch nur beim Innenring R_a Wie R, jedoch nur beim Außenring
⑨ Sortierung	X Sortierung von Bohrung und Außendurchmesser
⑩ Lagersätze	D 2 Lager T 3 Lager (fortlaufend numeriert) Q 4 Lager (fortlaufend numeriert)
⑪ Paarung	UL Universelle Paarung – Vorspannung leicht UM Universelle Paarung – Vorspannung mittel US Universelle Paarung – Vorspannung schwer UV Universelle Paarung – Vorspannung nach Vereinbarung F X-Anordnung B O-Anordnung T Tandem-Anordnung
⑫ Wärmestabilisierung	S1 Für Betriebstemperaturen bis 200 °C * S2 Für Betriebstemperaturen bis 250 °C * S3 Für Betriebstemperaturen bis 300 °C *
⑬ Befettung	Kurzzeichen des Fettes, z.B. Turmogrease HS L252

* auf Anfrage lieferbar.

In der Tabelle sind bezüglich der Lagerkonstruktion vergleichbare Lagertypen zusammengestellt. Die Bezeichnungen beinhalten nur die Grundtypen, nicht die

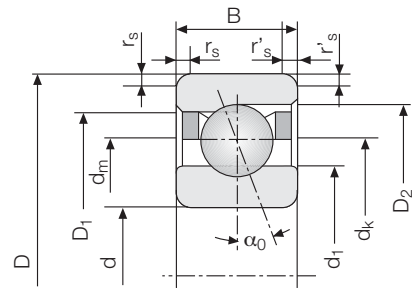
genauen Detailausführungen, wie Genauigkeit, Paarung, Vorspannung etc.

GMN	BAR DEN	FAFNIR	FAG	RHP	SKF	SNFA	SNR
S 61800 CTA ⋮ S 61814 CTA						SEA 10 CE1 SEA 70 CE1	
S 61800 ETA ⋮ S 61814 ETA						SEA 10 CE3 SEA 70 CE3	
S 61900 CTA ⋮ S 61914 CTA		2 MM 9300 WO-CR 2 MM 9314 WO-CR	B 71900 C.T. B 71908 C.T.	7900 X2TA 7908 X2TA	71900 CD 71914 CD	EB 10 CE1 SEB 17 CE1 SEB 70 CE1	71900 C 71908 C
S 61900 ETA ⋮ S 61914 ETA			B 71900 E.T. B 71914 E.T.		71900 ACD 71914 ACD	EB 10 CE3 SEB 17 CE3 SEB 70 CE3	71900 H 71914 H
KH 61900 2RZ ⋮ KH 61914 2RZ		2 MM 9300 HX VV 2 MM 9314 HX VV	HSS 71900 HSS 71914		S 71900 B S 71914 B	HB 10/S HB 70/S	MLE 71900 MLE 71914
S 6000 CTA ⋮ S 6014 CTA	100 H 114 H	2 MM 9100 WI 2 MM 9114 WI	B 7000 C.T. B 7014 C.T.	7000 X2TA 7014 X2TA	7000 CD 7014 CD	EX 10 CE1 EX 70 CE1	
SM 6000 CTA ⋮ SM 6014 CTA		2 MM 9100 WO-CR 2 MM 9114 WO-CR				VX 10 VX 50	
SM 6000 CTA ⋮ SM 6014 CTA						VEX (VEB) 10 VEX (VEB) 50	
KH 6000 2RZ ⋮ KH 6014 2RZ		2 MM 9100 HX VV 2 MM 9114 HX VV	HSS 7000 HSS 7014		S 7000 B S 7014 B	HX 10/S HX 70/S	MLE 7000 MLE 7014
BHT 6000 CTAM ⋮ BHT 6006 CTAM	100 B 106 B					ED 10 CE1 ED 30 CE1	
S 6000 CTB ⋮ S 6006 CTB				7000 X2T 7006 X2T			7000 C 7006 C
S 6000 ETA ⋮ S 6014 ETA	2100 H 2114 H	3 MM 9100 WI 3 MM 9114 WI	B 7000 E.T. B 7014 E.T.	7000 X3TA 7014 X3TA	7000 ACD 7014 ACD	EX 10 CE3 EX 70 CE3	7000 H 7014 H
S 6200 CTA ⋮ S 6213 CTA	200 H 213 H	2 MM 200 WI 2 MM 213 WI	B 7200 C.T. B 7213 C.T.	7200 X2TA 7213 X2TA	7200 CD 7214 CD	E 210 CE1 E 265 CE1	
S 6200 CTB ⋮ S 6206 CTB				7200 X2T 7206 X2T			7200 C 7206 C
S 6200 ETA ⋮ S 6213 ETA	2200 H 2214 H	3 MM 200 WI 3 MM 214 WI	B 7200 E.T. B 7213 E.T.	7200 X3TA 7213 X3TA	7200 ACD 7213 ACD	E210 CE3 E 270 CE3	7200 H 7213 H

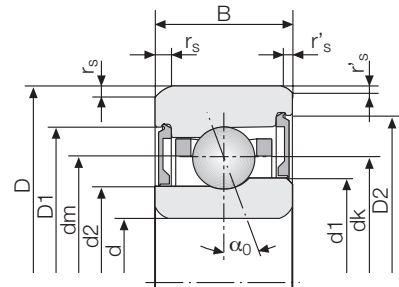
Spindelkugellager

In den Kugellager-Tabellen werden folgende Formelzeichen verwendet:

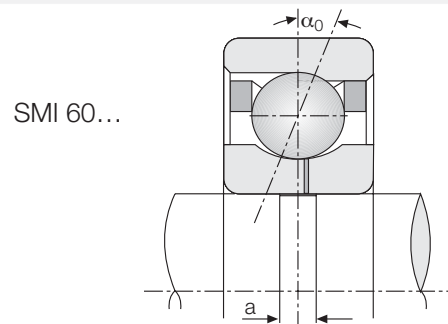
d	[mm]	Bohrungsdurchmesser
D	[mm]	Außendurchmesser
B	[mm]	Breite Einzellager
r_{smin}	[mm]	Kantenabstand
r'_{smin}	[mm]	Kantenabstand auf offener Seite (Spindellager)
a	[mm]	Breite Ringnut für SMI-Schmierung
D_w	[mm]	Kugeldurchmesser
Z	Stück	Kugelanzahl
m	[kg]	Lagergewicht
d_1	[mm]	Außendurchmesser Innenring
d_2	[mm]	Schulterdurchmesser Innenring, abgeschliffen
d_k	[mm]	Käfiginnendurchmesser
d_m	[mm]	Teilkreisdurchmesser
D_1	[mm]	Innendurchmesser Außenring
D_2	[mm]	Innendurchmesser Außenring (offene Seite)
n	[1/min]	Drehzahlwert
C	[N]	Dynamische Tragzahl
C_0	[N]	Statische Tragzahl
F_v	[N]	Vorspannung
F_{amax}	[N]	Abhebekraft
C_{ax}	[N/ μ m]	Axiale Steifigkeit (Lagerpaar)
F_f	[N]	Mindestfedervorspannung
α_0	[°]	Berührungswinkel (Kontaktwinkel)



S618...; S619...; S60...; S62...

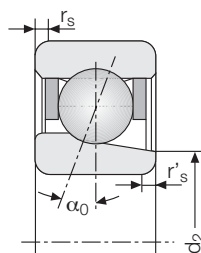


KH...

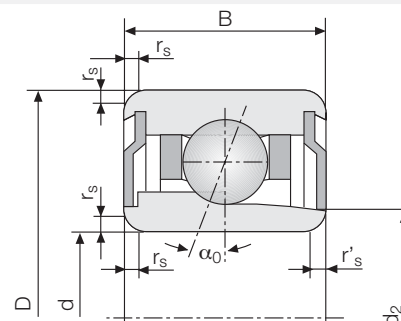


SMI 60...

Mindesttiefe der Ringnut 0,5 mm



BHT60...; BNT62...



BHT...X

Hauptmaße			Kugel		Kanten- abstand		Abmessungen							Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{s,min}	r' _{s,min}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m	
5	11	3	1,588	10	0,15	0,15	6,65	–	7,70	8,00	8,95	9,40	–	0,001	S 618/5 C TA
5	13	4	2,381	8	0,20	0,20	7,10	–	9,00	9,00	10,70	11,30	–	0,002	S 619/5 C TA
5	14	5	2,381	8	0,20	0,20	6,90	–	8,70	9,50	10,30	11,00	–	0,004	S 605 C TA
5	14	5	2,381	8	0,20	0,20	6,90	–	8,70	9,50	10,30	11,00	–	0,004	SM 605 C TA
5	16	5	3,175	7	0,30	0,30	7,65	–	10,30	10,50	12,50	13,20	–	0,005	S 625 C TA
5	16	5	3,175	7	0,30	0,30	7,65	6,9	8,70	10,50	12,50	–	–	0,005	BNT 625 C TAM
6	13	3,5	1,588	12	0,15	0,15	8,35	–	9,35	9,50	10,65	11,10	–	0,002	S 618/6 C TA
6	15	5	2,381	9	0,20	0,20	8,50	–	10,35	10,50	12,10	12,70	–	0,004	S 619/6 C TA
6	17	6	2,381	9	0,30	0,30	8,30	–	10,10	11,50	11,70	12,40	–	0,005	S 606 C TA
6	17	6	2,381	9	0,30	0,30	8,30	–	10,10	11,50	11,70	12,40	–	0,005	SM 606 C TA
6	19	6	3,175	10	0,30	0,30	10,70	–	13,50	12,50	15,80	16,50	–	0,008	S 626 C TA
6	19	6	3,175	9	0,30	0,30	10,70	10,2	12,00	12,50	15,80	–	–	0,008	BNT 626 C TAM
7	14	3,5	1,588	13	0,15	0,15	9,35	–	10,35	10,50	11,65	12,10	–	0,002	S 618/7 C TA
7	17	5	2,381	11	0,30	0,30	10,00	–	11,80	12,00	13,60	14,10	–	0,005	S 619/7 C TA
7	19	6	3,175	10	0,30	0,30	10,70	–	13,50	13,00	15,80	16,50	–	0,007	S 607 C TA
7	19	6	3,175	10	0,30	0,30	10,70	–	13,50	13,00	15,80	16,50	–	0,007	SM 607 C TA
7	19	6	3,175	10	0,30	0,30	10,70	10,6	13,50	13,00	15,80	16,50	–	0,007	SH 607 C TA
7	19	6	3,175	9	0,30	0,30	10,70	10,2	12,00	13,00	15,80	–	–	0,007	BHT 607 C TAM
7	22	7	3,969	9	0,30	0,30	11,80	–	15,00	14,50	17,60	18,60	–	0,013	S 627 C TA
7	22	7	3,969	8	0,30	0,30	11,80	10,8	13,10	14,50	17,60	–	–	0,013	BNT 627 C TAM
8	16	4	1,984	12	0,20	0,20	10,60	–	11,90	12,00	13,40	14,00	–	0,003	S 618/8 C TA
8	19	6	3,175	10	0,30	0,30	10,70	–	13,65	13,50	15,90	16,50	–	0,007	S 619/8 C TA
8	22	7	3,969	9	0,30	0,30	11,80	–	15,00	15,00	17,60	18,60	–	0,010	S 608 C TA
8	22	7	3,969	9	0,30	0,30	11,80	–	15,00	15,00	17,60	18,60	–	0,010	SM 608 C TA
8	22	7	3,969	9	0,30	0,30	11,80	11,2	15,00	15,00	17,60	18,60	–	0,010	SH 608 C TA
8	22	7	3,969	8	0,30	0,30	11,80	10,8	13,10	15,00	17,60	–	–	0,012	BHT 608 C TAM
8	22	10,312	3,969	8	0,30	0,30	10,50	–	–	15,00	19,00	–	–	0,014	BHT 608 X - 2Z
9	17	4	1,984	13	0,20	0,20	11,60	–	12,90	13,00	14,40	15,00	–	0,003	S 618/9 C TA
9	20	6	3,175	11	0,30	0,20	12,40	–	14,90	14,50	17,20	17,90	–	0,007	S 619/9 C TA
9	24	7	3,969	10	0,30	0,30	13,45	–	16,90	16,50	19,90	20,60	–	0,014	S 609 C TA
9	24	7	3,969	10	0,30	0,30	13,45	–	16,90	16,50	19,90	20,60	–	0,014	SM 609 C TA
9	24	7	3,969	10	0,30	0,30	13,45	13,2	16,90	16,50	19,90	20,60	–	0,014	SH 609 C TA
9	24	7	3,969	9	0,30	0,30	13,45	12,7	15,30	16,50	19,90	–	–	0,014	BHT 609 C TAM
9	26	8	4,762	10	0,30	0,30	14,65	–	18,40	17,50	21,40	22,70	–	0,020	S 629 C TA
9	26	8	4,762	9	0,30	0,30	14,65	13,3	16,20	17,50	21,40	–	–	0,020	BNT 629 C TAM

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorp.	Bezeichnung
	C	C ₀		n	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}		
15	715	270	220000	3	9	6	11	37	10	21	76	13	20	S 618/5 C TA
15	1200	410	190000	6	19	7	18	61	11	36	130	15	30	S 619/5 C TA
15	1450	480	195000	7	22	8	20	70	13	40	150	20	40	S 605 C TA
15	1000	330	230000	5	15	5	14	45	9	28	96	13	33	SM 605 C TA
15	1950	750	170000	10	32	9	30	105	14	60	225	21	50	S 625 C TA
15	1750	640	150000	10	32	9	25	86	13	50	184	19	40	BNT 625 C TAM
15	790	330	180000	4	12	7	12	40	11	24	87	15	20	S 618/6 C TA
15	1300	470	165000	7	22	8	20	67	12	40	144	17	35	S 619/6 C TA
15	1550	560	170000	8	25	9	25	90	16	45	170	22	45	S 606 C TA
15	1100	380	200000	6	18	7	18	59	11	32	111	15	35	SM 606 C TA
15	2650	1150	125000	15	48	13	40	138	20	80	298	29	60	S 626 C TA
15	2400	1000	110000	12	38	11	35	121	18	70	260	25	50	BNT 626 C TAM
15	830	365	160000	4	12	7	12	40	12	25	90	16	20	S 618/7 C TA
15	1500	590	145000	8	25	9	23	77	15	46	164	21	40	S 619/7 C TA
15	2650	1150	125000	12	37	11	40	140	20	80	300	30	65	S 607 C TA
15	1950	750	150000	10	31	10	30	96	15	60	206	21	60	SM 607 C TA
15	1950	750	180000	10	31	7	30	96	13	60	206	20	70	SH 607 C TA
15	1800	700	135000	10	30	9	30	99	14	55	189	19	40	BHT 607 C TAM
15	3500	1500	115000	20	62	13	50	166	19	100	356	28	90	S 627 C TA
15	1750	640	100000	16	50	11	48	161	18	96	344	25	40	BNT 627 C TAM
15	1090	460	140000	5	15	8	16	55	13	35	123	17	30	S 618/8 C TA
15	2650	1140	125000	12	38	12	35	120	19	70	257	27	70	S 619/8 C TA
15	3500	1500	115000	17	52	12	50	165	20	100	355	28	90	S 608 C TA
15	2700	1100	136000	13	39	10	40	126	16	80	269	22	80	SM 608 C TA
15	2700	1100	163000	13	39	10	40	126	16	80	269	22	100	SH 608 C TA
15	2500	950	120000	12	36	9	35	112	14	70	236	19	80	BHT 608 C TAM
15	3500	1500	80000	17	52	12	50	165	20	100	355	28	60	BHT 608 X - 2Z
15	1130	500	130000	5	15	8	17	55	13	35	122	18	30	S 618/9 C TA
15	2850	1270	115000	12	38	13	40	137	21	75	274	29	70	S 619/9 C TA
15	3800	1700	102000	20	62	14	60	205	24	120	440	35	100	S 609 C TA
15	3000	1250	120000	16	48	12	50	163	20	100	345	27	90	SM 609 C TA
15	3000	1250	143000	16	48	12	50	163	20	100	345	27	110	SH 609 C TA
15	2800	1100	110000	15	45	11	45	146	18	90	311	24	80	BHT 609 C TAM
15	5600	2600	94000	30	96	19	80	277	30	160	596	42	140	S 629 C TA
15	5100	2300	83000	25	79	17	80	280	28	150	561	39	110	BNT 629 C TAM

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung, mit Ausnahme der Bauform BHT...X-2Z, die angegebenen Werte gelten bei Fettschmierung

Hauptmaße			Kugel		Kanten- abstand		Abmessungen							Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{s,min}	r' _{s,min}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m	
10	19	5	2,381	13	0,3	0,2	12,80	-	14,45	14,50	16,20	16,90	-	0,005	S 61800 C TA
10	19	5	2,381	13	0,3	0,2	12,80	-	14,45	14,50	16,20	16,90	-	0,005	S 61800 E TA
10	22	6	3,175	11	0,3	0,3	13,60	-	15,80	16,00	17,80	18,80	-	0,010	S 61900 C TA
10	22	6	3,175	11	0,3	0,3	13,60	-	15,80	16,00	17,80	18,80	-	0,010	S 61900 E TA
10	22	6	2,381	14	0,3	0,3	13,60	13,30	15,40	16,00	17,80	18,50	-	0,010	KH 61900 C TA
10	22	6	2,381	14	0,3	0,3	13,60	13,30	15,40	16,00	17,80	18,50	-	0,010	KH 61900 E TA
10	26	8	4,762	10	0,3	0,3	14,65	-	18,40	18,00	21,40	22,70	-	0,018	S 6000 C TA
10	26	8	4,762	10	0,3	0,3	14,65	-	18,40	18,00	21,40	22,70	-	0,018	S 6000 E TA
10	26	8	3,175	11	0,3	0,3	14,65	14,20	17,20	18,00	20,50	21,30	-	0,018	KH 6000 C TA
10	26	8	3,175	11	0,3	0,3	14,65	14,20	17,20	18,00	20,50	21,30	-	0,018	KH 6000 E TA
10	26	8	4,762	10	0,3	0,3	14,65	-	18,40	18,00	21,40	22,70	-	0,018	SM 6000 C TA
10	26	8	4,762	10	0,3	0,3	14,65	13,80	18,40	18,00	21,40	22,70	-	0,018	SH 6000 C TA
10	26	8	4,762	10	0,3	0,3	14,65	-	18,40	18,00	21,40	22,70	3	0,018	SMI 6000 C TA
10	26	8	4,762	9	0,3	0,3	14,65	13,30	16,20	18,00	21,40	-	-	0,019	BHT 6000 C TAM
10	26	11,506	4,762	10	0,3	0,3	13,00	-	-	18,00	21,40	-	-	0,024	BHT 6000 X - 2Z
10	30	9	5,556	10	0,6	0,6	16,00	-	20,50	20,00	24,45	25,50	-	0,030	S 6200 C TA
10	30	9	5,556	10	0,6	0,6	16,00	-	20,50	20,00	24,45	25,50	-	0,030	S 6200 E TA
10	30	9	5,556	9	0,6	0,6	16,00	14,50	18,20	20,00	24,45	-	-	0,030	BNT 6200 C TAM
12	21	5	2,381	15	0,3	0,2	14,60	-	16,20	16,50	18,00	18,60	-	0,006	S 61801 C TA
12	21	5	2,381	15	0,3	0,2	14,60	-	16,20	16,50	18,00	18,60	-	0,006	S 61801 E TA
12	24	6	3,175	13	0,3	0,3	15,40	-	17,55	18,00	19,60	20,60	-	0,011	S 61901 C TA
12	24	6	3,175	13	0,3	0,3	15,40	-	17,55	18,00	19,60	20,60	-	0,011	S 61901 E TA
12	24	6	2,381	15	0,3	0,3	15,40	15,10	17,20	18,00	19,60	20,30	-	0,011	KH 61901 C TA
12	24	6	2,381	15	0,3	0,3	15,40	15,10	17,20	18,00	19,60	20,30	-	0,011	KH 61901 E TA
12	28	8	4,762	11	0,3	0,3	16,65	-	20,30	20,00	23,40	24,70	-	0,020	S 6001 C TA
12	28	8	4,762	11	0,3	0,3	16,65	-	20,30	20,00	23,40	24,70	-	0,020	S 6001 E TA
12	28	8	3,175	13	0,3	0,3	16,65	16,20	19,30	20,00	22,50	23,30	-	0,020	KH 6001 C TA
12	28	8	3,175	13	0,3	0,3	16,65	16,20	19,30	20,00	22,50	23,30	-	0,020	KH 6001 E TA
12	28	8	4,762	11	0,3	0,3	16,65	-	20,30	20,00	23,40	24,70	-	0,020	SM 6001 C TA
12	28	8	4,762	11	0,3	0,3	16,65	15,80	20,30	20,00	23,40	24,70	-	0,020	SH 6001 C TA
12	28	8	4,762	11	0,3	0,3	16,65	-	20,30	20,00	23,40	24,70	3	0,020	SMI 6001 C TA
12	28	8	4,762	10	0,3	0,3	16,65	15,30	18,20	20,00	23,40	-	-	0,021	BHT 6001 C TAM
12	28	11,506	4,762	11	0,3	0,3	15,00	-	-	20,00	23,40	-	-	0,027	BHT 6001 X - 2Z
12	32	10	5,953	10	0,6	0,6	18,30	-	22,60	22,00	26,00	27,90	-	0,037	S 6201 C TA
12	32	10	5,953	10	0,6	0,6	18,30	-	22,60	22,00	26,00	27,90	-	0,037	S 6201 E TA
12	32	10	5,953	9	0,6	0,6	18,30	16,00	19,80	22,00	26,00	-	-	0,037	BNT 6201 C TAM

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorp.	Bezeichnung
	C	C ₀		F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}	C _{ax}		
15	1690	770	115000	8	25	10	25	83	17	50	177	23	40	S 61800 C TA
25	1610	730	100000	13	38	25	40	120	39	80	248	51	35	S 61800 E TA
15	2850	1280	110000	12	38	13	40	137	21	75	274	29	75	S 61900 C TA
25	2700	1100	92000	22	65	32	70	214	50	140	444	65	60	S 61900 E TA
15	1430	680	135000	7	20	12	21	66	18	45	147	25	50	KH 61900 C TA
25	1360	645	125000	11	33	25	35	104	37	70	211	49	40	KH 61900 E TA
15	5600	2600	95000	25	78	17	80	275	30	160	595	43	145	S 6000 C TA
25	5300	2400	80000	45	130	42	130	400	65	260	825	87	115	S 6000 E TA
15	2040	920	125000	10	30	12	30	92	19	60	194	26	65	KH 6000 C TA
25	1950	870	110000	16	47	26	50	151	39	100	306	51	60	KH 6000 E TA
15	4000	1700	111000	18	54	13	60	192	22	110	373	29	120	SM 6000 C TA
15	4000	1700	135000	18	54	13	60	192	22	110	373	29	150	SH 6000 C TA
15	4000	1700	155000	18	54	13	60	192	22	110	373	29	170	SMI 6000 C TA
15	3750	1550	100000	17	51	12	55	176	20	110	375	27	120	BHT 6000 C TAM
15	5600	2600	60000	25	78	17	80	275	30	160	595	43	90	BHT 6000 X - 2Z
15	7600	3700	85000	40	129	23	120	425	39	230	877	54	195	S 6200 C TA
25	7400	3500	72000	60	178	54	180	556	81	360	1156	110	160	S 6200 E TA
15	7000	3300	75000	35	113	20	100	352	33	200	760	47	160	BNT 6200 C TAM
15	1830	900	105000	9	28	12	25	82	18	55	194	26	50	S 61801 C TA
25	1740	850	89000	15	44	29	45	135	44	90	278	58	40	S 61801 E TA
15	3150	1530	97000	15	47	15	43	146	24	85	309	34	80	S 61901 C TA
25	3000	1300	83000	25	74	37	75	228	56	150	473	74	70	S 61901 E TA
15	1490	705	120000	7	22	12	22	67	19	45	148	26	50	KH 61901 C TA
25	1410	670	110000	12	35	26	35	105	39	70	210	51	45	KH 61901 E TA
15	6000	2900	85000	30	95	20	90	310	33	180	670	48	155	S 6001 C TA
25	5700	2700	72500	50	145	47	140	425	70	280	880	95	125	S 6001 E TA
15	2280	1110	110000	11	35	15	35	109	22	70	229	30	75	KH 6001 C TA
25	2180	1050	100000	18	51	30	55	164	45	110	333	59	65	KH 6001 E TA
15	4350	1900	100000	22	67	15	65	211	24	130	440	33	130	SM 6001 C TA
15	4350	1900	120000	22	67	15	65	211	24	130	440	33	160	SH 6001 C TA
15	4350	1900	140000	22	67	15	65	211	24	130	440	33	180	SMI 6001 C TA
15	4100	1750	90000	20	61	14	60	192	22	120	411	30	120	BHT 6001 C TAM
15	6000	2900	54000	30	95	20	90	310	33	180	670	48	100	BHT 6001 X - 2Z
15	8400	4100	77000	42	135	23	130	454	39	250	943	54	210	S 6201 C TA
25	8100	3900	66000	70	203	56	200	611	84	400	1280	112	180	S 6201 E TA
15	7800	3700	68000	40	129	21	120	422	35	240	912	50	175	BNT 6201 C TAM

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung, mit Ausnahme der Bauform BHT...X-2Z, die angegebenen Werte gelten bei Fettschmierung

Hauptmaße			Kugel		Kanten- abstand		Abmessungen							Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{s,min}	r' _{s,min}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m	
15	24	5	2,381	17	0,3	0,2	17,80	-	19,30	19,50	21,20	21,80	-	0,007	S 61802 C TA
15	24	5	2,381	17	0,3	0,2	17,80	-	19,30	19,50	21,20	21,80	-	0,007	S 61802 E TA
15	28	7	3,969	13	0,3	0,3	18,70	-	21,65	21,50	24,30	25,40	-	0,015	S 61902 C TA
15	28	7	3,969	13	0,3	0,3	18,70	-	21,65	21,50	24,30	25,40	-	0,015	S 61902 E TA
15	28	7	2,778	16	0,3	0,3	18,70	18,3	21,00	21,50	23,90	24,50	-	0,015	KH 61902 C TA
15	28	7	2,778	16	0,3	0,3	18,70	18,3	21,00	21,50	23,90	24,50	-	0,015	KH 61902 E TA
15	32	9	4,762	13	0,3	0,3	20,15	-	23,70	23,50	26,90	28,20	-	0,028	S 6002 C TA
15	32	9	4,762	13	0,3	0,3	20,15	-	23,70	23,50	26,90	28,20	-	0,028	S 6002 E TA
15	32	9	3,969	13	0,3	0,3	20,15	19,4	23,10	23,50	26,70	28,00	-	0,028	KH 6002 C TA
15	32	9	3,969	13	0,3	0,3	20,15	19,4	23,10	23,50	26,70	28,00	-	0,028	KH 6002 E TA
15	32	9	4,762	13	0,3	0,3	20,15	-	23,70	23,50	26,90	28,20	-	0,028	SM 6002 C TA
15	32	9	4,762	13	0,3	0,3	20,15	19,3	23,70	23,50	26,90	28,20	-	0,028	SH 6002 C TA
15	32	9	4,762	13	0,3	0,3	20,15	-	23,70	23,50	26,90	28,20	3	0,028	SMI 6002 C TA
15	32	9	4,762	12	0,3	0,3	20,15	18,8	21,70	23,50	26,90	-	-	0,030	BHT 6002 C TAM
15	32	11,506	4,762	13	0,3	0,3	18,50	-	-	23,50	26,90	-	-	0,034	BHT 6002 X - 2Z
15	35	11	5,953	11	0,6	0,3	21,10	-	25,70	25,00	29,00	31,30	-	0,044	S 6202 C TA
15	35	11	5,953	11	0,6	0,3	21,10	-	25,70	25,00	29,00	31,30	-	0,044	S 6202 E TA
15	35	11	5,953	10	0,6	0,3	21,10	19,3	23,10	25,00	29,00	-	-	0,044	BNT 6202 C TAM
17	26	5	2,381	19	0,3	0,2	19,80	-	21,35	21,50	23,20	23,80	-	0,008	S 61803 C TA
17	26	5	2,381	19	0,3	0,2	19,80	-	21,35	21,50	23,20	23,80	-	0,008	S 61803 E TA
17	30	7	3,969	14	0,3	0,3	21,00	-	23,90	23,50	26,60	27,70	-	0,017	S 61903 C TA
17	30	7	3,969	14	0,3	0,3	21,00	-	23,90	23,50	26,60	27,70	-	0,017	S 61903 E TA
17	30	7	2,778	18	0,3	0,3	21,00	20,6	23,30	23,50	26,20	26,80	-	0,017	KH 61903 C TA
17	30	7	2,778	18	0,3	0,3	21,00	20,6	23,30	23,50	26,20	26,80	-	0,017	KH 61903 E TA
17	35	10	4,762	14	0,3	0,3	22,65	-	26,20	26,00	29,40	30,70	-	0,037	S 6003 C TA
17	35	10	4,762	14	0,3	0,3	22,65	-	26,20	26,00	29,40	30,70	-	0,037	S 6003 E TA
17	35	10	3,969	15	0,3	0,3	22,65	22,0	25,70	26,00	29,80	30,40	-	0,037	KH 6003 C TA
17	35	10	3,969	15	0,3	0,3	22,65	22,0	25,70	26,00	29,80	30,40	-	0,037	KH 6003 E TA
17	35	10	4,762	14	0,3	0,3	22,65	-	26,20	26,00	29,40	30,70	-	0,037	SM 6003 C TA
17	35	10	4,762	14	0,3	0,3	22,65	21,8	26,20	26,00	29,40	30,70	-	0,037	SH 6003 C TA
17	35	10	4,762	14	0,3	0,3	22,65	-	26,20	26,00	29,40	30,70	3	0,037	SMI 6003 C TA
17	35	10	4,762	13	0,3	0,3	22,65	21,3	24,20	26,00	29,40	-	-	0,039	BHT 6003 C TAM
17	35	12,7	4,762	14	0,3	0,3	21,00	-	-	26,00	29,40	-	-	0,046	BHT 6003 X - 2Z
17	40	12	6,747	11	0,6	0,3	24,10	-	29,00	28,50	32,95	35,20	-	0,065	S 6203 C TA
17	40	12	6,747	11	0,6	0,3	24,10	-	29,00	28,50	32,95	35,20	-	0,065	S 6203 E TA
17	40	12	6,747	10	0,6	0,3	24,10	21,8	26,10	28,50	32,95	-	-	0,065	BNT 6203 C TAM

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorsp.	Bezeichnung
	α_0	C		C_0	n	F_v	$F_{a_{max}}$	C_{ax}	F_v	$F_{a_{max}}$	C_{ax}	F_v		
15	1930	1040	87000	10	31	13	30	99	21	60	211	29	50	S 61802 C TA
25	1820	980	74000	15	44	32	45	135	48	90	277	62	40	S 61802 E TA
15	4570	2160	79000	22	69	18	70	237	29	140	509	42	115	S 61902 C TA
25	4350	2050	67000	35	102	44	110	333	68	220	689	89	95	S 61902 E TA
15	2030	1030	100000	10	29	15	30	92	23	60	177	31	65	KH 61902 C TA
25	1930	980	90000	16	45	32	50	146	48	100	299	64	60	KH 61902 E TA
15	6800	3500	72000	32	100	22	100	340	38	200	740	55	175	S 6002 C TA
25	6400	3300	62000	55	160	54	160	490	82	320	1010	110	140	S 6002 E TA
15	3450	1710	92000	17	49	18	50	156	27	100	322	36	110	KH 6002 C TA
25	3300	1630	83000	30	89	39	80	238	55	160	484	72	95	KH 6002 E TA
15	4950	2300	85000	22	65	17	75	240	28	150	507	38	150	SM 6002 C TA
15	4950	2300	102000	22	65	17	75	240	28	150	507	38	170	SH 6002 C TA
15	4950	2300	120000	22	65	17	75	240	28	150	507	38	210	SMI 6002 C TA
15	4700	2150	77000	22	65	16	70	226	26	140	474	36	150	BHT 6002 C TAM
15	6800	3500	46000	32	100	22	100	340	38	200	740	55	110	BHT 6002 X - 2Z
15	9100	4600	67000	45	145	25	130	451	41	270	1013	59	230	S 6202 C TA
25	8800	4400	57000	75	223	61	220	673	93	440	1408	123	190	S 6202 E TA
15	8600	4200	59000	43	135	23	130	454	39	260	979	55	190	BNT 6202 C TAM
15	2040	1160	79000	10	31	14	30	98	22	60	208	31	50	S 61803 C TA
25	1920	1100	67000	16	47	35	50	149	54	100	307	69	40	S 61803 E TA
15	4770	2350	71000	25	78	20	75	254	32	150	545	45	120	S 61903 C TA
25	4500	2200	61000	40	117	49	120	364	73	240	752	96	100	S 61903 E TA
15	2170	1180	90000	11	32	17	35	108	27	65	211	34	70	KH 61903 C TA
25	2060	1110	82000	17	50	35	50	148	62	100	305	67	60	KH 61903 E TA
15	7000	3800	65000	35	110	24	105	360	41	210	775	59	180	S 6003 C TA
25	6700	3600	56000	60	175	58	170	515	88	340	1070	115	150	S 6003 E TA
15	3750	2020	82000	19	57	20	55	170	31	110	351	41	120	KH 6003 C TA
25	3600	1820	74000	30	90	42	90	265	63	180	546	82	105	KH 6003 E TA
15	5200	2500	77000	25	76	19	80	259	30	160	546	21	160	SM 6003 C TA
15	5200	2500	92000	25	76	19	80	259	30	160	546	21	190	SH 6003 C TA
15	5200	2500	110000	25	76	19	80	259	30	160	546	21	230	SMI 6003 C TA
15	4950	2350	69000	25	76	18	75	240	28	150	507	38	170	BHT 6003 C TAM
15	7000	3800	41000	35	110	24	105	360	41	210	775	59	110	BHT 6003 X - 2Z
15	11600	6000	60000	60	192	29	170	593	48	350	1321	69	300	S 6203 C TA
25	11200	5700	51000	90	266	69	280	861	106	560	1790	143	245	S 6203 E TA
15	10900	5500	53000	55	176	27	160	560	44	320	1208	63	250	BNT 6203 C TAM

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung, mit Ausnahme der Bauform BHT...X-2Z, die angegebenen Werte gelten bei Fettschmierung

Hauptmaße			Kugel		Kantenabstand		Abmessungen							Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{smin}	r' _{smin}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m	
20	32	7	3,175	18	0,3	0,3	23,90	-	25,95	26,00	28,10	29,10	-	0,018	S 61804 C TA
20	32	7	3,175	18	0,3	0,3	23,90	-	25,95	26,00	28,10	29,10	-	0,018	S 61804 E TA
20	37	9	4,762	15	0,3	0,3	25,10	-	28,65	28,50	31,90	33,20	-	0,036	S 61904 C TA
20	37	9	4,762	15	0,3	0,3	25,10	-	28,65	28,50	31,90	33,20	-	0,036	S 61904 E TA
20	37	9	3,969	16	0,3	0,3	25,10	24,50	28,00	28,50	31,70	33,00	-	0,036	KH 61904 C TA
20	37	9	3,969	16	0,3	0,3	25,10	24,50	28,00	28,50	31,70	33,00	-	0,036	KH 61904 E TA
20	42	12	6,350	13	0,6	0,3	26,60	-	31,40	31,00	35,50	37,30	-	0,063	S 6004 C TA
20	42	12	6,350	13	0,6	0,3	26,60	-	31,40	31,00	35,50	37,30	-	0,063	S 6004 E TA
20	42	12	5,556	14	0,6	0,3	26,60	25,25	30,50	31,00	36,40	38,00	-	0,063	KH 6004 C TA
20	42	12	5,556	14	0,6	0,3	26,60	25,25	30,50	31,00	36,40	38,00	-	0,063	KH 6004 E TA
20	42	12	6,350	13	0,6	0,3	26,60	-	31,40	31,00	35,50	37,30	-	0,063	SM 6004 C TA
20	42	12	6,350	13	0,6	0,3	26,60	25,40	31,40	31,00	35,50	37,30	-	0,063	SH 6004 C TA
20	42	12	6,350	13	0,6	0,3	26,60	-	31,40	31,00	35,50	37,30	3	0,063	SMI 6004 C TA
20	42	12	6,350	12	0,6	0,6	26,60	24,70	28,70	31,00	35,50	-	-	0,067	BHT 6004 C TAM
20	42	15,875	6,350	13	0,6	0,6	24,30	-	-	31,00	37,00	-	-	0,070	BHT 6004 X-2Z
20	47	14	7,938	11	1,0	0,6	28,50	-	34,20	33,50	38,55	41,40	-	0,105	S 6204 C TA
20	47	14	7,938	11	1,0	0,6	28,50	-	34,20	33,50	38,55	41,40	-	0,105	S 6204 E TA
20	47	14	7,938	10	1,0	0,6	28,50	25,60	30,90	33,50	38,55	-	-	0,105	BNT 6204 C TAM
25	37	7	3,175	19	0,3	0,3	28,90	-	30,90	31,00	33,10	34,10	-	0,021	S 61805 C TA
25	37	7	3,175	19	0,3	0,3	28,90	-	30,90	31,00	33,10	34,10	-	0,021	S 61805 E TA
25	42	9	4,762	17	0,3	0,3	30,60	-	34,10	33,50	37,40	38,70	-	0,041	S 61905 C TA
25	42	9	4,762	17	0,3	0,3	30,60	-	34,10	33,50	37,40	38,70	-	0,041	S 61905 E TA
25	42	9	3,969	19	0,3	0,3	30,60	30,00	33,50	33,50	37,20	38,50	-	0,041	KH 61905 C TA
25	42	9	3,969	19	0,3	0,3	30,60	30,00	33,50	33,50	37,20	38,50	-	0,041	KH 61905 E TA
25	47	12	6,350	15	0,6	0,3	32,20	-	36,30	36,00	40,10	42,30	-	0,076	S 6005 C TA
25	47	12	6,350	15	0,6	0,3	32,20	-	36,30	36,00	40,10	42,30	-	0,076	S 6005 E TA
25	47	12	5,556	17	0,6	0,3	32,20	30,85	36,10	36,00	42,00	43,60	-	0,076	KH 6005 C TA
25	47	12	5,556	17	0,6	0,3	32,20	30,85	36,10	36,00	42,00	43,60	-	0,076	KH 6005 E TA
25	47	12	6,350	15	0,6	0,3	32,20	-	36,30	36,00	40,10	42,30	-	0,076	SM 6005 C TA
25	47	12	6,350	15	0,6	0,3	32,20	30,40	36,30	36,00	40,10	42,30	-	0,076	SH 6005 C TA
25	47	12	6,350	15	0,6	0,3	32,20	-	36,30	36,00	40,10	42,30	3	0,076	SMI 6005 C TA
25	47	12	6,350	14	0,6	0,6	32,20	29,70	33,70	36,00	40,10	-	-	0,080	BHT 6005 C TAM
25	52	15	7,938	13	1,0	0,6	34,04	-	39,60	38,50	44,05	46,90	-	0,128	S 6205 C TA
25	52	15	7,938	13	1,0	0,6	34,04	-	39,60	38,50	44,05	46,90	-	0,128	S 6205 E TA
25	52	15	7,938	12	1,0	0,6	34,04	31,20	36,50	38,50	44,05	-	-	0,128	BNT 6205 C TAM

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorsp.	Bezeichnung
	C	C ₀		n	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}		
15	3700	2190	65000	19	59	21	55	186	32	110	397	45	95	S 61804 C TA
25	3500	2070	56000	30	88	49	90	273	74	170	530	95	75	S 61804 E TA
15	7350	3900	60000	35	110	26	110	377	43	220	811	61	190	S 61904 C TA
25	7000	3700	51000	55	161	62	170	517	95	340	1071	125	150	S 61904 E TA
15	3900	2080	75000	20	61	21	60	187	33	120	390	44	125	KH 61904 C TA
25	3700	1970	68000	30	89	44	90	263	66	180	542	85	110	KH 61904 E TA
15	12400	6900	55000	60	190	33	180	640	57	360	1380	84	320	S 6004 C TA
25	11900	6500	47000	100	300	78	300	930	120	600	1940	165	260	S 6004 E TA
15	6550	3600	70000	35	106	27	100	308	40	200	647	54	210	KH 6004 C TA
25	6300	3400	63000	50	142	54	160	479	82	320	975	106	180	KH 6004 E TA
15	8400	4150	65000	40	121	24	120	387	37	240	818	51	250	SM 6004 C TA
15	8400	4150	78000	40	121	24	120	387	37	240	818	51	300	SH 6004 C TA
15	8400	4150	90000	40	121	24	120	387	37	240	818	51	350	SMI 6004 C TA
15	7950	3800	58000	40	160	23	120	387	35	240	818	48	250	BHT 6004 C TAM
15	12400	6900	41000	60	190	33	180	640	57	360	1380	84	200	BHT 6004 X-2Z
15	17200	9300	51000	85	278	38	260	947	66	500	1968	94	440	S 6204 C TA
25	16500	8800	43000	140	419	91	410	1286	139	820	2688	189	360	S 6204 E TA
15	16000	8500	45000	80	263	35	240	876	61	480	1902	88	360	BNT 6204 C TAM
15	3700	2340	55000	19	59	21	55	185	33	110	395	46	95	S 61805 C TA
25	3500	2200	47000	30	88	51	90	272	76	170	529	98	75	S 61805 E TA
15	7800	4490	50000	40	126	29	120	410	48	240	881	67	200	S 61905 C TA
25	7400	4200	43000	60	176	70	180	546	105	360	1130	138	160	S 61905 E TA
15	4300	2550	63000	22	64	25	65	198	38	130	419	51	140	KH 61905 C TA
25	4100	2400	57000	35	98	52	100	289	76	200	597	99	120	KH 61905 E TA
15	13700	8100	47000	70	225	38	200	705	65	400	1520	95	350	S 6005 C TA
25	12900	7700	40000	110	325	88	320	990	135	640	2050	180	280	S 6005 E TA
15	7450	4500	59000	35	105	30	110	335	47	220	698	63	235	KH 6005 C TA
25	7100	4050	53000	60	173	65	180	537	96	360	1085	125	205	KH 6005 E TA
15	9300	4850	55000	50	152	28	140	447	43	280	945	59	300	SM 6005 C TA
15	9300	4850	67000	50	152	28	140	447	43	280	945	59	350	SH 6005 C TA
15	9300	4850	78000	50	152	28	140	447	43	280	945	59	400	SMI 6005 C TA
15	8850	4500	50000	45	138	26	130	417	40	260	882	55	300	BHT 6005 C TAM
15	19400	11200	44000	100	327	45	300	1090	77	600	2365	112	495	S 6205 C TA
25	18500	10600	37000	150	447	104	450	1405	159	900	2935	216	395	S 6205 E TA
15	18300	10400	38000	90	294	41	270	978	70	540	2122	102	402	BNT 6205 C TAM

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung

Hauptmaße			Kugel		Kantenabstand		Abmessungen							Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{s,min}	r' _{s,min}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m	
30	42	7	3,175	22	0,3	0,3	34,10	-	36,00	36,00	38,30	39,30	-	0,025	S 61806 C TA
30	42	7	3,175	22	0,3	0,3	34,10	-	36,00	36,00	38,30	39,30	-	0,025	S 61806 E TA
30	47	9	4,762	18	0,3	0,3	35,10	-	38,55	38,50	41,90	43,20	-	0,047	S 61906 C TA
30	47	9	4,762	18	0,3	0,3	35,10	-	38,55	38,50	41,90	43,20	-	0,047	S 61906 E TA
30	47	9	3,969	22	0,3	0,3	35,10	34,50	37,95	38,50	41,70	43,00	-	0,047	KH 61906 C TA
30	47	9	3,969	22	0,3	0,3	35,10	34,50	37,95	38,50	41,70	43,00	-	0,047	KH 61906 E TA
30	55	13	7,144	16	1,0	0,6	38,10	-	42,80	42,50	47,00	49,50	-	0,112	S 6006 C TA
30	55	13	7,144	16	1,0	0,6	38,10	-	42,80	42,50	47,00	49,50	-	0,112	S 6006 E TA
30	55	13	5,556	20	1,0	0,6	38,10	36,75	42,00	42,50	47,90	49,50	-	0,112	KH 6006 C TA
30	55	13	5,556	20	1,0	0,6	38,10	36,75	42,00	42,50	47,90	49,50	-	0,112	KH 6006 E TA
30	55	13	7,144	16	1,0	0,6	38,10	-	42,80	42,50	47,00	49,50	-	0,112	SM 6006 C TA
30	55	13	7,144	16	1,0	0,6	38,10	36,20	42,80	42,50	47,00	49,50	-	0,112	SH 6006 C TA
30	55	13	7,144	16	1,0	0,6	38,10	-	42,80	42,50	47,00	49,50	3	0,112	SMI 6006 C TA
30	55	13	7,144	15	1,0	0,6	38,10	35,40	40,00	42,50	47,00	-	-	0,117	BHT 6006 C TAM
30	62	16	9,525	13	1,0	0,6	40,40	-	46,70	46,00	52,05	55,40	-	0,199	S 6206 C TA
30	62	16	9,525	13	1,0	0,6	40,40	-	46,70	46,00	52,05	55,40	-	0,199	S 6206 E TA
30	62	16	9,525	12	1,0	0,6	40,40	36,50	43,00	46,00	52,05	-	-	0,199	BNT 6206 C TAM
35	47	7	3,175	24	0,3	0,3	38,90	-	40,85	41,00	43,10	44,10	-	0,028	S 61807 C TA
35	47	7	3,175	24	0,3	0,3	38,90	-	40,85	41,00	43,10	44,10	-	0,028	S 61807 E TA
35	55	10	5,556	18	0,6	0,3	41,40	-	45,10	45,00	48,60	50,40	-	0,075	S 61907 C TA
35	55	10	5,556	18	0,6	0,3	41,40	-	45,10	45,00	48,60	50,40	-	0,075	S 61907 E TA
35	55	10	3,969	26	0,6	0,3	41,40	40,80	44,60	45,00	48,10	49,40	-	0,075	KH 61907 C TA
35	55	10	3,969	26	0,6	0,3	41,40	40,80	44,60	45,00	48,10	49,40	-	0,075	KH 61907 E TA
35	62	14	7,938	16	1,0	0,6	43,20	-	48,90	48,50	53,10	56,30	-	0,149	S 6007 C TA
35	62	14	7,938	16	1,0	0,6	43,20	-	48,90	48,50	53,10	56,30	-	0,149	S 6007 E TA
35	62	14	6,350	20	1,0	0,6	43,20	41,50	47,70	48,50	53,60	56,00	-	0,149	KH 6007 C TA
35	62	14	6,350	20	1,0	0,6	43,20	41,50	47,70	48,50	53,60	56,00	-	0,149	KH 6007 E TA
35	62	14	7,938	16	1,0	0,6	43,20	-	48,90	48,50	53,10	56,30	-	0,149	SM 6007 C TA
35	62	14	7,938	16	1,0	0,6	43,20	41,50	48,90	48,50	53,10	56,30	-	0,149	SH 6007 C TA
35	62	14	7,938	16	1,0	0,6	43,20	-	48,90	48,50	53,10	56,30	4	0,149	SMI 6007 C TA
35	72	17	11,112	13	1,1	0,6	47,40	-	54,40	53,50	60,55	64,50	-	0,290	S 6207 C TA
35	72	17	11,112	13	1,1	0,6	47,40	-	54,40	53,50	60,55	64,50	-	0,290	S 6207 E TA

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorp.	Bezeichnung
	α_0	C		C_0	n	F_v	$F_{a_{max}}$	C_{ax}	F_v	$F_{a_{max}}$	C_{ax}	F_v		
15	3900	2750	47000	20	62	24	60	200	37	120	428	52	100	S 61806 C TA
25	3700	2550	40000	30	88	56	90	270	76	180	557	109	80	S 61806 E TA
15	7940	4800	44000	40	125	30	120	408	50	240	875	69	200	S 61906 C TA
25	7500	4500	38000	60	176	72	190	577	111	380	1193	146	165	S 61906 E TA
15	4650	3000	55000	23	66	28	70	215	43	140	446	57	150	KH 61906 C TA
25	4400	2850	50000	35	97	58	110	322	87	220	657	112	130	KH 61906 E TA
15	16800	10500	40000	85	270	43	250	860	72	500	1870	105	430	S 6006 C TA
25	16000	9900	34000	130	380	98	400	1220	150	800	2540	205	350	S 6006 E TA
15	8300	5150	50000	40	118	35	120	369	54	250	798	73	265	KH 6006 C TA
25	7800	4900	46000	65	192	74	200	582	111	390	1165	143	225	KH 6006 E TA
15	12100	6700	47000	60	179	32	180	574	50	360	1221	69	350	SM 6006 C TA
15	12100	6700	57000	60	179	32	180	574	50	360	1221	69	450	SH 6006 C TA
15	12100	6700	66000	60	179	32	180	574	50	360	1221	69	500	SMI 6006 C TA
15	11600	6250	42000	60	183	31	170	546	47	340	1145	65	350	BHT 6006 C TAM
15	25500	15200	37000	130	418	49	380	1339	82	760	2892	117	650	S 6206 C TA
25	24300	14300	32000	200	592	117	600	1851	177	1200	3851	239	540	S 6206 E TA
15	24200	14000	33000	120	385	46	360	1272	77	720	2748	110	550	BNT 6206 C TAM
15	4000	3000	41000	20	62	25	60	199	39	120	424	54	100	S 61807 C TA
25	3800	2800	35000	30	87	58	90	271	93	190	587	118	80	S 61807 E TA
15	11000	6940	38000	55	174	37	165	569	61	330	1225	86	280	S 61907 C TA
25	10400	6500	32000	90	265	91	260	794	135	520	1647	177	225	S 61907 E TA
15	5100	3600	47000	25	73	32	80	246	50	150	472	64	165	KH 61907 C TA
25	4800	3400	43000	40	114	67	120	350	99	240	736	129	140	KH 61907 E TA
15	20900	13500	35000	100	315	50	300	1040	84	600	2240	120	555	S 6007 C TA
25	19900	12700	30000	170	500	118	500	1530	180	1000	3190	245	450	S 6007 E TA
15	10500	6700	44000	50	148	40	160	490	62	320	1026	82	335	KH 6007 C TA
25	10000	6350	40000	80	228	83	250	743	125	500	1491	162	290	KH 6007 E TA
15	14500	8200	41000	70	211	37	210	671	57	420	1404	77	450	SM 6007 C TA
15	14500	8200	50000	70	211	37	210	671	57	420	1404	77	550	SH 6007 C TA
15	14500	8200	58000	70	211	37	210	671	57	420	1404	77	650	SMI 6007 C TA
15	35200	21800	32000	180	585	60	530	1899	102	1000	3853	142	905	S 6207 C TA
25	33700	20800	27000	280	833	142	840	2613	217	1700	5521	296	730	S 6207 E TA

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung

Hauptmaße			Kugel		Kanten- abstand		Abmessungen							Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{s,min}	r' _{s,min}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m	
40	52	7	3,175	26	0,3	0,3	43,90	-	45,85	46,00	48,10	49,10	-	0,031	S 61808 C TA
40	52	7	3,175	26	0,3	0,3	43,90	-	45,85	46,00	48,10	49,10	-	0,031	S 61808 E TA
40	62	12	6,350	19	0,6	0,3	46,80	-	51,15	51,00	55,20	57,20	-	0,109	S 61908 C TA
40	62	12	6,350	19	0,6	0,3	46,80	-	51,15	51,00	55,20	57,20	-	0,109	S 61908 E TA
40	62	10	4,762	25	0,6	0,3	46,80	45,30	49,80	51,00	55,20	56,70	-	0,109	KH 61908 C TA
40	62	10	4,762	25	0,6	0,3	46,80	45,30	49,80	51,00	55,20	56,70	-	0,109	KH 61908 E TA
40	68	15	7,938	18	1,0	0,6	49,20	-	54,30	54,00	59,00	61,80	-	0,185	S 6008 C TA
40	68	15	7,938	18	1,0	0,6	49,20	-	54,30	54,00	59,00	61,80	-	0,185	S 6008 E TA
40	68	15	6,350	22	1,0	0,6	49,20	47,50	53,50	54,00	60,20	62,60	-	0,185	KH 6008 C TA
40	68	15	6,350	22	1,0	0,6	49,20	47,50	53,50	54,00	60,20	62,60	-	0,185	KH 6008 E TA
40	68	15	7,938	18	1,0	0,6	49,20	-	54,30	54,00	59,00	61,80	-	0,185	SM 6008 C TA
40	68	15	7,938	18	1,0	0,6	49,20	47,00	54,30	54,00	59,00	61,80	-	0,185	SH 6008 C TA
40	68	15	7,938	18	1,0	0,6	49,20	-	54,30	54,00	59,00	61,80	4	0,185	SMI 6008 C TA
40	80	18	11,906	13	1,1	0,6	52,80	-	60,90	60,00	67,60	71,80	-	0,368	S 6208 C TA
40	80	18	11,906	13	1,1	0,6	52,80	-	60,90	60,00	67,60	71,80	-	0,368	S 6208 E TA
45	58	7	3,175	28	0,3	0,3	49,40	-	51,30	51,50	53,60	54,60	-	0,039	S 61809 C TA
45	58	7	3,175	28	0,3	0,3	49,40	-	51,30	51,50	53,60	54,60	-	0,039	S 61809 E TA
45	68	12	6,350	20	0,6	0,3	52,30	-	56,60	56,50	60,70	62,70	-	0,128	S 61909 C TA
45	68	12	6,350	20	0,6	0,3	52,30	-	56,60	56,50	60,70	62,70	-	0,128	S 61909 E TA
45	68	12	4,762	28	0,6	0,3	52,30	50,8	55,25	56,50	60,70	62,20	-	0,128	KH 61909 C TA
45	68	12	4,762	28	0,6	0,3	52,30	50,8	55,25	56,50	60,70	62,20	-	0,128	KH 61909 E TA
45	75	16	8,731	18	1,0	0,6	54,70	-	60,40	60,00	65,00	68,60	-	0,238	S 6009 C TA
45	75	16	8,731	18	1,0	0,6	54,70	-	60,40	60,00	65,00	68,60	-	0,238	S 6009 E TA
45	75	16	6,350	22	1,0	0,6	54,70	53,0	59,10	60,00	65,60	67,75	-	0,238	KH 6009 C TA
45	75	16	6,350	22	1,0	0,6	54,70	53,0	59,10	60,00	65,60	67,75	-	0,238	KH 6009 E TA
45	75	16	8,731	18	1,0	0,6	54,70	-	60,40	60,00	65,00	68,60	-	0,238	SM 6009 C TA
45	75	16	8,731	18	1,0	0,6	54,70	52,3	60,40	60,00	65,00	68,60	-	0,238	SH 6009 C TA
45	75	16	8,731	18	1,0	0,6	54,70	-	60,40	60,00	65,00	68,60	4	0,238	SMI 6009 C TA
45	85	19	12,700	14	1,1	0,6	57,40	-	66,00	65,00	72,45	77,50	-	0,416	S 6209 C TA
45	85	19	12,700	14	1,1	0,6	57,40	-	66,00	65,00	72,45	77,50	-	0,416	S 6209 E TA

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorsp.	Bezeichnung
	α_0	C		C_0	n	F_v	$F_{a_{max}}$	C_{ax}	F_v	$F_{a_{max}}$	C_{ax}	F_v		
15	4100	3250	37000	21	65	27	60	198	41	120	421	57	105	S 61808 C TA
25	3850	3050	32000	30	87	62	100	300	97	190	585	124	85	S 61808 E TA
15	15200	10100	33000	75	239	46	230	804	77	460	1735	109	385	S 61908 C TA
25	14300	9500	28500	120	354	111	360	1106	168	720	2298	225	315	S 61908 E TA
15	6950	4950	42000	35	102	37	100	303	55	210	664	75	220	KH 61908 C TA
25	6550	4650	38000	55	163	77	160	477	113	330	998	148	190	KH 61908 E TA
15	22400	15300	31500	110	350	53	330	1150	91	660	2480	130	570	S 6008 C TA
25	21200	14500	27000	180	530	125	530	1630	190	1100	3520	265	465	S 6008 E TA
15	11000	7500	39000	55	163	44	160	486	65	330	1054	88	350	KH 6008 C TA
25	10500	7100	36000	90	264	92	260	756	135	520	1560	175	300	KH 6008 E TA
15	15600	9300	37000	80	242	40	230	732	61	460	1563	83	450	SM 6008 C TA
15	15600	9300	45000	80	242	40	230	732	61	460	1563	83	550	SH 6008 C TA
15	15600	9300	52000	80	242	40	230	732	61	460	1563	83	650	SMI 6008 C TA
15	37200	22900	28500	185	588	58	560	1949	98	1100	4119	137	950	S 6208 C TA
25	35400	22000	24000	300	886	142	900	2763	215	1800	5740	288	765	S 6208 E TA
15	4200	3500	33000	21	64	28	65	214	44	130	456	61	110	S 61809 C TA
25	3950	3300	28000	35	102	68	100	299	102	200	615	132	85	S 61809 E TA
15	15400	10700	30000	80	255	49	230	800	79	460	1725	112	390	S 61909 C TA
25	14500	10100	25500	120	354	115	360	1104	173	720	2291	232	315	S 61909 E TA
15	7350	5550	38000	35	102	40	110	339	61	220	689	81	235	KH 61909 C TA
25	6950	5250	34000	60	170	86	170	497	124	350	1042	162	200	KH 61909 E TA
15	27400	19200	28000	130	415	60	400	1410	105	800	3050	150	690	S 6009 C TA
25	26000	18100	24000	210	620	140	650	2010	220	1300	4180	300	560	S 6009 E TA
15	10900	7600	36000	55	163	44	160	486	65	330	1040	88	345	KH 6009 C TA
25	10300	7200	32000	90	265	92	260	756	135	520	1560	175	295	KH 6009 E TA
15	18800	11400	33000	90	273	44	275	883	69	550	1777	93	550	SM 6009 C TA
15	18800	11400	40000	90	273	44	275	883	69	550	1777	93	700	SH 6009 C TA
15	18800	11400	47000	90	273	44	275	883	69	550	1777	93	800	SMI 6009 C TA
15	45900	29900	26000	230	740	71	700	2481	119	1400	5366	171	1165	S 6209 C TA
25	43800	28500	22500	370	1097	169	1100	3403	257	2200	7085	346	960	S 6209 E TA

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung

Hauptmaße			Kugel		Kanten- abstand		Abmessungen							Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{s,min}	r' _{s,min}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m	
50	65	7	3,969	26	0,3	0,3	54,70	-	57,35	57,50	60,30	61,30	-	0,049	S 61810 C TA
50	65	7	3,969	26	0,3	0,3	54,70	-	57,35	57,50	60,30	61,30	-	0,049	S 61810 E TA
50	72	12	6,350	21	0,6	0,3	56,80	-	61,05	61,00	65,20	67,20	-	0,129	S 61910 C TA
50	72	12	6,350	21	0,6	0,3	56,80	-	61,05	61,00	65,20	67,20	-	0,129	S 61910 E TA
50	72	12	4,762	30	0,6	0,3	56,80	55,30	59,75	61,00	65,20	66,70	-	0,129	KH 61910 C TA
50	72	12	4,762	30	0,6	0,3	56,80	55,30	59,75	61,00	65,20	66,70	-	0,129	KH 61910 E TA
50	80	16	8,731	19	1,0	0,6	59,70	-	65,30	65,00	70,00	73,60	-	0,256	S 6010 C TA
50	80	16	8,731	19	1,0	0,6	59,70	-	65,30	65,00	70,00	73,60	-	0,256	S 6010 E TA
50	80	16	6,350	25	1,0	0,6	59,70	58,00	64,00	65,00	70,70	73,10	-	0,256	KH 6010 C TA
50	80	16	6,350	25	1,0	0,6	59,70	58,00	64,00	65,00	70,70	73,10	-	0,256	KH 6010 E TA
50	80	16	8,731	19	1,0	0,6	59,70	-	65,30	65,00	70,00	73,60	-	0,256	SM 6010 C TA
50	80	16	8,731	19	1,0	0,6	59,70	57,30	65,30	65,00	70,00	73,60	-	0,256	SH 6010 C TA
50	80	16	8,731	19	1,0	0,6	59,70	-	65,30	65,00	70,00	73,60	4	0,256	SMI 6010 C TA
50	90	20	12,700	15	1,1	0,6	62,45	-	70,90	70,00	76,90	82,70	-	0,486	S 6210 C TA
50	90	20	12,700	15	1,1	0,6	62,45	-	70,90	70,00	76,90	82,70	-	0,486	S 6210 E TA
55	72	9	4,762	26	0,3	0,3	60,10	-	63,40	63,50	66,90	68,10	-	0,077	S 61811 C TA
55	72	9	4,762	26	0,3	0,3	60,10	-	63,40	63,50	66,90	68,10	-	0,077	S 61811 E TA
55	80	13	7,144	21	1,0	0,3	63,10	-	67,60	67,50	71,90	74,50	-	0,181	S 61911 C TA
55	80	13	7,144	21	1,0	0,3	63,10	-	67,60	67,50	71,90	74,50	-	0,181	S 61911 E TA
55	80	13	5,556	30	1,0	0,3	63,10	61,75	66,80	67,50	72,90	74,50	-	0,181	KH 61911 C TA
55	80	13	5,556	30	1,0	0,3	63,10	61,75	66,80	67,50	72,90	74,50	-	0,181	KH 61911 E TA
55	90	18	9,525	20	1,1	1,0	66,80	-	72,80	72,50	78,20	81,90	-	0,374	S 6011 C TA
55	90	18	9,525	20	1,1	1,0	66,80	-	72,80	72,50	78,20	81,90	-	0,374	S 6011 E TA
55	90	18	7,938	23	1,1	1,0	66,80	65,60	71,80	72,50	79,20	82,40	-	0,374	KH 6011 C TA
55	90	18	7,938	23	1,1	1,0	66,80	65,60	71,80	72,50	79,20	82,40	-	0,374	KH 6011 E TA
55	90	18	9,525	20	1,1	1,0	66,80	-	72,80	72,50	78,20	81,90	-	0,374	SM 6011 C TA
55	90	18	9,525	20	1,1	1,0	66,80	63,60	72,80	72,50	78,20	81,90	-	0,374	SH 6011 C TA
55	90	18	9,525	20	1,1	1,0	66,80	-	72,80	72,50	78,20	81,90	4	0,374	SMI 6011 C TA
55	100	21	14,288	15	1,5	1,0	69,00	-	78,60	77,50	85,80	91,60	-	0,621	S 6211 C TA
55	100	21	14,288	15	1,5	1,0	69,00	-	78,60	77,50	85,80	91,60	-	0,621	S 6211 E TA

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorp.	Bezeichnung
	C	C ₀		n	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}		
15	6000	4850	29500	30	92	31	90	294	49	180	625	68	155	S 61810 C TA
25	5650	4600	25000	45	131	75	140	417	114	300	921	153	120	S 61810 E TA
15	15600	11300	28000	80	254	50	230	796	81	460	1715	115	400	S 61910 C TA
25	14700	10600	24000	120	354	119	370	1133	180	740	2351	241	325	S 61910 E TA
15	7600	6000	35000	40	116	44	110	333	64	230	724	86	240	KH 61910 C TA
25	7150	5650	32000	60	169	90	180	532	132	360	1064	171	205	KH 61910 E TA
15	28200	20200	26000	140	450	64	420	1480	110	840	3200	160	715	S 6010 C TA
25	26600	19300	22000	220	650	145	670	2060	230	1330	4270	310	570	S 6010 E TA
15	11700	8700	33000	60	177	49	180	553	74	350	1132	98	370	KH 6010 C TA
25	11100	8200	30000	90	256	100	280	814	150	560	1682	194	320	KH 6010 E TA
15	19300	12100	31000	100	303	47	290	921	72	580	1947	99	600	SM 6010 C TA
15	19300	12100	37000	100	303	47	290	921	72	580	1947	99	700	SH 6010 C TA
15	19300	12100	43000	100	303	47	290	921	72	580	1947	99	800	SMI 6010 C TA
15	48000	32600	24500	240	767	75	720	2556	125	1440	5506	178	1150	S 6210 C TA
25	45700	30800	20500	380	1115	177	1140	3529	271	2280	7349	363	910	S 6210 E TA
15	9000	7500	27000	45	139	40	140	467	64	250	880	85	230	S 61811 C TA
25	8500	7050	23000	70	204	97	210	631	145	400	1235	186	190	S 61811 E TA
15	18700	13700	25000	90	282	52	280	957	87	560	2056	122	475	S 61911 C TA
25	17600	12900	21500	150	441	130	440	1338	193	880	2770	257	380	S 61911 E TA
15	10100	8200	31000	50	146	50	150	456	75	300	937	99	320	KH 61911 C TA
25	9600	7700	28500	80	226	104	240	706	154	480	1432	199	275	KH 61911 E TA
15	32600	24600	23500	160	501	69	490	1698	115	980	3671	163	840	S 6011 C TA
25	30800	23100	20000	260	769	167	770	2354	253	1540	4881	337	670	S 6011 E TA
15	16800	12400	29500	80	234	55	250	762	84	500	1577	111	530	KH 6011 C TA
25	15900	11700	26500	130	371	115	400	1162	172	800	2396	223	455	KH 6011 E TA
15	23500	15300	27000	120	365	52	350	1108	81	700	2373	110	700	SM 6011 C TA
15	23500	15300	33000	120	365	52	350	1108	81	700	2373	110	850	SH 6011 C TA
15	23500	15300	39000	120	365	52	350	1108	81	700	2373	110	1000	SMI 6011 C TA
15	59000	40600	22000	300	961	83	900	3165	139	1800	6836	199	1510	S 6211 C TA
25	56300	38600	18500	470	1390	198	1400	4312	300	2800	8967	404	1210	S 6211 E TA

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung

Hauptmaße			Kugel		Kantenabstand		Abmessungen								Ge- wicht	Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{s,min}	r' _{s,min}	d ₁	d ₂	d _k	d _m	D ₁	D ₂	a	m		
60	78	10	4,762	28	0,3	0,3	65,6	-	68,90	69,00	72,40	73,60	-	0,100	S 61812 C TA	
60	78	10	4,762	28	0,3	0,3	65,6	-	68,90	69,00	72,40	73,60	-	0,100	S 61812 E TA	
60	85	13	7,144	23	1,0	0,3	68,1	-	72,60	72,50	76,90	79,50	-	0,195	S 61912 C TA	
60	85	13	7,144	23	1,0	0,3	68,1	-	72,60	72,50	76,90	79,50	-	0,195	S 61912 E TA	
60	85	13	5,556	32	1,0	0,3	68,1	66,75	71,80	72,50	77,90	79,50	-	0,195	KH 61912 C TA	
60	85	13	5,556	32	1,0	0,3	68,1	66,75	71,80	72,50	77,90	79,50	-	0,195	KH 61912 E TA	
60	95	18	9,525	22	1,1	1,0	71,9	-	77,80	77,50	83,20	87,00	-	0,406	S 6012 C TA	
60	95	18	9,525	22	1,1	1,0	71,9	-	77,80	77,50	83,20	87,00	-	0,406	S 6012 E TA	
60	95	18	7,938	24	1,1	1,0	71,9	70,70	76,80	77,50	84,20	87,40	-	0,406	KH 6012 C TA	
60	95	18	7,938	24	1,1	1,0	71,9	70,70	76,80	77,50	84,20	87,40	-	0,406	KH 6012 E TA	
60	95	18	9,525	22	1,1	1,0	71,9	-	77,80	77,50	83,20	87,00	-	0,406	SM 6012 C TA	
60	95	18	9,525	22	1,1	1,0	71,9	69,10	77,80	77,50	83,20	87,00	-	0,406	SH 6012 C TA	
60	95	18	9,525	22	1,1	1,0	71,9	-	77,80	77,50	83,20	87,00	4	0,406	SMI 6012 C TA	
60	110	22	15,875	15	1,5	1,0	76,0	-	86,90	85,00	95,50	101,40	-	0,795	S 6212 C TA	
60	110	22	15,875	15	1,5	1,0	76,0	-	86,90	85,00	95,50	101,40	-	0,795	S 6212 E TA	
65	85	10	5,556	27	0,6	0,3	71,4	-	74,95	75,00	78,60	80,40	-	0,122	S 61813 C TA	
65	85	10	5,556	27	0,6	0,3	71,4	-	74,95	75,00	78,60	80,40	-	0,122	S 61813 E TA	
65	90	13	7,144	24	1,0	0,3	73,1	-	77,60	77,50	81,90	84,50	-	0,207	S 61913 C TA	
65	90	13	7,144	24	1,0	0,3	73,1	-	77,60	77,50	81,90	84,50	-	0,207	S 61913 E TA	
65	90	13	5,556	34	1,0	0,3	73,1	71,75	76,80	77,50	82,90	84,50	-	0,207	KH 61913 C TA	
65	90	13	5,556	34	1,0	0,3	73,1	71,75	76,80	77,50	82,90	84,50	-	0,207	KH 61913 E TA	
65	100	18	9,525	23	1,1	1,0	76,9	-	82,80	82,50	88,20	92,00	-	0,431	S 6013 C TA	
65	100	18	9,525	23	1,1	1,0	76,9	-	82,80	82,50	88,20	92,00	-	0,431	S 6013 E TA	
65	100	18	7,938	25	1,1	1,0	76,9	75,70	81,70	82,50	89,20	92,40	-	0,431	KH 6013 C TA	
65	100	18	7,938	25	1,1	1,0	76,9	75,70	81,70	82,50	89,20	92,40	-	0,431	KH 6013 E TA	
65	100	18	9,525	23	1,1	1,0	76,9	-	82,80	82,50	88,20	92,00	-	0,431	SM 6013 C TA	
65	100	18	9,525	23	1,1	1,0	76,9	74,05	82,80	82,50	88,20	92,00	-	0,431	SH 6013 C TA	
65	100	18	9,525	23	1,1	1,0	76,9	-	82,80	82,50	88,20	92,00	4	0,431	SMI 6013 C TA	
65	120	23	15,875	16	1,5	1,1	82,8	-	93,70	92,50	102,30	108,50	-	1,008	S 6213 C TA	
65	120	23	15,875	16	1,5	1,1	82,8	-	93,70	92,50	102,30	108,50	-	1,008	S 6213 E TA	

Kontakt- winkel	Tragzahl		Drehzahl- wert	leichte Vorspannung			mittlere Vorspannung			schwere Vorspannung			Feder- vorp.	Bezeichnung
	C	C ₀		n	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}	C _{ax}	F _v	F _{a,max}		
15	9300	8100	24500	45	139	41	140	464	66	300	1068	97	1240	S 61812 C TA
25	8700	7600	21000	75	219	104	220	660	154	450	1392	203	190	S 61812 E TA
15	19500	15000	23500	100	314	58	300	1023	94	600	2198	132	500	S 61912 C TA
25	18400	14200	20000	150	440	137	460	1396	208	920	2888	276	400	S 61912 E TA
15	10400	8700	29500	50	148	52	160	486	80	310	965	104	330	KH 61912 C TA
25	9800	8200	26500	80	225	109	240	705	161	190	1463	209	280	KH 61912 E TA
15	34400	27100	22000	170	539	75	515	1773	124	1030	3817	175	880	S 6012 C TA
25	32500	25600	18500	270	791	180	810	2457	274	1620	5123	364	700	S 6012 E TA
15	17100	13000	27500	90	261	59	260	796	87	510	1607	115	540	KH 6012 C TA
25	16200	12300	25000	140	405	122	400	1160	177	800	2394	229	465	KH 6012 E TA
15	24900	17000	26000	125	374	56	375	1017	83	750	2501	120	750	SM 6012 C TA
15	24900	17000	31000	125	374	56	375	1017	83	750	2501	120	900	SH 6012 C TA
15	24900	17000	36000	125	374	56	375	1017	83	750	2501	120	1050	SMI 6012 C TA
15	71000	50200	20000	350	1115	90	1000	3473	146	2100	7906	213	1810	S 6212 C TA
25	67700	47400	17000	560	1654	216	1700	5227	333	3400	10863	443	1470	S 6212 E TA
15	12800	11300	22500	65	203	50	190	640	81	400	1450	116	325	S 61813 C TA
25	12000	10600	19500	100	293	122	300	907	182	600	1872	239	265	S 61813 E TA
15	19800	15800	22000	100	313	59	300	1019	96	600	2187	135	510	S 61913 C TA
25	18600	14800	18500	160	469	144	470	1425	215	940	2948	286	400	S 61913 E TA
15	10700	9300	27500	55	158	56	160	490	83	320	1007	110	340	KH 61913 C TA
25	10100	8800	25000	80	223	113	250	724	169	500	1487	219	290	KH 61913 E TA
15	35000	28500	20500	175	550	78	525	1805	128	1050	3878	181	890	S 6013 C TA
25	33000	26800	17500	275	799	187	825	2524	284	1650	5230	376	720	S 6013 E TA
15	17400	13600	26000	90	263	60	260	786	90	520	1635	119	550	KH 6013 C TA
25	16500	12900	23500	140	404	125	410	1181	182	800	2385	235	475	KH 6013 E TA
15	25400	17800	24000	130	373	58	380	1197	91	760	2548	123	750	SM 6013 C TA
15	25400	17800	29000	130	373	58	380	1197	91	760	2548	123	900	SH 6013 C TA
15	25400	17800	34000	130	373	58	380	1197	91	760	2548	123	1050	SMI 6013 C TA
15	73800	54000	18500	370	1172	96	1110	3896	158	2220	8380	225	1900	S 6213 C TA
25	70200	51000	15500	590	1744	228	1760	5413	347	3520	11252	462	1510	S 6213 E TA

Drehzahlwertangaben bei Ölschmierung

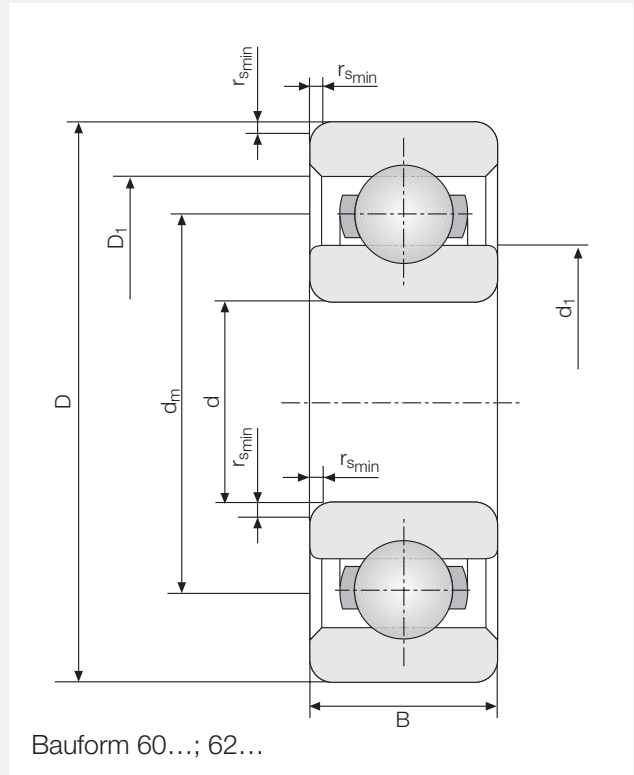
HY	6202	2Z	T9H	P4	C3	DUA 10.15	S1	Fett
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 — Material								
	2 — Lagergröße							
		3 — Äußere Form Abdichtung						
			4 — Käfig					
				5 — Maß-, Form- und Lauf- genauigkeit				
					6 — Lagerluft			
						7 — Gepaarte Lager		
							8 — Wärme- behandlung	
								9 — Befettung

–	Lager aus Chromstahl wird nicht bezeichnet
M	Lager aus warmfestem Stahl (auf Anfrage)
HY	Kugeln und Ringe aus unterschiedlichen Materialien (HYBRID-Lager)
6202	Bezeichnung von Maßreihe und Bohrungsdurchmesser
X	Lager mit Überbreite
Z	Deckscheibe auf einer Seite mit Sprengring befestigt
2Z	Beidseitig Deckscheiben mit Sprengringen befestigt Bei Lagerpaaren (gepaarten Lagern) sind die Deckscheiben außenliegend
J	Käfig aus Stahlblech
T9H	Kronenkäfig aus Polyamid, glasfaserverstärkt, kugelgeführt
TBH	Kronenkäfig aus Hartgewebe, innenbordgeführt
TA	Massivkäfig aus Hartgewebe, außenbordgeführt
TB	Massivkäfig aus Hartgewebe, innenbordgeführt
MA	Massivkäfig aus Messing, außenbordgeführt
P4	Toleranzklasse P4 nach DIN 620
P2	Toleranzklasse P2 nach DIN 620
A7	Toleranzklasse ABEC7 nach ABMA-Standards
A9	Toleranzklasse ABEC9 nach ABMA-Standards
HG	GMN-Hochgenauigkeit nach GMN-Werknorm
UP	GMN-Ultrapräzision nach GMN-Werknorm
C2	Radiale Lagerluft kleiner als normal
–	Normale Lagerluft (wird nicht bezeichnet)
C3	Radiale Lagerluft größer als normal
C4	Radiale Lagerluft größer als C3 Eingeengte Werte der radialen Lagerluft werden im Klartext angegeben (Werte ohne Messlast)
DF	X-Anordnung
DB	O-Anordnung
DT	Tandem-Anordnung
DUA	Universell gepaart mit Axialspiel
DUO	Universell gepaart ohne Axialspiel
DUV	Universell gepaart mit Vorspannung
S1	Für Betriebstemperaturen bis +200 °C
S2	Für Betriebstemperaturen bis +250 °C
S3	Für Betriebstemperaturen bis +300 °C
	Kurzzeichen des Fettes, z.B. Asonic GLY 32

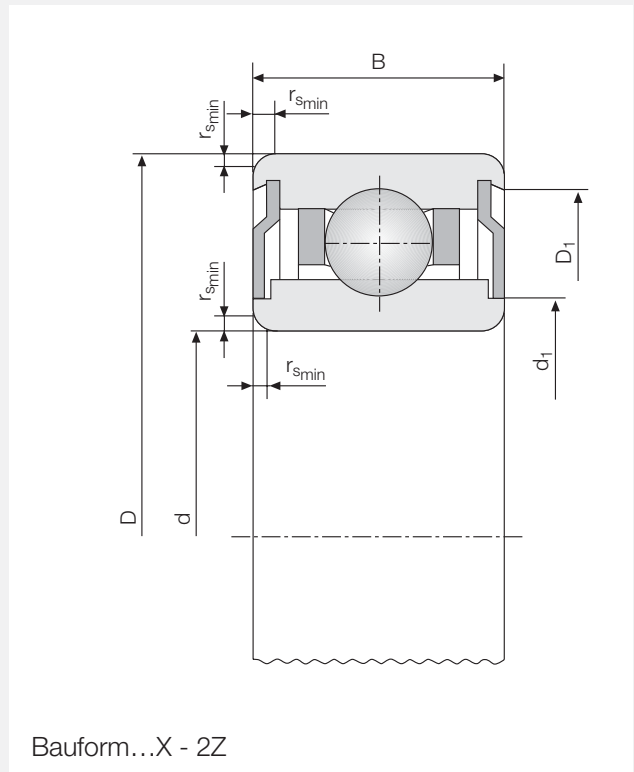
Rillenkugellager

In den Kugellager-Tabellen werden folgende Formelzeichen verwendet:

d	[mm]	Bohrungsdurchmesser
D	[mm]	Außendurchmesser
B	[mm]	Breite Einzellager
r_{smin}	[mm]	Kantenabstand
D_W	[mm]	Kugeldurchmesser
Z	[Stück]	Kugelanzahl
m	[kg]	Lagergewicht
d_m	[mm]	Teilkreisdurchmesser
d_1	[mm]	Außendurchmesser Innenring
D_1	[mm]	Innendurchmesser Außenring
n	[1/min]	Drehzahlwert
C	[N]	Dynamische Tragzahl
C_0	[N]	Statische Tragzahl



Bauform 60...; 62...



Bauform...X - 2Z

Hauptabmessungen			Kugel		Kanten- abstand	Abmessungen		Bezeichnung
d	D	B	D _w	Z	r _{sm}	d ₁	D ₁	
5	16	5	3,175	6	0,3	7,65	12,50	625
6	19	6	3,175	8	0,3	10,70	15,80	626
7	19	6	3,175	8	0,3	10,70	15,80	607
7	22	7	3,969	7	0,3	11,80	17,60	627
8	22	7	3,969	7	0,3	11,80	17,60	608
8	22	10,312	3,969	7	0,3	10,50	19,00	608 X - 2Z
9	24	7	3,969	8	0,3	13,45	19,90	609
9	26	8	4,762	7	0,3	14,65	21,40	629
10	26	8	4,762	7	0,3	14,65	21,40	6000
10	30	9	5,556	7	0,6	16,00	24,45	6200
10	26	11,506	4,762	7	0,3	13,00	23,10	6000 X - 2Z
12	28	8	4,762	8	0,3	16,65	23,40	6001
12	32	10	5,953	7	0,6	18,30	26,00	6201
12	28	11,506	4,762	8	0,3	15,00	25,10	6001 X - 2Z
15	32	9	4,762	9	0,3	20,15	26,90	6002
15	35	11	5,953	8	0,6	21,10	29,00	6202
15	32	11,506	4,762	9	0,3	18,50	28,45	6002 X - 2Z
17	35	10	4,762	10	0,3	22,65	29,40	6003
17	40	12	6,747	8	0,6	24,10	32,95	6203
17	35	12,700	4,762	10	0,3	21,00	30,95	6003 X - 2Z
20	42	12	6,350	9	0,6	26,60	35,45	6004
20	47	14	7,938	8	1,0	28,50	38,55	6204
20	42	15,875	6,350	9	0,6	24,30	37,00	6004 X - 2Z
25	47	12	6,350	10	0,6	32,20	40,05	6005
25	52	15	7,938	9	1,0	34,04	44,05	6205
30	55	13	7,144	11	1,0	38,10	46,95	6006
30	62	16	9,525	9	1,0	40,40	52,05	6206
35	72	17	11,112	9	1,1	47,40	60,55	6207
40	80	18	11,906	9	1,1	52,80	67,60	6208

Tragzahlen		Drehzahlwert	Teilkreis	Gewicht	Bezeichnung
C	C ₀	n	d _m	m	
1800	665	46000	10,5	0,005	625
2300	935	43000	12,5	0,008	626
2300	935	43000	13,0	0,008	607
3000	1290	40500	14,5	0,012	627
3000	1290	40500	15,0	0,012	608
3000	1290	65000	15,0	0,014	608 X - 2Z
3350	1400	37000	16,5	0,023	609
4500	1850	35000	17,5	0,020	629
4500	1850	34500	18,0	0,019	6000
6100	2600	31000	20,0	0,032	6200
4500	1850	55000	18,0	0,024	6000 X - 2Z
4900	2150	31000	20,0	0,022	6001
6900	3000	28000	22,0	0,037	6201
4900	2150	50000	20,0	0,027	6001 X - 2Z
5400	2500	26500	23,5	0,030	6002
7700	3500	25000	25,0	0,045	6202
5400	2500	42000	23,5	0,034	6002 X - 2Z
5800	2800	24000	26,0	0,039	6003
9600	4500	22000	28,5	0,065	6203
5800	2800	38000	26,0	0,046	6003 X - 2Z
9900	4900	20000	31,0	0,069	6004
14100	7000	18000	33,5	0,106	6204
9900	4900	32000	31,0	0,070	6004 X - 2Z
10700	5600	17000	36,0	0,080	6005
15400	8000	16000	38,5	0,128	6205
13500	7400	14500	42,5	0,128	6006
20400	10900	13500	46,0	0,199	6206
28000	15500	11500	53,5	0,315	6207
29700	16600	10000	60,0	0,402	6208

Sonderlösungen

Speziallager / Einheiten

Von der Idee zur Systemlösung

Neben dem Hauptprogramm bietet GMN mit seinem Engineering und den flexiblen Fertigungsbereichen die Möglichkeit neuer Lösungswege. Die Produkte reichen vom Speziallager bis hin zu einbaufertigen Lagerungssystemen. After Sales Service und die kontinuierliche Weiterentwicklung laufender Produkte zeichnen GMN aus.

Auf der Basis detaillierter Grundlagenentwicklungen werden für viele Anwendungen technische Maßstäbe gesetzt:

- Vakuumanwendungen (TMP, SEM)
- Medizintechnik (Röntgenröhrenlagerungen)
- Fanglager für Magnetlagersysteme
- Lasertechnik
- Mess- und Navigationslagerungen
- Maschinenbau

Technologie

Der Erfolg gibt GMN Recht

Die ständige Weiterentwicklung der Kernkompetenzen, engagierte Mitarbeiter, ein gelebtes Qualitätswesen und die sorgfältige Auswahl der Lieferanten sind die Garanten für Liefertreue und Qualität.

Der Einsatz modernster Technologien wie CBN-Schleifen, Hartdrehen und PVD-Sputtern bildet die Grundlage für flexible Lösungen am Rande des technisch Möglichen.

Eine Montage unter Reinraumbedingungen rundet die Möglichkeiten bei GMN ab.

Engineering / Service

Der Serienanlauf ist nicht das Ende

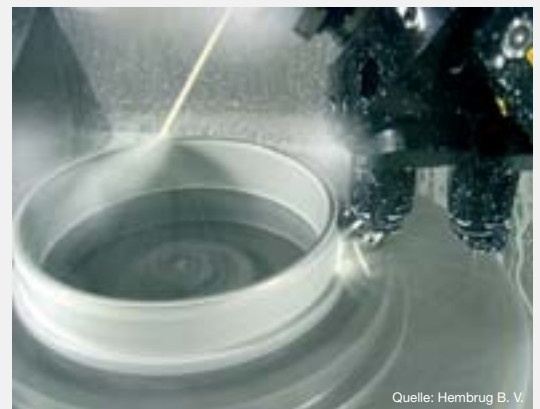
Innovative Produkte verlangen von der Konzeptphase bis zum Serienprodukt die enge Zusammenarbeit mit Kunden, Hochschulen sowie kompetenten Industriepartnern.

Von Beginn an werden die gesamten Fachkompetenzen des Unternehmens genutzt. Moderne Methoden wie 6-Sigma, Design-To-Cost, REM, TEM werden eingesetzt.

Am Ende steht ein technisch innovatives, kostenoptimiertes Produkt, welches über den Serienanlauf hinaus vom Entwickler betreut wird.

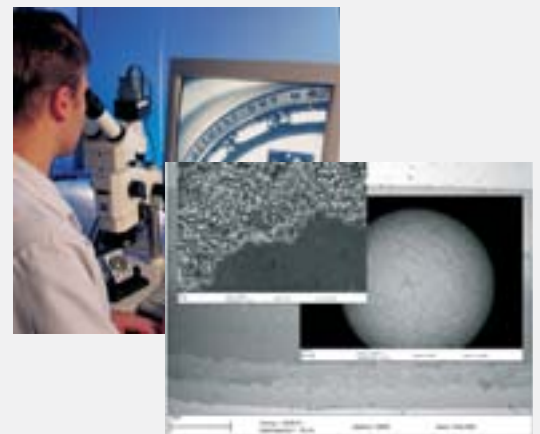


GMN PVD-Sputteranlage



Quelle: Hembrug B. V.

High-End-Fertigung



After-Sales-Service

Anwendungsbeispiele

Vakuumentchnik

Medizintechnik (X-ray)

- vollkugelige Lagersysteme
- Trockenschmierungen
- Temperaturen bis 550 °C
- Hochvakuum bis 10^{-9} mbar

Turbomolekularpumpen

- abgedichtete Sonderbauformen
- hohe Lebensdauern
- optimierte Schmierungen

Fanglager

- vollkugelige Lager
- angepasste Tribologien
- hohe Beschleunigung auf Enddrehzahl
- Keramikugeln

Messtechnik

- einbaufertige, vorgespannte Lagersysteme
- hohe Laufgenauigkeiten
- geringe Reibmomente
- definierte Systemsteifigkeiten
- Präzisionsumbauteile

Maschinenbau

- Sonderbauformen
- hohe Drehzahlen
- Sonderwerkstoffe
- Sonderkäfige



Sachwörterverzeichnis

Abrasiver Verschleiß	abrasive wear
Abwälzverhältnis	rolling condition
Äquivalente Belastung	equivalent load
Äußere Kraft	force
Angestellte Lagerung	adjusted bearing mounting
Anlageschulter	abutment face
Anlaufreibung	starting friction
Anlaufwinkel	contact angle
Anschlussmaß	connecting dimension
Anstellung	adjustment
Auflagekraft	reaction force
Aufweitung	deformation
Ausdehnungskoeffizient	coefficient of expansion
Ausfallwahrscheinlichkeit	probability of failure
Axiale Belastbarkeit	axial load carrying capacity
Axial Y, Yo	axial load factor Y, Yo
Axialkraft	axial force
Axialluft	axial clearance
Axialschlag	axial runout
Axialspiel	endplay
Befettung	initial greasing
Belastbarkeit	load carrying capacity
Belastung	load
Belastung Unwucht	unbalanced loading
Belastungskollektiv	collective bearing loading
Belastungsverteilung	load distribution
Bestellbezeichnung	bearing order reference
Betriebsdruckwinkel	working pressure angle
Betriebslagerluft	operating clearance
Betriebstemperatur	operating temperature
Betriebsviskosität	referenced operational viscosity
Bezeichnungssystem	part number system
Blechkäfig	pressed cage
Bohrreibung	spinning friction
Borrdurchmesser	land diameter
Breitenschwankung	width variation
Dauerschmierung	permanent lubrication
Deckscheibe	shield
Distanzring	spacer
Drehzahl	speed
Drehzahlgrenze	rotational speed limit
Drehzahlkennwert	speed coefficient
Druckellipse	contact ellipse
Drucklinie	contact angle line
Druckwinkel	contact angle
Einbaufehler	faulty mounting
Einbaumaß	mounting dimension
Einspritzschmierung	injection oiling
Elastizitätsmodul	young's modulus

Fachbegriffe Deutsch-Englisch

Federkennlinie	spring characteristics curve
Festlager	fixed bearing
Flächenpressung	contact pressure
Fliehkraft	centrifugal force
Fluchtfehler	misalignment
Formfehler	form irregularity
Formgenauigkeit	form accuracy
Formtoleranz	form tolerance
Frequenzanalyse	frequency analysis
Gebrauchsdauer	service life
Genauigkeitsklasse	precision grade
Geräusch	noise
Geräuscharmes Lager	noiseless bearing
Geräuschkontrolle	noise test
Gestaltung der Lagerung	design of bearing application
Gleitreibung	sliding friction
Grenzreibung	friction limit
Grundöl	basic oil
Innenkonstruktion	internal design
Innere Kraft	internal force
Käfig	cage
Kantenabstand	chamfer dimension
Körperschall	vibration
Kombinierte Belastung	combined bearing loading
Kontaktwinkel	contact angle
Kraft	force
Kraftfluss	force flow
Kreiselkraft	spinning force
Kritische Drehzahl	critical rotational speed
Lagersitz	bearing seat
Lagerspiel	endplay
Lagertemperatur	bearing temperature
Lagervorspannung	bearing preload
Lastangriff	loading set point
Lastverteilung	load distribution
Laufgenauigkeit	running accuracy
Lebensdauer	life time
Lebensdauerschmierung	for life lubrication
Linienberührung	line contact
Loslager	floating bearing
Manteldurchmesser	outside diameter
Maßgenauigkeit	dimensional accuracy
Massivkäfig	solid cage
Maßreihe	dimensional series
Mindestbelastung	minimum bearing loading
Modifizierte Lebensdauer	modified life
Montage	mounting
Nachsetzzeichen	bearing suffix
Nominelle Lebensdauer	basic rating life
Nicht zerlegbares Lager	non separable bearing

Fachbegriffe Deutsch-Englisch

O-Anordnung	back to back mounting
Oberflächen-Beschichtung	surface plating
Passung	fit
Planlauf	plane accuracy
Polyharnstoff	poly urea
Punktberührung	point contact
Qualitätskontrolle, -sicherung	quality assurance
Radialfaktor X, Xo	radial load factor X, Xo
Rauhigkeit, Rauhtiefe	roughness
Reibung	friction
Rillenkugellager	deep groove ball bearing
Schmiegung	raceway curvature
Schmierstoffalterung	aging of lubricant
Schmierung	lubrication
Schräggugellager	angular contact bearing
Schrägstellung	misalignment
Schwingung	vibration
Seitenschlag	side runout
Silikon Fett	silicone grease
Spindellager	spindle bearing
Sprengring	snap ring
Starrheit	rigidity
Steifigkeit	stiffness
Stützbasis	supporting base
Stützbreite	spread
Talyrond Diagramm	talyrond diagram
Tandemanordnung	tandem mounting
Teilkreisdurchmesser	pitch circle diameter
Temperatur	temperature
Toleranzfeld	tolerance zone
Tragzahl dyn.	dynamic load rating
Tragzahl stat.	static load rating
Überlebenswahrscheinlichkeit	survival probability
Übermaß	oversize
Umbauteil	covering part, associated component
Unrundheit	out of roundness
Viskosität	viscosity
Vorspannung	preload
Wärmeausdehnungskoeffizient	coefficient of thermal expansion
Wanddicke	wall thickness
Warmfester Stahl	high temperature steel
Werkstoff	material
Winkelfehler	angle error
X-Anordnung	face to face mounting
Zerlegbares Lager	separable bearing
Zusatzzeichen	additional coding

PRODUKTBEREICHE

Kugellager

GMN Hochpräzisions-Kugellager ab der Genauigkeitsklasse P4 (ABEC7) und besser, werden hergestellt als Spindelkugellager (Schräggkugellager), Rillenkugellager, Hybridlager und Speziallager.

Kompletteinheiten, mit zusätzlichen Umbauteilen nach Kundenwunsch, ergänzen das Programm.

GMN beschichtet mit einer eigenen PVD-Anlage Lager oder andere Teile, z. B. für Feststoffschmierung in der Vakuumtechnik.



Spindeln

GMN Maschinenspindeln repräsentieren mehr als 70 Jahre Erfahrung in Entwicklung, Fertigung und Verwendung. Sie werden sowohl für die Präzisions- als auch für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung eingesetzt. Ein ausgebautes Netz von Vertretungen und Reparaturwerkstätten gewährleistet einen umfassenden Service und sachkundige Beratung.

GMN Optospindeln, Luftlager und Scanner setzen neue Maßstäbe bei der Bildprojektion. Sie wurden entwickelt für hohe Laufgenauigkeit und Stabilität in Drehzahl und Phase.



Freiläufe

Freiläufe sind Richtungskupplungen, die in eine Richtung ein Drehmoment durch Kraftschluß übertragen bzw. abstützen und in der Gegenrichtung Leerlauf zulassen.

GMN stellt Klemmkörper her, die als Schaltfreilauf, Rücklaufsperrung oder auch als Überholkupplung eingesetzt werden können.



Dichtungen

Zur berührungslosen Abdichtung schnell drehender Wellen.

GMN Labyrinthringe werden aus Stahl und Aluminium gefertigt. Ein spezieller Fertigungsprozess sichert absolute Identität des Profils von Innen- und Außenring.

GMN Spaltdichtungen mit Rückförderung werden aus qualitativ hochwertigem Kunststoff gefertigt.

