



MachLine®:  
Die beste Lösung für Ihre  
Werkzeugmaschinen

# machline®



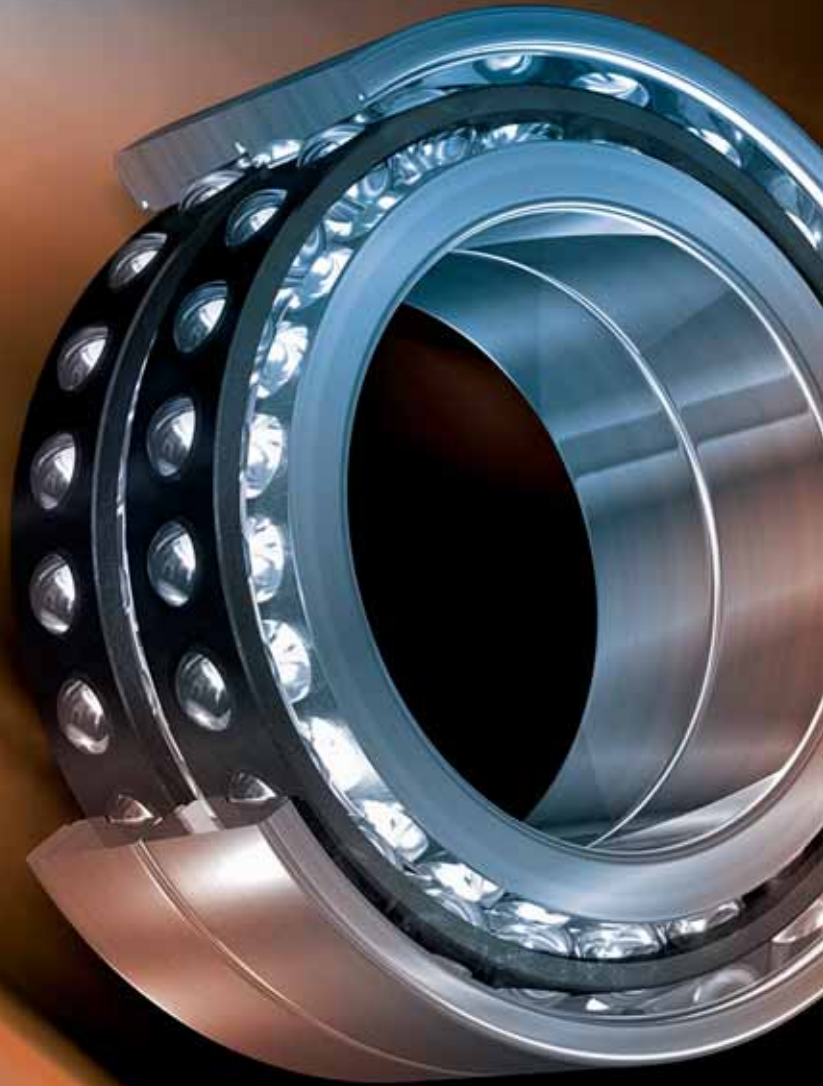
Industry





Unsere Erfahrung im Dienste  
Ihrer Werkzeugmaschinen

<sup>®</sup>  
**maxline**



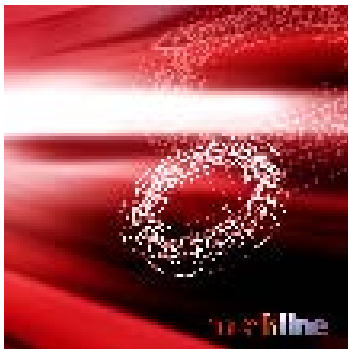


# Inhaltsverzeichnis



## Wissenswertes über MachLine® 4 > 10

- > MachLine nimmt jede Herausforderung der Werkzeugmaschine an 6
- > Forschung und Weiterentwicklung 7
- > Lieferprogramm 8-10



## Technische Daten 11 > 36

- > Vorspannung, Definition der Symbole 12-14
- > Steifigkeit, axiale Verschiebung 15
- > Einfluss einer äußeren Axialkraft 16
- > Korrekturfaktor der Drehzahl 17
- > Berechnung der Spindel 18-24
- > Schmierung 25-27
- > Auswahlhilfe 28-29
- > Spindellager mit Keramikkugeln (CH) 30-31
- > Hochgeschwindigkeits-Spindellager (ML) 32
- > Abgedichtete Spindellager (MLE) 33
- > Spindellager HNS (N) Spezialstahl mit Keramikkugeln 34
- > Einbaubeispiele 35-36



## Programm MachLine® 37 > 60

- > Symbole, Kennzeichnung und Verpackung 38-39
- > MachLine: Lieferprogramms 40-51
- > Selbsthemmende Präzisionsmuttern 52-54
- > Gesamtübersicht des Lieferprogramms 55
- > Toleranzen und Präzisionsklassen 56-60



## Wartung und Service 61 > 69

- > Lagerung 62
- > Einbau 63-66
- > Schwingungsanalyse 67
- > Fachberatung, Weiterbildung 68

# Genauigkeit, Drehzahl, Anforderungen: Auf der Erde wie in der Luft



*Als Partner so ehrgeiziger  
Projekte wie Ariane 5*

*oder Airbus A380 stellen sich die  
Ingenieure von SNR seit nunmehr  
40 Jahren extrem anspruchsvollen  
technischen Herausforderungen.*

*Sie setzen ihr ganzes Fachwissen ein,  
um den strengen Lastenheften gerecht zu  
werden und um die außergewöhnlichen  
Drehzahl- und Temperaturbedingungen  
zu erfüllen.*



*Der Erfahrungsschatz dieser  
Bedingungen „jenseits jeder Regel“  
wird heute von SNR so eingesetzt,  
dass Sie und Ihre Werkzeugmaschinen  
maximal von unserem Wissen profitieren.*

*Das Ergebnis dieser Herstellerphilosophie  
ist das Spindellagerprogramm MachLine.*

*Es wurde dahingehend entwickelt,  
um Ihnen außergewöhnliche Werte  
für Präzision, Leistungsfähigkeit  
und Langlebigkeit zu garantieren.*

## **SNR gehört zur Geschichte der Wälzlager ... und arbeitet an ihrer Zukunft**

Als einer der Hauptakteure auf dem europäischen und weltweiten Markt, ist SNR immer seiner Rolle als Entwickler und Hersteller treu geblieben. Die Beherrschung dieser Prozesse wird durch eine Vertriebsstruktur in mehr als 200 Ländern ergänzt. Der Name SNR ist aber auch eng mit der Entwicklung der Mechatronik verbunden. SNR war einer der Pioniere auf diesem Gebiet. Das dafür eingerichtete mechatronische Kompetenz – Zentrum begleitet die Kunden auf seinen drei großen Märkten: Automobil, Luftfahrt und Industrie.



## **Die Präzision resultiert aus der Organisation**

Wälzlager mit sehr hoher Genauigkeit, wie MachLine werden in der Abteilung Luftfahrttechnik entwickelt, hergestellt und getestet. In diesem Bereich wird die Organisation ganz und gar durch die Vorgabe „kein Ausfall“ bestimmt.



## **Qualität: die sichersten ... und die saubersten Wälzlager**

Die Spindellager MachLine erfüllen die strengsten Normen was die Herstellungsqualität und den Umweltschutz betrifft: Zertifizierung ISO 9001-V2000, EN 9100, ISO 14001.



**machline**





# Wissenswertes über

## **MachLine®**

*Wie wurden die Besonderheiten der Werkzeugmaschinen berücksichtigt, wie hat die F&E von SNR darauf reagiert, aus welchen Baureihen setzt sich das Programm MachLine zusammen, was sind ihre allgemeinen Eigenschaften? Diese Fragen werden auf den folgenden Seiten beantwortet.*

- MachLine nimmt jede Herausforderung der Werkzeugmaschine an 6
- Forschung und Weiterentwicklung 7
- Lieferprogramm 8-10

**machline®**



# MachLine® nimmt jede Herausforderung der Werkzeugmaschine an

*Immer schneller, immer sauberer, immer haltbarer; die Wälzlager müssen sich an die Bearbeitungsvorgaben von heute anpassen: Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Verringerung des Leerlaufs, höhere Steifigkeit, integrierte Dichtung usw. Die Maschinen zeichnen sich durch eine immer größere Leistungsfähigkeit aus, in einem Umfeld, in dem die Produktivität und der Umweltgedanke Hand in Hand gehen müssen. Das Spindellagerprogramm MachLine bietet präzise Antworten auf diese Anforderungsmerkmale.*

## Zuverlässigkeitsanforderungen

Um nicht zwischen Bearbeitungsgeschwindigkeit und Tragzahlen entscheiden zu müssen, bietet das Programm MachLine eine breite Palette von neuen Referenzen unseres innovativen Konzepts. Sie werden ergänzt durch ein umfassendes Angebot von selbsthemmenden Präzisionsmuttern. MachLine erweitert die SNR-Standardprogramme der Hochgenauigkeitslager, die weiterhin verfügbar sind.

- *MachLine Hochgenauigkeitslager: Standard*
- *MachLine ML: für hohe Drehzahlen*
- *MachLine CH: als Hybridlager*
- *MachLine MLE: abgedichtet*
- *MachLine N: Spezialstahl und Keramikugeln*
- *Selbsthemmende Präzisionsmuttern*

*Höhere Leistungsfähigkeit mit Keramikugeln*

**↗ x 3** *fache Lebensdauer*

**↗ +30%** *höhere Drehzahlen*

**↗ +10%** *höhere Steifigkeit*

## Drehzahlanforderungen

Maschinenzeit kostet Geld. Je schneller eine Maschine arbeitet, umso produktiver ist sie. Um dies zu erreichen, müssen die Spindellager sehr hohe Drehzahlen aushalten können. Die Version ML wurde für diesen Zweck entwickelt.

## Anforderungen an die einfache Handhabung

Um dem Benutzer die Arbeit zu erleichtern, ist eine regelmäßige Schmierung nicht mehr notwendig. Die Version MLE ist abgedichtet und verfügt über eine Lebensdauerschmierung.



*Alle Spindellager des Programms MachLine haben eine Rundlaufgenauigkeit nach ISO2 (Genauigkeit P4S).*



## | SNR F&E: Leistungsfähigkeit im Dienste der Werkzeugmaschine

**SNR hat für MachLine seine Forschungsarbeiten auf alle Gebiete ausgeweitet, welche die Leistungsfähigkeit, die Werkstoffe, die Geometrie, sowie zusätzliche Funktionen des Wälzlagers betreffen.**

### - Der Stahl:

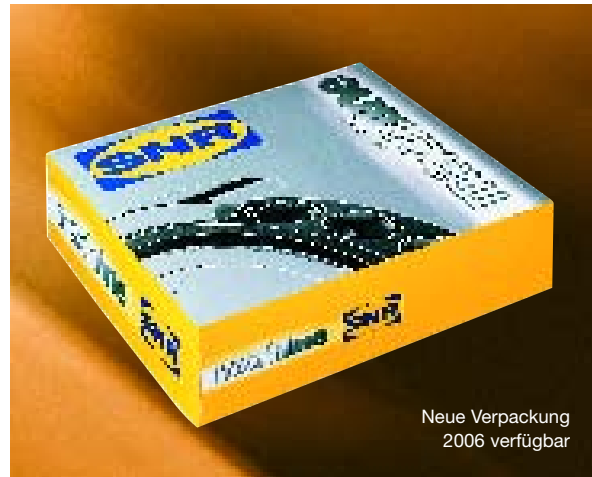
Ausfälle auf Grund des Stahls sind bei den MachLine Spindellagern äußerst selten; das Ergebnis der umfassenden Beherrschung des Stahls durch SNR bei der Beschaffung und der Nachvollziehbarkeit seiner Produkte in der ganzen Welt. Dies garantiert eine sehr hohe Stahlreinheit und damit eine lange Lebensdauer der Wälzlager. .

### - Schmierung und Dichtung:

LubSolid ist ein Schmierstoffkonzept „auf Lebenszeit“, das von SNR entwickelt wurde und schon bei bestimmten Anwendungen in der Industrie eingesetzt wird. Es stellt eines der wichtigsten Projekte in der SNR-Forschung dar: Es zeichnet sich durch seine Beständigkeit bei hohen Drehzahlen und seine positiven Auswirkungen auf die Dichtigkeit aus und schützt so die Maschinenkomponenten.



**Die Kugeln mittlerer Größe garantieren einen besseren Kompromiss zwischen Grenzdrehzahl und Tragzahl.**



Neue Verpackung  
2006 verfügbar

### - Simulation von Ausfällen:

Auf diesem Gebiet verfügt SNR über ein Versuchszentrum mit besonderer Leistungsfähigkeit und langjähriger Erfahrung. Die MachLine Spindellager mussten sich einer Vielzahl von Tests stellen, unter anderem wurden zahlreiche Simulationen und eine genaue Schwingungsanalyse vorgenommen.

### - Forschungsarbeit bei der Instrumentierung der Wälzlager:

Da die Mikroelektronik, die Magnettechnik und die integrierte Software die Zukunft der Werkzeugmaschinen bestimmen werden, untersucht die F&E von SNR die mechatronische Weiterentwicklung der MachLine Produkte.

### - Der Beitrag einer grundlegenden und angewandten Forschung:

MachLine profitiert, wie die anderen SNR-Programme, von einer aktiven Beteiligung des Unternehmens an den europäischen Forschungsprogrammen, in Zusammenarbeit mit den weltweit größten Stahlherstellern und den namenhaften Universitäten.

**2,2 Millionen  $nd_m$ : mit der Version ML sind sehr hohe Drehzahlen möglich.**

**machline**



# MachLine®: eine Vielfalt von Lösungen



## HOHE GENAUIGKEIT

- Baureihen SNR 71900V und 7000V, mit einem ausgezeichneten Kompromiss zwischen den Leistungsmerkmalen Drehzahl, Steifigkeit, Tragzahlen und Genauigkeit.
- Baureihe 7200 G1, wurde entwickelt für Anwendungen, bei denen starke Axialbelastungen vorherrschen.
- Varianten der Kontaktwinkel (C für 15° und H für 25°) und der Vorspannung (leicht, mittel oder stark).



## SPINDELLAGER MIT KERAMIKKUGELN, CH

- Spindellager sind für alle Ausführungen, Baureihen und Abmessungen erhältlich. In der Kombination Kugeln aus Siliziumnitrid und Stahlringen werden die besten Eigenschaften beider Werkstoffe vereint.
- Geringere Erwärmung und höhere Grenzdrehzahlen. Geringere Anforderungen an die Schmierung im Vergleich zu einem Spindellager „ganz aus Stahl“.
- Deutlich verbesserte Steifigkeit und höhere Lebensdauer.

Drehzahl-Faktor  
10<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>

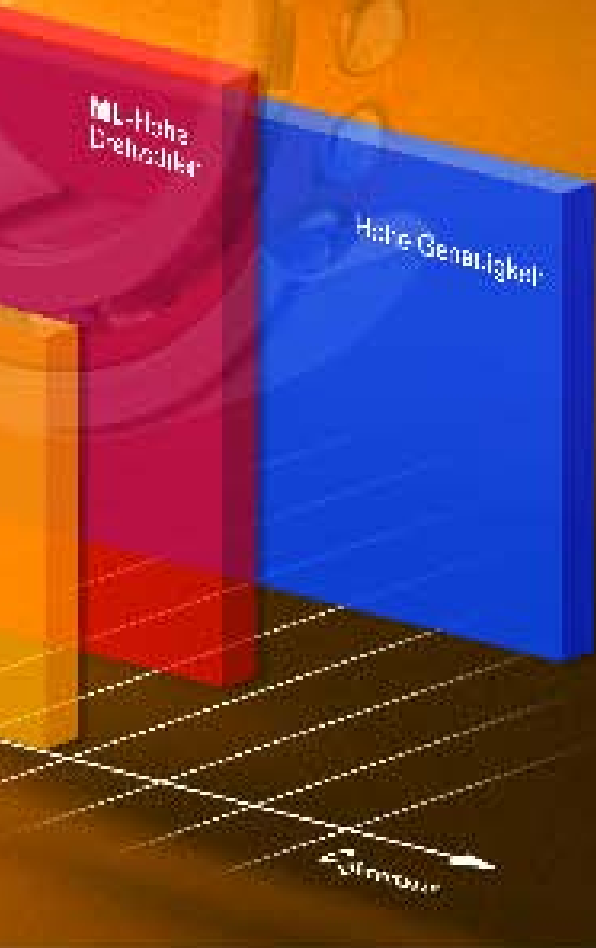
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0  
-1  
-2  
-3  
-4  
-5  
-6  
-7  
-8  
-9  
-10

MachLine-High Performance  
und Abdichtung

**Fertigungsstandard:**

Egal um welche Werkzeugmaschinenanwendung es sich handelt, es gibt immer eine passende MachLine-Lösung.

**Einsatzmöglichkeiten  
von MachLine für ein Wälzlager  
mit gleichem  
Bohrungsdurchmesser**



**Fertigungsgenauigkeit 4S als Standard  
(Genauigkeit aller dynamischen  
Parameter nach ISO 2, für die anderen  
Parameter nach ISO 4)**



## HOHE DREHZAHLEN ML

**30% höhere  
Drehzahlen**

- Die Version gibt es für die Baureihen 71900 und 7000. Sie wurde von SNR entwickelt, um den ständig steigenden Schnittgeschwindigkeiten der Werkzeugmaschinen gerecht zu werden.
- Optimierte Geometrie: kleinerer Kugeldurchmesser, mehr Kugeln und optimierte Käfigführung am Außenring.
- Varianten der Kontaktwinkel (C für 17° und H für 25°) und der Vorspannung.



## HOHE DREHZAHLEN UND ABDICHTUNG MLE

**Berührungsfreie  
Dichtung**

- Für Anwendungen, bei denen für die Spindel eine Ölschmierung nicht notwendig ist, sondern eine Fettschmierung ausreicht, bietet SNR mit der Version MLE eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung an, die in den Baureihen 71900 und 7000 verfügbar ist.
- Berührungsfreie Nitrildichtungen ermöglichen die gleiche Grenzdrehzahl wie bei einem offenen Wälzlager, das mit einer Fettschmierung versehen ist.
- Varianten der Kontaktwinkel (C für 17° und H für 25°) und der Vorspannung.

**machline**





# MachLine®: eine Vielfalt von Lösungen

## | Spindellager HNS (N)

*Dieses Spindellager für Werkzeugmaschinen ist ein Produkt, das aus dem luftfahrttechnischen Know-how von SNR entspringt und bemerkenswerte Leistungsfähigkeiten bietet:*

- Höhere Drehzahlen
- größere Ermüdungsfestigkeit
- Höhere Zuverlässigkeit bei schlechten Schmierungsbedingungen
- Höhere Lebensdauer
- Korrosionsbeständigkeit

### **Eigenschaften:**

- Spindellager aus rostfreiem Stahl, mit Stickstoff angereichert (in der Luftfahrt eingesetzter Werkstoff)
- Ringe aus XD15N.
- Keramikkugeln



## | Selbsthemmende Präzisionsmuttern

*Verfügbar mit schmalem oder breitem Querschnitt, mit 2 oder 4 Einsätzen mit Bohrungen oder Nuten zum Festziehen. Die SNR - Produktreihe selbsthemmende Präzisionsmuttern deckt den gesamten Marktbedarf ab.*

### **Diese Produkte werden eingesetzt:**

- Generell beim Festspannen von Spindellagern
- Für eine dauerhafte Gewährleistung der Vorspannung einer Spindellageranordnung
- Bei hohen Axialkräften





# Technische Daten

*Jede Anwendung hat ihre spezifischen Anforderungen an Drehzahlen und Tragzahlen und damit verbunden an die Geometrie, den Werkstoff oder die Schmierung. Unsere Ingenieure liefern Ihnen auf den folgenden Seiten die notwendigen Informationen zur Auswahl der für Sie geeigneten Spindellager und deren Einbau.*

- **Vorspannung, Definition der Symbole** 12-14
- **Steifigkeit, axiale Verschiebung** 15
- **Einfluss einer äußeren Axialkraft** 16
- **Korrekturfaktor für die Drehzahl** 17
- **Berechnung der Spindel** 18-24
- **Schmierung** 25-27
- **Auswahlhilfe** 28-29
- **Spindellager mit Keramikkugeln (CH)** 30-31
- **Hochgeschwindigkeits-Spindellager (ML)** 32
- **Abgedichtete Spindellager (MLE)** 33
- **Spindellager HNS (N)** 34
- **Einbaubeispiel** 35-36

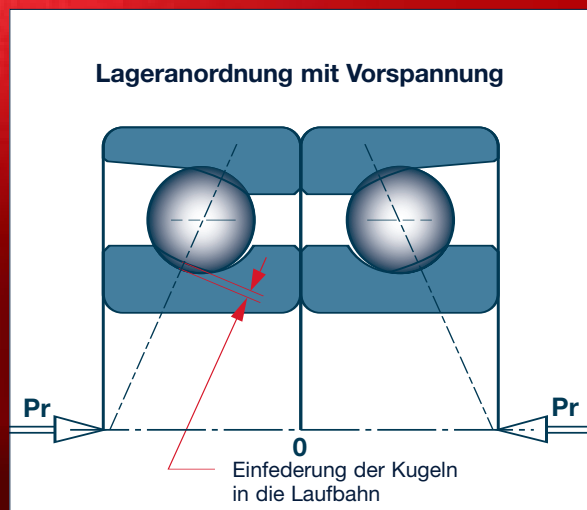
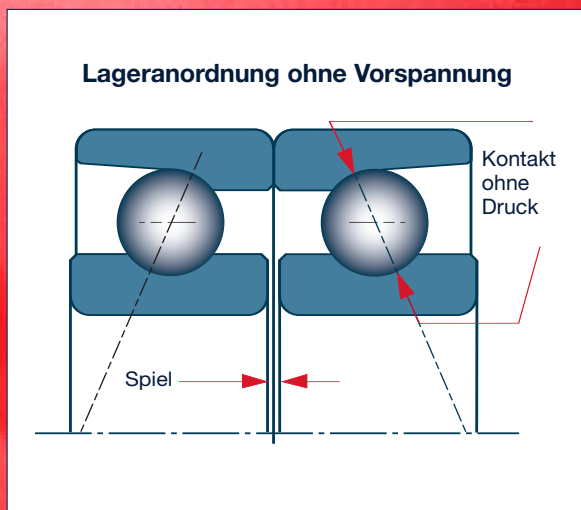


# Vorspannung: Sie hat direkten Einfluss auf die Anwendung

## Vorspannung und deren Einsatz

Die Vorspannung ist ein wichtiges Element der Lager; durch sie wird eine definierte und kontrollierte Steifigkeit erzielt. Außerdem hat sie direkten Einfluss auf zulässige Belastungen und Drehzahlen.

Beim Vorspannen eines Lagers wird eine permanente Axialkraft auf die Lagerstirnfläche ausgeübt. Diese Kraft verursacht eine elastische Verformung zwischen Laufbahn und Kugeln, wodurch Druck auf diese Komponenten ausgeübt wird.



**Beispiel: Anordnung 7014HVDBJ84**

**Spiel:** 0,012 mm

**Vorspannung:**  $Pr = 1100 \text{ N}$

**Federweg:** 0,0025 mm

**Kontaktdruck:**

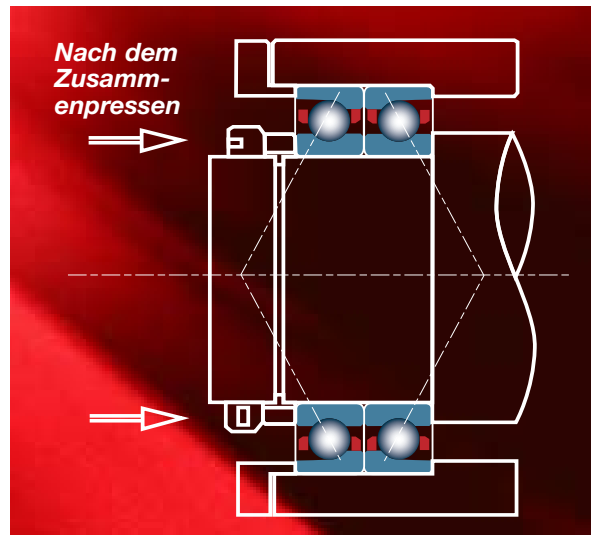
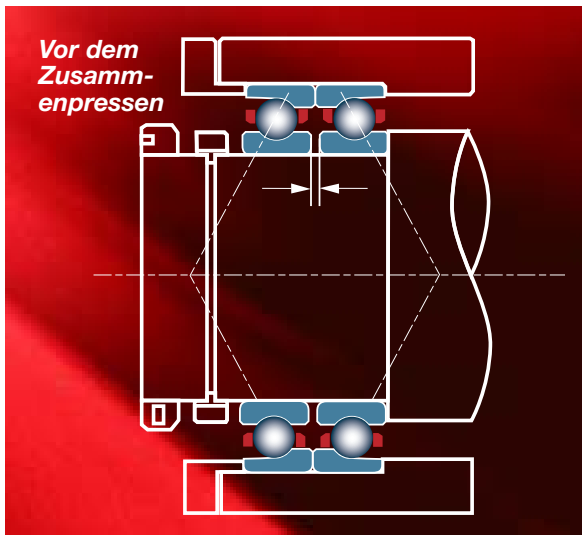
- Innenring:  $960 \text{ N/mm}^2$

- Außenring:  $840 \text{ N/mm}^2$

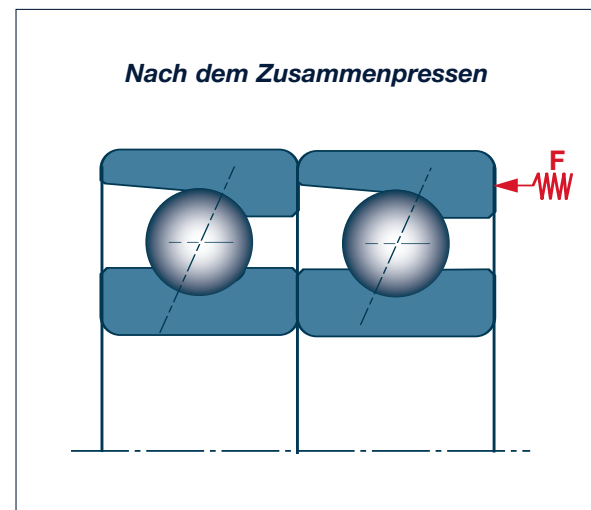
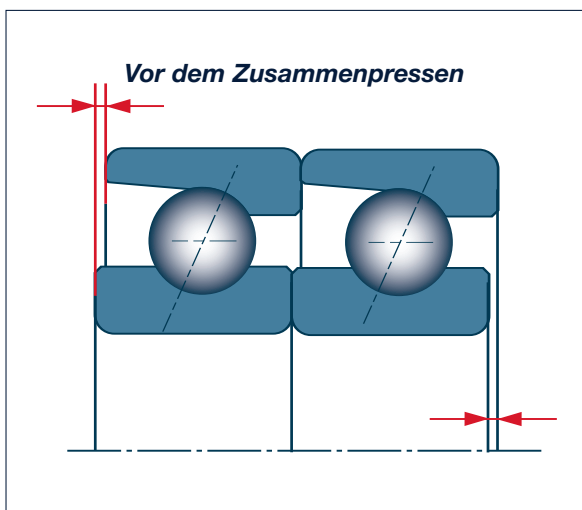
*Die Axialkraft wird Vorspannung ( $Pr$ ) genannt.*

## | Zwei Methoden zur Realisierung der Vorspannung

Durch Zusammenpressen der Lagerstirnflächen einer Lageranordnung

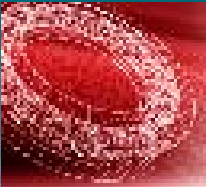


Durch kalibrierte Federsysteme



### | Definition der Symbole

$P_r$	Vorspannung	$P$	Dynamische äquivalente Lagerbelastung
$a$	Abstand zwischen den 2 Zwischenringen ( $\mu\text{m}$ )	$C$	Dynamische Tragzahl
$K$	Axiale Federkonstante ( $\mu\text{m} (\text{daN})^{-2/3}$ )	$P_0$	Statische äquivalente Lagerbelastung
$P_{r_i}$	Anfangsvorspannung (daN)	$C_0$	Statische Tragzahl
$P_{r_s}$	Soll-Vorspannung (daN)	$N$	Drehzahl ( $\text{min}^{-1}$ )
$PE$	Gleichgewichtsvorspannung einer Lageranordnung	$L_{10}$	Nominelle Lebensdauer (h)
$CD$	Abhebekraft	$f_s$	Sicherheitsfaktor
$F_a$	Axialkraft	$L_{na}$	Korrigierte Lebensdauer (h)
$F_r$	Radialkraft	$nd_m$	Drehzahl-Faktor



# Vorspannung: wichtige Parameter

## Vorspannungsklassen

SNR hat 3 Vorspannungsklassen festgelegt, die jeweils einem, den Betriebsbedingungen angepassten Berührungswinkel entsprechen:

- **Leichte Vorspannung (Kennzeichen 7):**  
Anwendungen bei hohen Drehzahlen und geringen Belastungen.
- **Mittlere Vorspannung (Kennzeichen 8):**  
Bester Kompromiss zwischen Drehzahl und Belastung.
- **Starke Vorspannung (Kennzeichen 9):**  
Anwendungen bei hohen Belastungen und geringen Drehzahlen.
- Zur Optimierung der Spindelfunktion in ganz bestimmten Fällen nimmt SNR **spezifische Vorspannungen (Kennzeichen X) auf Anfrage** vor.

In den Fällen, wo eine spezifische Vorspannung erforderlich ist, kann diese erreicht werden, indem zwischen Spindellagern mit Standardvorspannung Zwischenringe unterschiedlicher Breite eingebaut werden. Mit der folgenden Formel kann der notwendige Breitenunterschied zwischen den zwei Zwischenringen berechnet werden, um die Vorspannung der Lageranordnung zu modifizieren:

$$a = 2K(Pr_i^{2/3} - Pr_s^{2/3})$$

a: Breitenunterschied zwischen den 2 Zwischenringen (µm)  
K: axiale Federkonstante (siehe Seite 44)  
Pr<sub>i</sub>: Anfangsvorspannung (daN)  
Pr<sub>s</sub>: Soll- Vorspannung (daN)

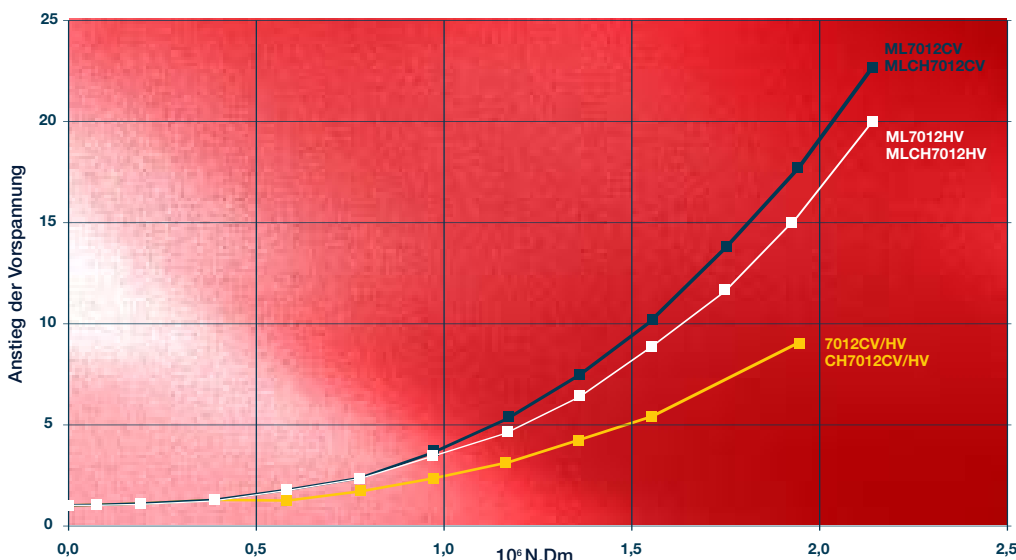
**Siehe auch Seite 15, axiale Verschiebung bei einem Spindellager**

## Einflussfaktoren auf die Vorspannung

Folgende Faktoren können einen Einfluss auf den Vorspannungswert haben:

- **Einbautoleranzen,**
- **Drehzahl,**
- **Temperatur,** und damit unterschiedliche Wärmeausdehnung der Werkstoffe für Welle und Gehäuse,
- **Geometrie der angrenzenden Komponenten.**

Diese Parameter sollten bei der Entwicklung einer Spindel berücksichtigt werden. Für weitere Informationen steht Ihnen unsere technische Abteilungen gern zur Verfügung.



**Anstieg der Vorspannung, in Abhängigkeit von der Drehzahl: im Vergleich die Spindellager 7012 und ML7012, Ausführung mit Stahl- oder Keramikkugeln**

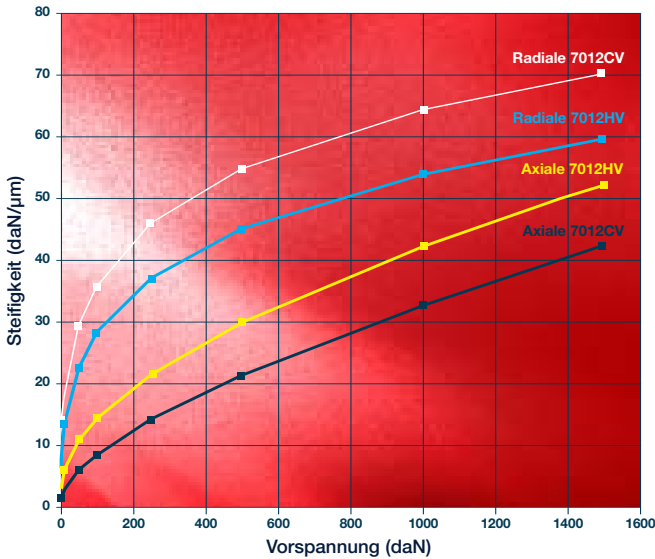




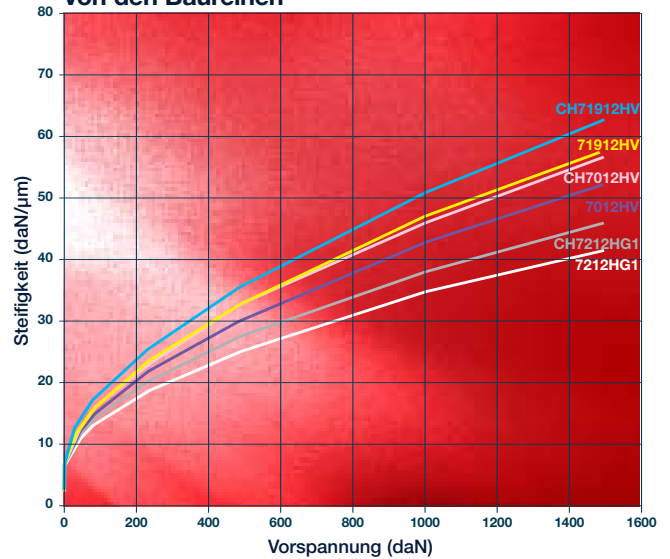
# Steifigkeit und axiale Verschiebung

## Steifigkeit, in Abhängigkeit von der Vorspannung

Beispiel für ein Spindellager 7012 in DB-Anordnung



Vergleich der Steifigkeit, in Abhängigkeit von den Baureihen



Die Steifigkeit wird durch die Vorspannung bestimmt. Bei Erhöhung der Vorspannung wird die Steifigkeit nicht linear erhöht.

## Axiale Verschiebung eines Spindellagers

Wenn ein Spindellager einer Axialkraft **Fa** Einheit in **daN**, ausgesetzt ist, verschiebt sich einer seiner Ringe axial zum anderen um einen Wert  $\delta a$ :  $\delta a = K (Fa)^{2/3}$

K ist die axiale Federkonstante des jeweiligen Lagers, ihr Wert ist in der Tabelle der Vorspannungen angegeben (siehe Seite 44).

### Aufbringen einer Vorspannung

Nehmen wir als Beispiel eine Lageranordnung Q16, mit einer Vorspannung **Pr** pro Spindellager. Vor dem Aufbringen der Vorspannung besteht ein Spalt **2δ** zwischen den Innenringen der Lager 2 und 3.

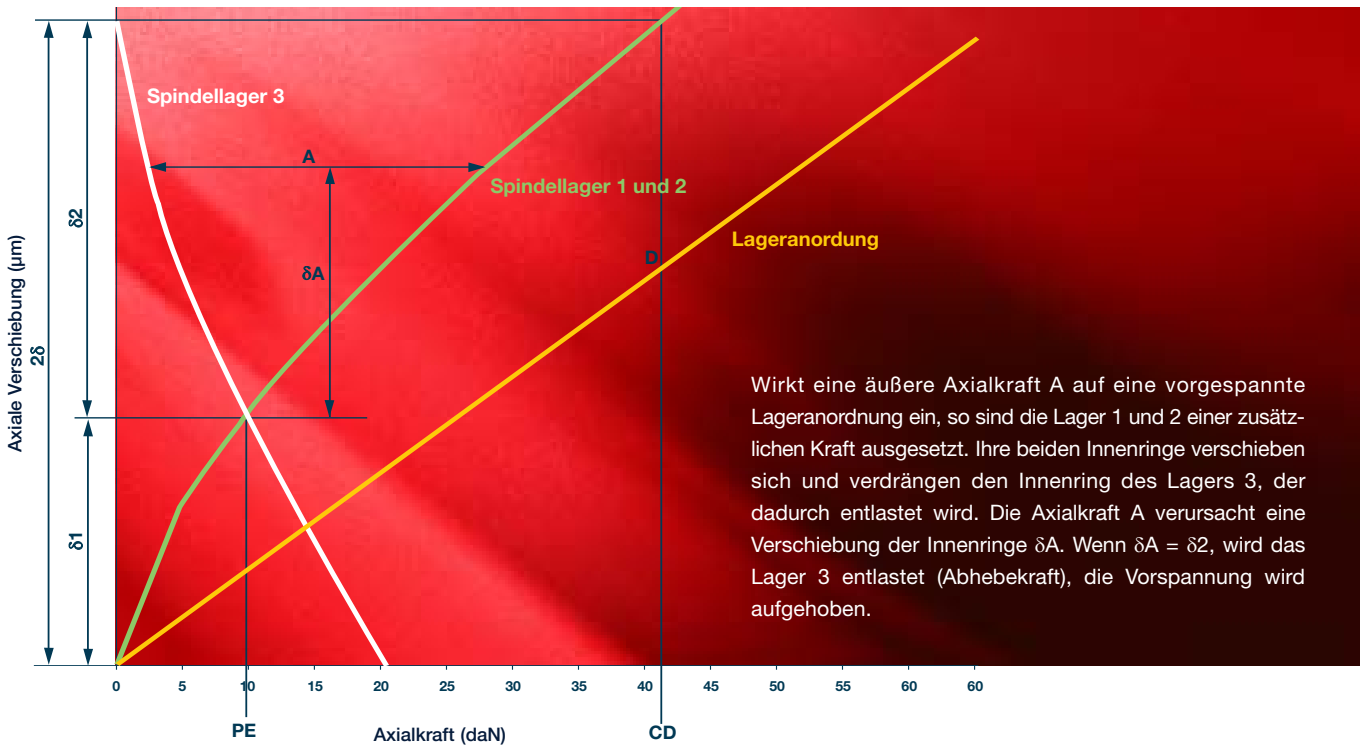
$$2\delta = 2K(Pr)^{2/3}$$

Wenn man die Innenringe zusammendrückt, verschieben sich diese, bis der Spalt **2δ**, nicht mehr vorhanden ist, wie auf der nebenstehenden Grafik dargestellt. Die Gleichgewichtsvorspannung der Anordnung ist gleich **PE** wenn das Spiel **2δ** null ist.

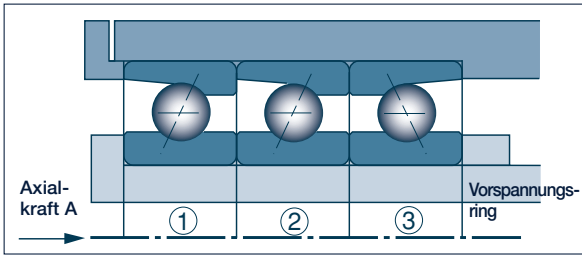


# Einfluss einer äußeren Axialkraft

## Axiale Verschiebung einer Lageranordnung Q16



Wirkt eine äußere Axialkraft  $A$  auf eine vorgespannte Lageranordnung ein, so sind die Lager 1 und 2 einer zusätzlichen Kraft ausgesetzt. Ihre beiden Innenringe verschieben sich und verdrängen den Innenring des Lagers 3, der dadurch entlastet wird. Die Axialkraft  $A$  verursacht eine Verschiebung der Innenringe  $\delta A$ . Wenn  $\delta A = \delta 2$ , wird das Lager 3 entlastet (Abhebekraft), die Vorspannung wird aufgehoben.



### Werte der Gleichgewichtsvorspannung PE und der Abhebekraft CD

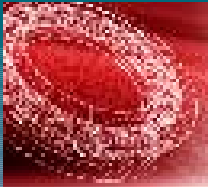
### Eigenschaften

- **Axiale Verschiebung:** Bis zur Aufhebung der Vorspannung ist die axiale Verschiebung gleich  $\delta 2$ . In einer ersten Annäherung wird sie durch die Gerade OD definiert. Nach Überschreiten des Punktes D entspricht sie der Kurve der Lager, auf die die Axialkraft  $A$  wirkt: im obigen Beispiel Lager 1 und 2.
- **Axiale Steifigkeit:** Bis zur Aufhebung der Vorspannung ist die mittlere Steifigkeit gleich  $CD/\delta 2$ .
- **Abhebekraft:** entspricht der Axialkraft, welche die Entlastung des oder der Gegenlager hervorruft: im obigen Beispiel Lager 3.

Anordnung	PE	CD
DB - DF	Pr	2.83 Pr
Q16	1.36 Pr	5.66 Pr
Q21	2 Pr	5.66 Pr

Pr: Vorspannung

Unsere Ingenieure teilen Ihnen auf Anfrage die charakteristischen Verlaufskurven einer Lageranordnung mit. Die Werte der axialen und radialen Steifigkeit für vorgespannte Spindellager sind auf Seite 44 angegeben.



# Korrekturfaktoren für die Drehzahl

**Jedes Spindellager darf eine gewisse Drehzahl, Grenzdrehzahl genannt, nicht überschreiten. Die Grenzdrehzahl ist abhängig von der Lagergeometrie, der Schmiermethode und der für sie zulässigen Temperatur. Wenn sich ein Parameter ändert, ändert sich damit die Grenzdrehzahl.**

## Bei Lageranordnungen

Bei zusammengesetzten Lagern wird empfohlen; die Grenzdrehzahl des Einzellagers entsprechend der Anordnung und der Vorspannung zu korrigieren.

**Die Grenzdrehzahl eines einzelnen Spindellagers ist auf Seite 41 angegeben. Für die MachLine Hybridspindellager muss dieser Wert um 30 % erhöht werden (siehe Seite 31).**

## Wahl der Vorspannungsklasse

Es ist eine Vorspannung aus den drei festgelegten Klassen auszuwählen: *leicht* - *mittel* - *stark*. Die Wahl des Vorspannungswerts ist abhängig von der maximalen Drehzahl der Spindel, der geforderten Steifigkeit und der Abhebekraft.

## Korrekturfaktor für die Drehzahl\*

Nachdem die oben genannten Maßnahmen getroffen wurden, muss sichergestellt werden, dass damit die gewünschte Grenzdrehzahl der Spindel erreicht werden kann.

\* Es handelt sich hier um einen Richtwert für die Auslegung. Soll eine Spindel im Dauerbetrieb nahe der Grenzdrehzahl arbeiten, muss die Wärmeentwicklung überprüft und sichergestellt werden, dass deren Auswirkungen mit der geforderten Genauigkeit vereinbar ist.

Für abweichende Lageranordnungen setzen Sie sich bitte mit den Mitarbeitern von SNR in Verbindung.

Anordnung	Vorspannung		
	Leicht	Mittel	Stark
<b>DT</b>	0.90	0.80	0.65
<b>DB</b>	0.80	0.70	0.55
<b>DF</b>	0.75	0.65	0.40
<b>Q16</b>	0.70	0.60	0.35
<b>Q21</b>	0.65	0.55	0.30

**Jede Abweichung von den erforderlichen geometrischen Toleranzen wirkt sich nachteilig auf die Grenzdrehzahl einer Lageranordnung aus und damit auf die einwandfreie Funktion der Spindel.**





# Berechnung der Spindel: Vereinfachte Berechnungsmethode

## | Vorauslegung der Lager

Die Vorauslegung muss geprüft und optimiert werden. Dies ist möglich, entweder durch Anwendung der vereinfachten Berechnungsmethode und/ oder der korrigierten Berechnung der Lebensdauer der Spindellager, oder mit Hilfe einer dafür geeigneten Berechnungssoftware.

---

## | Zu erwartende Lebensdauer

Die tatsächliche Lebensdauer der Lagerstellen in einer Spindel wird durch den Verlust der Bearbeitungsgenauigkeit (Maßhaltigkeit, Vibrationen) oder durch eine anormale Erwärmung bestimmt. Dieser Präzisionsverlust wird durch die Beschädigung der Oberflächen von Laufbahnen und Kugeln auf Grund von Verschleiß, Verschmutzung, Oxydation

oder Verschlechterung des Schmierstoffs (Öl oder Fett) verursacht. Die entsprechende Lebensdauer kann nicht direkt berechnet werden. Die einzig mögliche Berechnung ist die einer Lebensdauer  $L_{10}$ , die von der Materialermüdung abhängt. Die Erfahrung zeigt, dass die Lebensdauer einer korrekt ausgelegten Spindel bei etwa 20.000 Stunden liegt.

---

## | Vereinfachte Berechnungsmethode

Mit dieser einfachen Methode, entsprechend der **Norm ISO 281**, wird die nominelle Lebensdauer berechnet, die von 90% der Lager beim Einsatz unter dynamischen Kräften erreicht wird.

**Die nebenstehend aufgeführte vereinfachte Berechnungsmethode stützt sich auf die Materialermüdung als Ausfallursache.**



## | Dynamische äquivalente Belastung

Die Schneid- und Antriebskräfte müssen für jede Lagerstelle durch die üblichen Berechnungsmethoden aufgezeigt werden.

- **Axialkraft:** Sie muss gleichmäßig auf jedes Spindellager verteilt werden, das dieser Kraft ausgesetzt ist. Wenn „m“ Spindellager dieser Kraft ausgesetzt sind, dann gilt:

$$F_a = A / m$$

A = auf die Lagerung wirkende Axialkraft.

- **Berechnung der dynamischen äquivalenten Belastung:**

$$P = X Fr + Y Fa$$

Die Koeffizienten **X** und **Y** sind in der nebenstehenden Tabelle angegeben. Um sie zu bestimmen, muss zuerst das Verhältnis **Fa/Co** berechnet und **e** festgelegt werden. Dann muss **Fa/Fr** berechnet und mit **e** verglichen werden.

**Co** ist die statische Tragzahl.

Wenn sich die Belastung bei den verschiedenen Bearbeitungsarten verändert, dann wird die mittlere radiale äquivalente Belastung wie folgt berechnet:

$$P = (t_1 P_1^3 + t_2 P_2^3 + \dots + t_i P_i^3)^{1/3}$$

$t_i$  = Einsatzrate

$P_i$  = entsprechende äquivalente Belastung

- **Radialkraft:** Sie muss gleichmäßig auf jedes Spindellager verteilt werden. Wenn es „n“ Spindellager in der Lageranordnung gibt, ist die Radialkraft, die auf jedes Wälzlager einwirkt gleich:

$$Fr = R / n^{0,9}$$

R: auf die Lagerung einwirkende Radialkraft

	Fa/Co	e	Fa/Fr ≤ e		Fa/Fr > e	
			X	Y	X	Y
15°	0.015	0.38	1	0	0.44	1.47
	0.029	0.40	1	0	0.44	1.40
	0.058	0.43	1	0	0.44	1.30
	0.087	0.46	1	0	0.44	1.23
	0.12	0.47	1	0	0.44	1.19
	0.17	0.50	1	0	0.44	1.12
	0.29	0.55	1	0	0.44	1.02
	0.44	0.56	1	0	0.44	1.00
0.58	0.56	1	0	0.44	1.00	
25°	-	0.68	1	0	0.41	0.87

## | Nominelle Lebensdauer

Lebensdauer in Stunden:  $L_{10} = (C/P)^3 \times 10^6 / 60n$

C: dynamische Tragzahl (siehe Seite 41)

Co: statische Tragzahl (siehe Seite 41)

n: Drehzahl des drehenden Ringes in min<sup>-1</sup>

*Die Berechnung der Lebensdauer der gesamten Spindellagerung entspricht der Lebensdauer des Spindellager, das der größten Belastung ausgesetzt ist.*

machline





# Berechnung der Spindel: Die vereinfachte und korrigierte Berechnungsmethode

## | Statische äquivalente Belastung

Wenn ein Spindellager mehreren statischen Kräften ausgesetzt ist, ist es notwendig die statische äquivalente Belastung zu berechnen, um sie mit der statischen Tragzahl des Spindellager zu vergleichen.

### - Berechnung der statischen äquivalenten Belastung

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

Die Koeffizienten  $X_o$  und  $Y_o$  sind in der nebenstehenden Tabelle angegeben. Um sie zu bestimmen, muss das Verhältnis  $F_a/F_r$  berechnet werden.

*Die statische äquivalente Belastung eines Spindellagers ist ein Richtwert. Er ist auf keinem Fall ein präziser Wert, der nicht überschritten werden darf. Dieser Richtwert sollte zu Grunde gelegt werden, zum Beispiel bei der Ermittlung von Einflüssen durch punktuelle Kräfte, wie sie bei Werkzeugausrück- oder Werkstückvorschubsystemen auftreten.*

	$F_a/F_r$	$X_o$	$Y_o$
15°	$\leq 1.09$	1	0
	$> 1.09$	0.50	0.46
25°	$\leq 1.31$	1	0
	$> 1.31$	0.50	0.38

- **Statische Tragzahl  $C_o$  eines Spindellagers:** Sie wurde in der **Norm ISO 76** festgelegt und übt entsprechend der Radialkraft für die größte Belastung zwischen Rollkörper und Laufbahn einen Druck von 4200 MPa (Hertzsche Pressung) aus.

$$\text{Sicherheitsfaktor: } f_s = i C_o / P_o$$

$i$ : Anzahl der Wälzlager  
 $C_o$ : statische Tragzahl des Spindellagers  
 $P_o$ : statische äquivalente Belastung

Die prinzipiellen Minimalwerte für den Sicherheitsfaktor  $f_s$  sind:

- 2,5 bis 3 im Normalfall für Spindeln
- 1 bis 1,5 bei kurzzeitigen Axialkräften

## | Korrigierte Lebensdauer

In der Norm **ISO 281** wird die Formel zur Bestimmung der korrigierten nominellen Lebensdauer  $L_{na}$  festgelegt, die abhängig ist von der nominellen Lebensdauer  $L_{10}$ :  $L_{na} = a_1 x a_2 x a_3 x L_{10}$

### - Koeffizient $a_1$

Korrekturkoeffizient für eine Abweichung von der 90%-igen Zuverlässigkeit. Er ist in der untenstehenden Tabelle angegeben:

Lebensdauer	Zuverlässigkeit	Ausfallwahrscheinlichkeit	$a_1$
$L_{10}$	90%	10	1.00
$L_5$	95%	5	0.62
$L_4$	96%	4	0.53
$L_3$	97%	3	0.44
$L_2$	98%	2	0.33
$L_1$	99%	1	0.21

### - Koeffizient $a_2$

Korrekturkoeffizient für das verwendeten Material und die interne Geometrie.

*Für besondere Anwendungen kann ein Wälzlager aus einem Spezialstahl, der vom herkömmlichen Stahl abweicht, hergestellt werden, oder es kann eine nicht dem Standard entsprechende interne Geometrie haben. Diese Besonderheiten bringen eine Lebensdauer mit sich, die höher ist als die eines Standardwälzlagers. In diesem Fall gilt ein Koeffizient  $a_2$ , der größer als 1 ist und dessen Wert aus Versuchsergebnissen der SNR Forschungs- und Entwicklungsabteilung abgeleitet wird.*

Material	$a_2$
100Cr6	1
XD15N	2.8

**- Koeffizient  $a_3$**

Korrekturkoeffizient für die Betriebsbedingungen: Verschmutzung, Schmierung, Temperatur usw. **Es ist zu beachten, dass die Koeffizienten  $a_2$  und  $a_3$  nicht unabhängig voneinander sind.**

**- Koeffizient  $a_{3pol}$**

Die Lebensdauer kann durch Verschmutzung reduziert werden, entsprechend der Verschmutzungsursache und des Belastungsgrads der Rollkörper.

**In den meisten Fällen** wird ein Spindellager unter maximalen Reinheitsbedingungen eingesetzt: **der Koeffizient  $a_{3pol}$  ist dann gleich 1.**

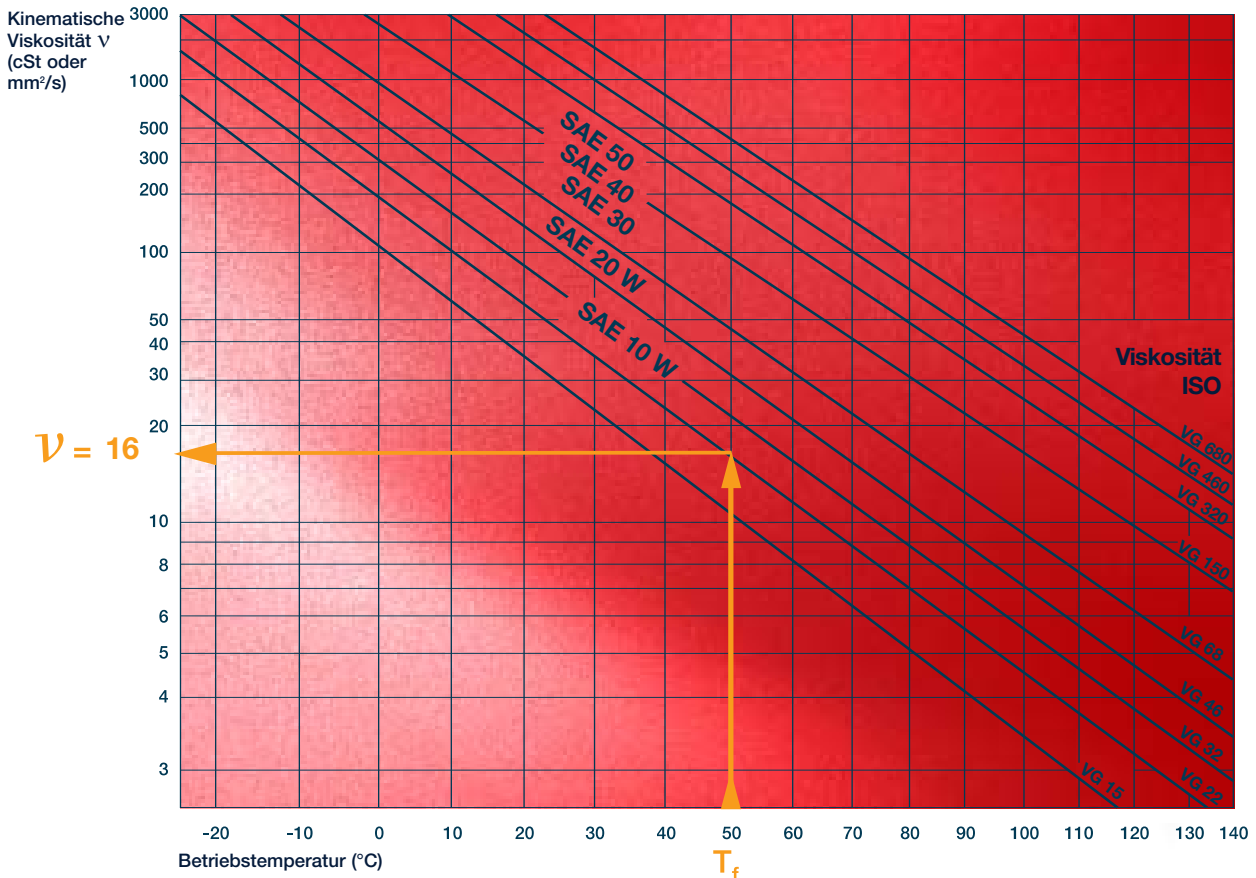
**Für andere Anwendungsarten**, die weniger geschützt sind, kann der Koeffizient  $a_{3pol}$  folgende Werte annehmen:

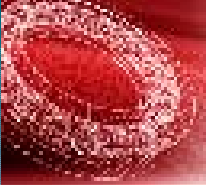
Filtration	$a_{3pol}$
< 3 $\mu\text{m}$	1
5 $\mu\text{m}$	0.95
10 $\mu\text{m}$	0.90

**- Koeffizient  $a_{3lub}$**

Die Lebensdauer von Wälzlagern wird durch den Wirkungsgrad der Schmierung beeinflusst, der unter anderem durch die Dicke des Schmierfilms gekennzeichnet ist. Die elasto-hydrodynamische Theorie zeigt, dass der Schmierfilm fast ausschließlich von der Viskosität des Öls und der Drehzahl abhängt. Mit Hilfe der nachfolgenden Diagramme kann der Koeffizient  $a_{3lub}$  bestimmt werden.

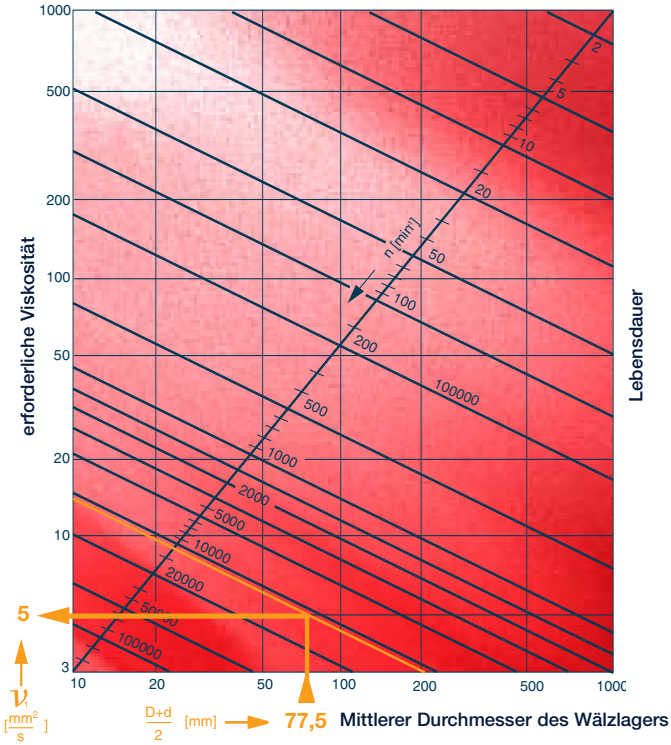
**Diagramm 1: Viskosität - Temperatur**





# Berechnung der Spindel: Korrigierte Lebensdauer

Diagramm 2: erforderliche Viskosität



## Beispiel

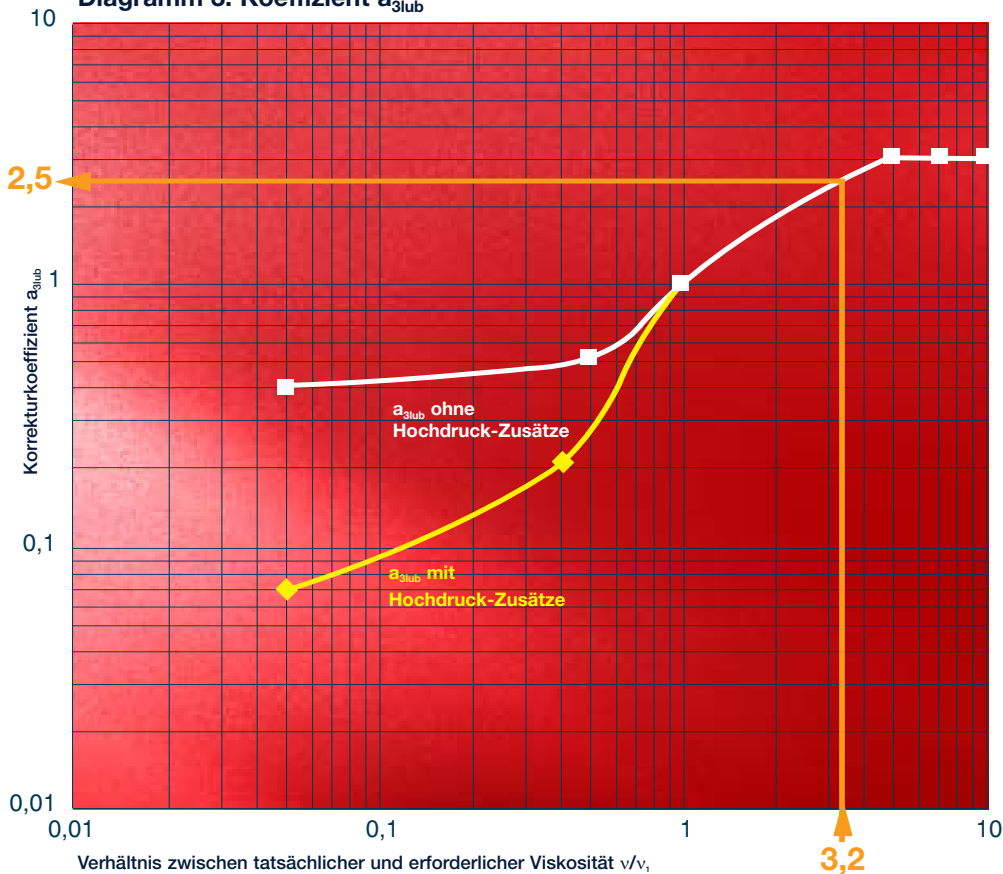
Spindellager 7012CV mit  $13000 \text{ min}^{-1}$ ,  
mit einer Ölschmierung VG22 und  
einer Betriebstemperatur von  $50^\circ\text{C}$ .

Diagramm 1: Die Viskosität des Öls  
VG22 bei  $50^\circ\text{C}$  beträgt  $v = 16 \text{ cSt}$

Diagramm 2: Die erforderliche  
Viskosität für ein Spindellager 7012CV  
mit einem durchschnittlichen  
Durchmesser  $d_m = 77.5 \text{ mm}$  bei  $13000$   
U/min beträgt:  $v_1 = 5 \text{ cSt}$

Diagramm 3: Der Koeffizient  $a_{3\text{lub}}$   
mit einem Verhältnis  
 $v/v_1 = 16/5 = 3.2$  beträgt  $a_{3\text{lub}} = 2.5$

Diagramm 3: Koeffizient  $a_{3\text{lub}}$



**- Koeffizient  $a_{3temp}$**

Die maximal zulässigen Betriebstemperaturen der Lagerelemente werden in der nachfolgenden Tabelle angegeben:

Bestandteil	max. Temperatur	Hinweis
Ringe	150°C	-
Kugeln		
- Stahl	150°C	-
- Keramik	> 200°C	-
Käfig		
- Phenolharz	100°C Dauerbetrieb 120°C Spitze	Standard
- Bronze	200°C	Auf Anfrage
- PEEK	120°C Dauerbetrieb 150°C Spitze	Auf Anfrage
Dichtungen	100°C Dauerbetrieb 120°C Spitze	- -
Fett	120°C	-

**Für die meisten der Werkzeugmaschinen-  
Anwendungen** wird ein Koeffizient  $a_{3temp} = 1$  angenommen, da die Betriebstemperatur deutlich unter 100°C ist.

**Für Anwendungen**, mit höheren Temperaturen, kann der Koeffizient  $a_{3temp}$  folgende Werte annehmen:

Temperatur	$a_{3temp}$
< 100°C	1
110°C	0.96
120°C	0.92
130°C	0.88
140°C	0.84
150°C	0.8

## | Unbegrenzte Lebensdauer

Auf dem Gebiet der Materialentwicklung ist es uns möglich die Bedingungen zu bestimmen, bei denen eine unbegrenzte Lebensdauer der Wälzlager erreicht wird:

- Vollständige Trennung der metallischen Oberflächen durch einen Schmierfilm, das heißt  $a_{3lub} > 1.5$ .
- Sehr geringe Verschmutzung des Schmierstoffs, das heißt  $a_{3pol} = 1$ .
- Einwirkende Kräfte mit den folgenden Werten:  $C_o/P_o > 9$ , d. h. Hertzsche Pressung < 2000 MPa für Lager aus 100Cr6 und < 2300 MPa für Lager aus XD15N.



# Berechnung der Spindel: Simulationen

## Berechnungssoftware

Die F&E von SNR hat eine Berechnungssoftware entwickelt, mit der die Auslegung von Spindellagerungen überprüft und optimiert werden kann. Mit diesem Programm ist eine umfangreichere und genauere Simulation möglich als mit der vereinfachten oder korrigierten Methode. Es können Modelle der Spindel und ihrer Lagerstellen angefertigt werden, unter Berücksichtigung der Belastung, der Drehzahl und Schmierung. Das Programm simuliert das Gleichgewicht einer sich drehenden Spindel, die auf Spindellager montiert und äußeren Kräften ausgesetzt ist.

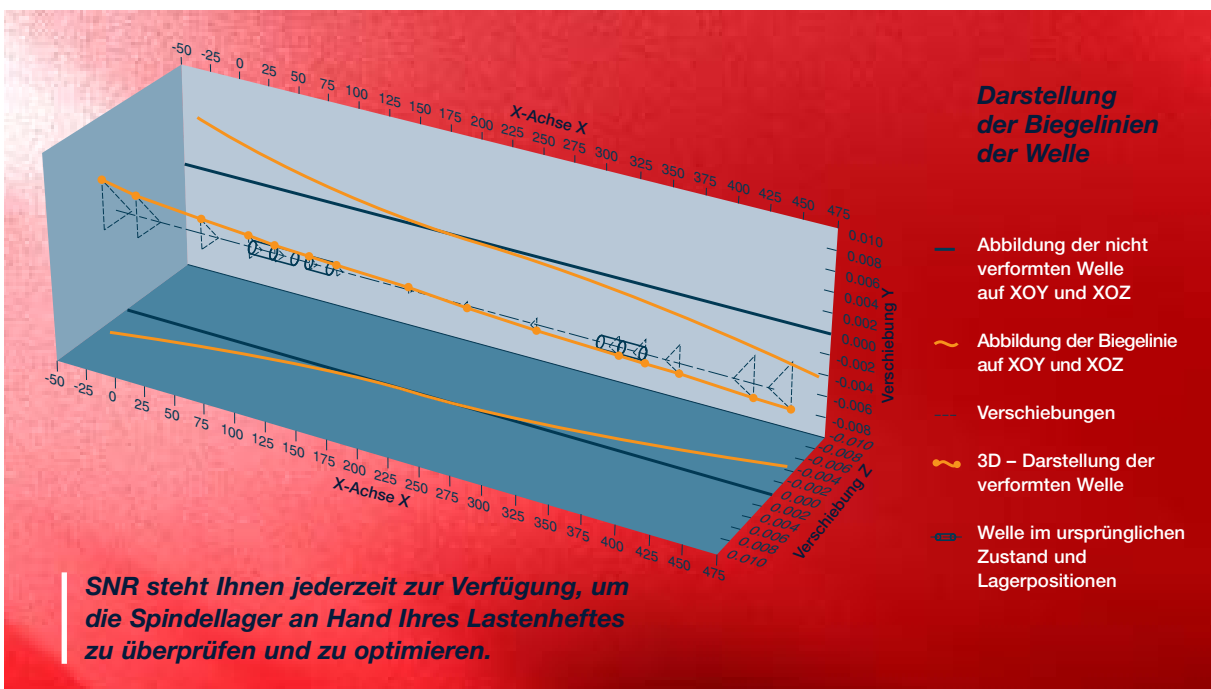
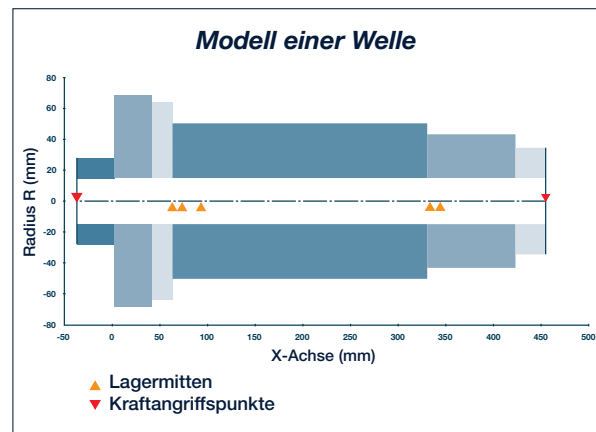
### • Es bestimmt:

- Die **Kontaktkräfte und Federwege** zwischen Kugeln und Ringen,
- Die **einwirkenden Kräfte** auf jedes Spindellager,
- Die **Verschiebung der Innen- und Außenringe**
- Die **Verformung der Welle**
- Die **axiale und radiale Steifigkeit** am gewählten Referenzpunkt

### • Es berechnet:

- Die **Flächenpressungen und Maße der Kontaktellipsen**,
- Die **Lebensdauer  $L_{10}$**  der Spindellager, die sich auf das Tragvermögen stützt,
- Die **Dicke des Schmierfilms** (Die Lebensdauer wird korrigiert bei unvollständigem Film).

## Grafische Darstellung der Eingangsdaten und der SNR - Ergebnisse





# Die richtige Schmierung: die Lebensversicherung für Ihre Wälzlager

*Die Schmierung ist ein wesentliches Element für die gute Funktion eines Wälzlagers. Es wird dabei ein Schmierfilm zwischen den Wälzkörpern und den Laufbahnen gebildet, um Verschleiß und Fressen zu verhindern. Außerdem stellt der Schmierstoff die Abkühlung des Wälzlagers durch Wärmeverteilung sicher und schützt es gegen Korrosion.*

## Wahl der Schmierungsart

Sie hängt von der Grenzdrehzahl und den Belastungen ab, sowie von der abzuführenden Wärmemenge. Auch ist sie eng mit der Maschinenkonzeption verbunden.

- **Die Fettschmierung** wird empfohlen, wenn die gewünschte Grenzdrehzahl dafür geeignet ist und wenn die freigesetzte Wärme an die Umwelt

abgeführt werden kann, ohne eine erhöhte Erwärmung zu erzeugen ( $\Delta T$  von 20 bis 25°C).

- **Die Ölschmierung** (Öl-Nebel- oder Öl-Luftschmierung) wird in den anderen Fällen empfohlen.

## Ölschmierung

Wenn die Drehzahl die Grenze für eine Fettschmierung überschreitet, muss man sich für eine Ölschmierung entscheiden. SNR empfiehlt ein Öl mit geringer Viskosität in der Größenordnung 20 cSt bei 40°C, um die Erwärmung zu reduzieren (außer bei starken Belastungen).

- **Öl-Nebelschmierung:** Die Schmierung wird durch den schwachen Durchsatz von zerstäubtem Öl in einem Luftstrahl gewährleistet. Durch Luftzirkulation wird die Kühlung sichergestellt. Die Luft muss gefiltert

und frei von Feuchtigkeit sein. Für ein Spindellager 7016 zum Beispiel, ist der Öldurchsatz 50 mm<sup>3</sup>/h pro Lager. Der in der Spindel erzeugte Überdruck verbessert die Abdichtung.

- **Öl-Luftschmierung:** Dabei werden regelmäßig Öltröpfchen in einen Luftstrahl gespritzt. Dieses System ist weniger umweltbelastend und stellt eine interessante Alternative zur Öl-Nebelschmierung dar. Es ermöglicht eine bessere Kontrolle der in das Spindellager eingeführten Ölmenge.

## Einstellungsbeispiel für ein Spindellager 7016

- **Öldurchsatz:** 60 mm<sup>3</sup>/h pro Lager
- **Einspritzintervalle:** 8 min
- **Luftdruck:** 1,0 bis 2,5 bar.

- **Anmerkung:** Die angegebenen Parameter sind Richtwerte. Sie müssen optimiert werden, um die geringste Erwärmung zu erzielen.

- **Zuführungskanäle:** Der Schmierstoff muss so nah wie möglich an das Spindellager gelangen und zwischen Innenring und Käfig eindringen können.

**Der Nominaldurchmesser des Öleinlasses (D5) und der Abstand zwischen dem Innenring und dem Käfig (E) sind auf Seite 40 angegeben.**



# Die richtige Schmierung: die Lebensversicherung für Ihre Spindellager

## Fettschmierung

SNR empfiehlt sein Fett SNR-LUB GV+. Es gewährleistet eine gute Funktion bei hohen Drehzahlen und Belastungen sowie ein geringes Reibmoment im Betrieb.

### SNR-LUB GV+:

- **Grundlage:**  
Synthetiköl, Lithiumseife
- **Additive:**  
Antioxydation, Antiverschleiß, Antikorrosion, EP
- **Niedrige Viskosität:**  
15 cSt bei 40°C
- **Betriebstemperatur:**  
zwischen -50°C und +120°C.

Das Fett LUB GV+ wird besonders für Anwendungen mit vertikalen Wellen empfohlen.

**Die von SNR empfohlenen Fettmengen sind in der nebenstehenden Tabelle angegeben. Diese Angaben sind entsprechend der angewandten Betriebsdrehzahl mit den nachstehenden Korrekturfaktoren zu ändern.**

% Grenzdrehzahl	Korrekturfaktor
< 35 %	1
35 % bis 75 %	0,75
> 75 %	0,60

### Sortiment MachLine Hochgeschwindigkeit - ML

Durchschnittliches Fettvolumen pro Spindellager in cm<sup>3</sup> - Toleranz ± 10%

Bohrungs-kennzahl	Baureihe 70	Baureihe 719
00	0.1	0.1
01	0.2	0.1
02	0.3	0.1
03	0.3	0.1
04	0.6	0.3
05	0.8	0.4
06	1.0	0.5
07	1.4	0.6
08	1.7	1.0
09	2.2	1.1
10	2.4	1.1
11	4.4	2.3
12	4.6	2.6
13	5.2	2.7
14	6.7	4.3
15	7.1	4.6
16	9.3	4.8
17	9.6	6.5
18	12.9	6.8
19	12.8	7.0
20	13.5	9.6
21	18.3	-
22	22.1	10.3
24	23.5	13.3
26	34.8	17.5

### Sortiment MachLine Hochgenauigkeit

Durchschnittliches Fettvolumen pro Spindellager in cm<sup>3</sup> - Toleranz ± 10%

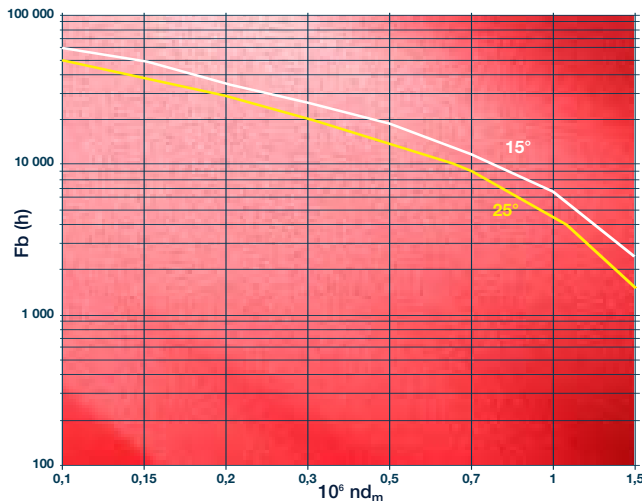
Bohrungs-kennzahl	Baureihe 70	Baureihe 72	Baureihe 719
00	0,3	0,4	0,2
01	0,4	0,5	0,2
02	0,5	0,6	0,3
03	0,6	0,8	0,3
04	1,0	1,3	0,5
05	1,2	1,7	0,6
06	1,6	2,3	0,7
07	2,0	3,3	1,0
08	2,5	3,5	1,5
09	3,2	5,3	1,6
10	3,4	6,2	1,7
11	4,7	7,5	2,2
12	5,0	9,2	2,3
13	5,3	11	2,5
14	7,5	13	4,2
15	7,8	14	4,3
16	10	16	4,5
17	11	21	6,3
18	14	26	6,5
19	15	-	7,3
20	16	38	9,7
21	19	-	10
22	24	52	10
24	25	63	14
26	40	-	19
28	42	-	20
30	51	-	30
32	64	-	31
34	83	-	32
36	107	-	50
38	110	-	52
40	140	-	74
44	190	-	80
48	-	-	86

Beispiel: Spindellager 7016, für den Einsatz bei einer Drehzahl von 7.000 min<sup>-1</sup> (64% seiner für das Fett zulässigen Grenzdrehzahl).  
Vorzu sehende Fettmenge:  
10 cm<sup>3</sup> x 0,75 = 7,5 cm<sup>3</sup>

$nd_m$  = Produkt des mittleren Lagerdurchmessers (mm) und der Drehzahl (min<sup>-1</sup>). Befettung: siehe Seite 64.

## Nachschmierung

- **Häufigkeit der Nachschmierung:** Mit Hilfe des nachstehenden Diagramms kann die Basis-Nachschmierfrist (in Stunden) bestimmt werden, abhängig vom Wälzlagertyp.



Es handelt sich hierbei um Richtwerte, die immer im Versuch bestätigt werden müssen.

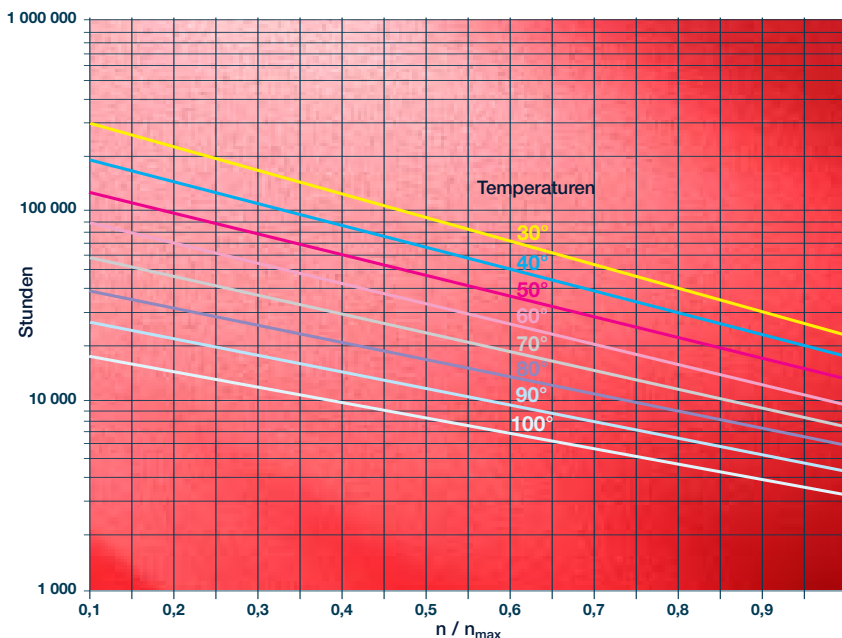
- **Korrektur der Nachschmierhäufigkeit:** Die Basis-Nachschmierfrist  $F_b$  muss mit den, in der nachstehenden Tabelle angegebenen Koeffizienten korrigiert werden, abhängig von den besonderen Einsatzbedingungen der Spindel. Es gilt das Verhältnis:  $F_c = F_b \times T_e \times T_a \times T_t$

Koef.	Bedingungen	Grad	Wert
<b>Te</b>	<b>Umgebung</b>		
	- Staub	Niedrig	1
	- Feuchtigkeit	Mittel	0.8
	- Kondensation	Hoch	0.5
<b>Ta</b>	<b>Anwendung</b>		
	- Vertikale Welle	Niedrig	1
	- Vibrationen	Mittel	0.8
	- Stoßbelastungen	Hoch	0.5
<b>Tt</b>	<b>Temperaturen</b>		
		< 75°C	1
		75° bis 85°C	0.8
		85° bis 120°C	0.5

## Gebrauchsdauer des Schmierstoffs

Sehr häufig wird der Einbau von Spindellagern so ausgelegt, dass die Hertzsche Pressung eine praktisch unendliche Lebensdauer ohne Ermüdungserscheinungen ermöglicht. Bei diesen Anwendungen wird die Gebrauchsdauer des Schmierstoffs zu einem entscheidenden Faktor zur Bestimmung der Lebensdauer des Spindellagers.

Die Gebrauchsdauer des Schmierstoffs ist der Zeitraum, in dem er seine ursprünglichen Eigenschaften und seine Schmierfähigkeit bewahrt. Für jeden Schmierstoff ist die Gebrauchsdauer grundsätzlich abhängig von der Drehzahl des Wälzlagers und seiner Betriebstemperatur.



$n$ : Drehzahl des Spindellager  
 $n_{max}$ : Grenzdrehzahl des Spindellagers  
 $T$ : Betriebstemperatur (°C)

Es handelt sich hierbei um Richtwerte, die immer im Versuch bestätigt werden müssen.

# Auswahlhilfe MachLine®

**Unser Programm MachLine wurde für den vielfältigen Einsatz von Werkzeugmaschinen mit Spindeltrieb entwickelt: Drehmaschinen, Fräsmaschinen, Bohrmaschinen, Bearbeitungszentren, Schleifmaschinen, Hochgeschwindigkeitsspindeln... Die besonderen Eigenschaften dieser Spindellager, die höchsten Anforderungen - Schnitt- und Antriebskräfte - sowie hohe Drehzahlen zu erfüllen, wurden in folgenden Leistungsmerkmalen optimiert: Rundlaufgenauigkeit, Maßhaltigkeit, Abweichungen bei der Makro- und Mikrogeometrie, Steifigkeit, Temperatur, Schwingung, Lebensdauer.**

## Merkmale der Spindellager

- Ringe und Kugeln aus Stahl 100 Cr 6 von sehr hoher Qualität,
- Zwei Kontaktwinkel: 15° und 25° (17° und 25° für die MachLine – Version ML und MLE),
- Außenringgeführter Hartgewebekäfig (Auf Anfrage Käfig aus Bronze oder PEEK möglich),
- Drei Vorspannungsstufen (Auf Anfrage spezifische Vorspannung möglich),
- Genauigkeitsklasse P4S: ISO4 (ABEC 7) für die Abmessungen und ISO2 (ABEC 9) für alle dynamischen Parameter. Kann auch nach ISO 2 geliefert werden.

**Auf Grund unseres Know-hows als Hersteller ist es uns möglich mit sehr großer Genauigkeit die Ausrichtung zwischen dem Außen- und Innenring unter Vorspannung zu bestimmen, Garantie für einen Stirnflächenversatz unter 2µm. Dieses nicht genormte Merkmal bestimmt den Wert der Vorspannung, der einen großen Einfluss auf die Steifigkeit und auf das Verhalten einer Spindel hat.**

## Vergleich der internen Geometrien



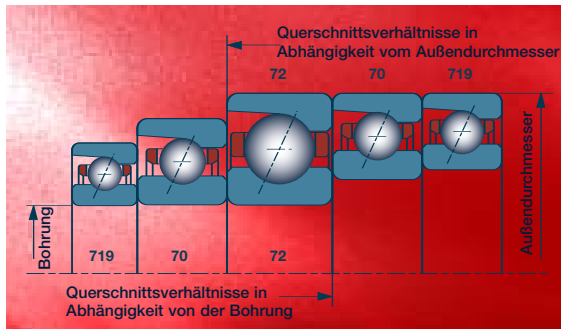
**- MachLine Hochgeschwindigkeitslager – ML:** Ein kleinerer Kugeldurchmesser, mehr Kugeln und optimierte Käfigführung auf dem Außenring ermöglichen 30% höhere Drehzahlen als das Standardprogramm.

**- MachLine abgedichtete Spindellager – MLE:** Die Ausstattung der Lager ML mit kontaktfreien Dichtungen lässt eine Fettschmierung zu; damit sind die Drehzahlleistungen eines mit Öl geschmierten Standardlagers erreichbar.

**- MachLine Hybridlager – CH:** Die Leistungsfähigkeit der Spindellager wird durch den Einsatz von Keramikugeln an Stelle von Stahlkugeln nochmals verbessert.



## Baureihen mit verschiedenen Abmessungen



## Lagerausführung nach Baureihen

Baureihe	Ausführung
7000	V
71900	V
7200	G1

- **Lagerausführung V:** Die Baureihen 71900 und 7000 sind hervorragend geeignet, um hohe Drehzahlen zu erreichen. Sie bieten den besten Kompromiss zwischen Drehzahl, Tragzahl, Steifigkeit und Präzision.

- **Lagerausführung G1:** Die Ausführung G1 wurde speziell für Anwendungen der Baureihe 7200 entwickelt, um den vorherrschend hohen Axialkräften gerecht zu werden.

**Übersicht der verschiedenen Ausführungen:**  
Das SNR- Angebot umfasst verschiedene Möglichkeiten für den Einbau einer Lageranordnung

## Merkmale der empfohlenen Ausführungen

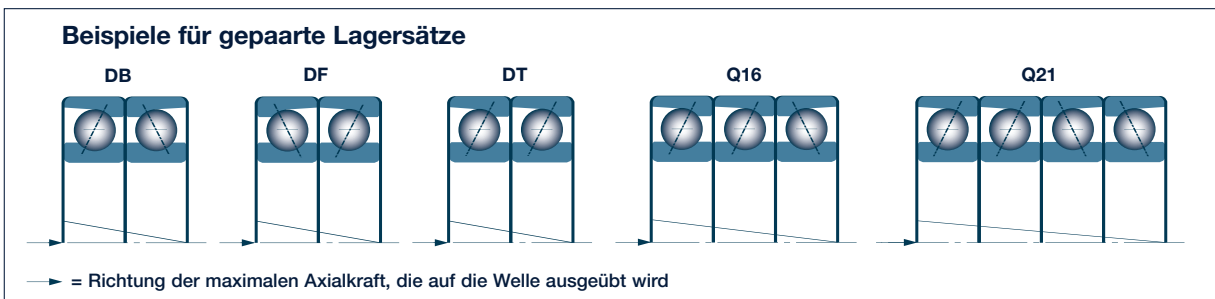
- **UNIVERSAL - Spindellager, Nachsetzzeichen U:** Abhängig von der gewählten Vorspannung befinden sich die Stirnflächen der Innen- und Außenringe dieser Lager in der gleichen Ebene. Diese Lager können zur Bildung zahlreicher Anordnungen eingesetzt werden.

- **Anordnung mit UNIVERSAL – Spindellager, Nachsetzzeichen DU, TU, QU...:** Anordnung mehrerer Universal-Lager, deren Außen- und Bohrungsdurchmesser so gewählt wurden, dass sie maximal um die Hälfte der nach ISO-Norm zulässigen Toleranz abweichen.

- **Anordnung GEPAARTER Lager, Nachsetzzeichen DB, DF, DT, Q16, Q21...:** Diese von uns aufeinander abgestimmten Lagersätze können nicht getrennt werden. Sie weisen folgende Merkmale auf:

- Paarweise festgelegte Vorspannungswerte,
- Außen- und Bohrungsdurchmesser liegen in einem Toleranzbereich, der maximal die Hälfte der nach ISO- Norm zulässigen Toleranz beträgt,
- Markierung des Lagersatzes durch ein „V“ auf der Außenringmantelfläche der Lager der gepaarten Anordnung.

**Auf Grund dieser Merkmale, insbesondere des sehr genauen Vorspannungswerts, werden eine höhere Präzision der Spindel, eine bessere Kontrolle der Steifigkeit und eine maximale Lebensdauer erzielt.**



## Besondere Toleranzen

Bei bestimmten Anwendungen können Toleranzen für Bohrungs- und Außendurchmesser erforderlich sein, die kleiner und zentrierter sind als die Toleranz

nach ISO 4. Diese Lagerart wird in diesem Fall mit dem Buchstaben R gekennzeichnet, wie im folgenden Beispiel: 71912CVURJ74.



# MachLine® CH - Hybridlager: Die Entscheidung für Kermikkugeln

*Durch die Verwendung von Kermikkugeln können, auf Grund der inneren Geometrie der SNR – Baureihen, die Leistungsfähigkeit und die Lebensdauer der Wälzlager deutlich gesteigert werden.*

## | Eigenschaften der Keramik

Die verwendete Keramik ist ein Siliziumnitrid:  $\text{Si}_3\text{N}_4$

- Geringe Dichte:  $3,2 \text{ kg/dm}^3$
- Geringer Ausdehnungskoeffizient
- Hoher Elastizitätsmodul:  $310.000 \text{ N/mm}^2$
- Nicht magnetisch
- Geringer Reibungskoeffizient
- Elektrischer Isolator
- Geringe Wärmeleitfähigkeit
- Korrosionsbeständigkeit

## | Herausragende Ergebnisse

Die physikalischen Eigenschaften der Keramik ermöglichen:

- Erhöhung der Drehzahl bei gleicher Temperatur
- Verbesserung der Steifigkeit der Spindellager
- Erhöhung der Lebensdauer

*Das gesamte Programm MachLine Hochpräzisionslager, ML, MLE und die Baureihen 7000, 71900 und 7200 sind als Hybridlager erhältlich.*



## Leistungsmerkmale der MachLine CH - Hybridlager

**Erhöhung der Drehzahl:**  
**+ 30%**

Dank der Eigenschaften der Keramikugeln besitzen die Hybridlager von SNR eine Kinematik, durch die ein geringeres Kugelgleiten und geringere Wärmeentwicklung auftritt als bei Wälzlagern mit Stahlkugeln. Bei gleicher Temperatur können Drehzahlen erreicht werden, die um 30% höher sind als bei Wälzlagern mit Stahlkugeln.

**Verbesserte Steifigkeit:**  
**+ 10%**

Der Elastizitätsmodul von Keramik ist höher als von Stahl und ermöglicht dadurch, bei gleicher Vorspannung, eine Erhöhung der Steifigkeit des Hybridlagers um 10 %.

**Die Eigenschaften der „Hybridlager“ lassen in bestimmten Fällen eine Fettschmierung zu, wenn normalerweise auf Grund der angestrebten Drehzahlen eine Luft-Ölschmierung notwendig wäre. Damit können Kosten eingespart werden.**

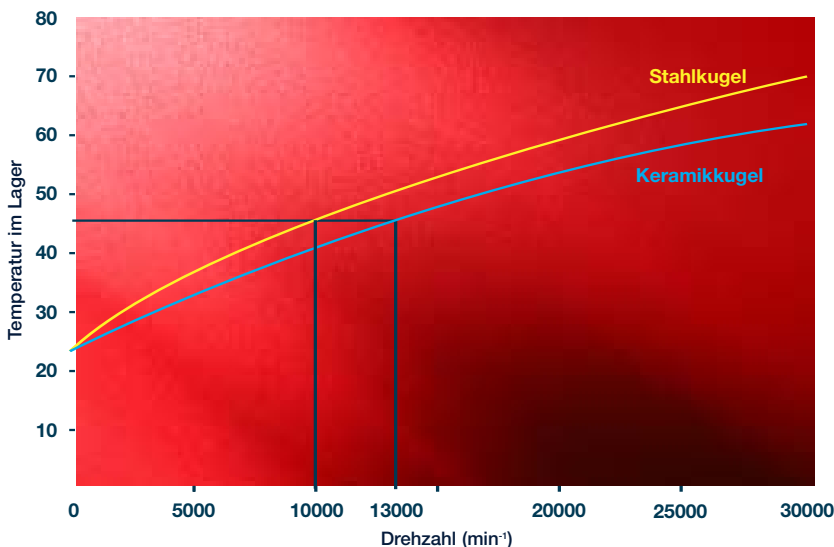
**Lebensdauer verdreifacht:**  
**x 3**

Durch die tribologischen Eigenschaften von Keramik, insbesondere durch ihre geringen Reibungskoeffizienten sowie die Fähigkeit, eine Mangelschmierung besser zu tolerieren, sind die Lagerlaufbahnen widerstandsfähiger gegen Verschleiß und Schäden. Entsprechend der Einsatzbedingungen ist die tatsächlich festgestellte Lebensdauer 2- bis 3-mal höher als bei Wälzlagern mit Stahlkugeln (bei gleichen Betriebsbedingungen).

**Schmierung:**  
**Kostenreduzierung**

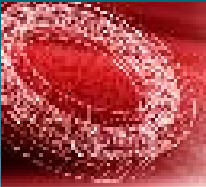
Die für Wälzlager mit Stahlkugeln 100 Cr 6 verwendeten Schmierstoffe können in der Regel auch für Hybridlager verwendet werden. Bei manchen Anwendungen ist jedoch eine spezielle Untersuchung erforderlich, um das passende Produkt zu bestimmen.

## Beispiel für ein Hybridlager CH7009CVDTJ04, Vorspannung mittels Federkraft von 550 N



**Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Drehzahl:**  
Bei einer Temperatur von 45°C erhöht sich die Drehzahl von 10 000 min<sup>-1</sup> mit Stahlkugeln auf 13 000 min<sup>-1</sup> mit Keramikugeln.

machline



# MachLine® ML - Hochgeschwindigkeitslager: Unsere Antwort auf sehr hohe Drehzahlen

*SNR hat dieses Programm mit speziellen Eigenschaften entwickelt, um den ständig steigenden Ansprüchen der Spindeln im hohen Drehzahlbereich gerecht zu werden, es ist damit besonders für diesen Einsatz geeignet.*

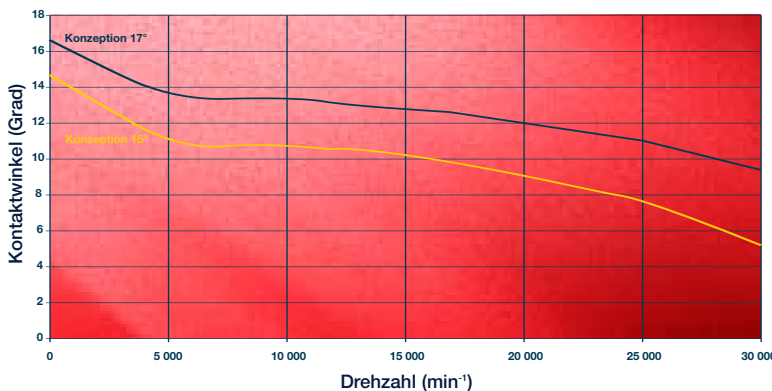
## Optimierte Konzeption

Das Programm ML besteht aus den Baureihen 7000 und 71900. Die interne Geometrie dieser Spindellager wurde optimiert, um das beste Verhalten und die beste Funktion bei hohen Grenzdrehzahlen zu gewährleisten:

- **Kontaktwinkel 17° und 25°.**
- **Genauigkeitsklasse P4S.**
- **Verbesserter außenringgeführter Hartgewebekäfig** im Vergleich zum Standardprogramm.
- **Für eine Ölschmierung optimierte Konzeption.**



Theoretisch resultierender mittlerer Kontaktwinkel



*Das nebenstehende Schaubild zeigt die Entwicklung des Kontaktwinkels eines Lagers ML7011CVUJ74S in Abhängigkeit von der Betriebsdrehzahl. Die Konzeption mit einem Nominalwinkel von 17° bietet den Vorteil, dass der Kontaktwinkel bei maximaler Drehzahl relativ groß bleibt, im Vergleich zu einer Konzeption mit 15°.*

**Um den Einbau und die Ausrichtung der Lageranordnung der Spindellager zu erleichtern, ist auf dem Außenring ein „V“ markiert, in Richtung des Kontaktwinkels.**

## Leistungsfähigkeit: Weniger Verformungen beim Einsatz

- Erhöhung der Drehzahl unter Einhaltung einer optimalen Tragfähigkeit, um die gezielte Lebensdauer bei hochdrehenden Spindeln zu erreichen.
- Drehzahlfaktor bei  $2.2 \times 10^6 \text{ nd}_m$ .

**Diese Leistungsfähigkeit wurde durch die Bestückung mit mehr Kugeln mit kleinerem Durchmesser möglich.** Der entscheidende Vorteil dieser Konzeption sind dickere Lagerringe, um Verformungen beim Einsatz zu begrenzen.



# MachLine® MLE - Abgedichtete Spindellager: Die wirtschaftliche Lösung per Definition

## Reduzierung der Wartungskosten

Als Unterstützung der Tendenz mechanische Abläufe zu vereinfachen, bietet SNR die Spindellager MLE, die speziell für Werkzeugmaschinen spindeln entwickelt wurden.

**Mit dem Einsatz dieser Lager können die konventionellen Schmierverfahren (Öl-Nebel, Luft-Öl) eingespart werden.**

Diese Verfahren sind teuer, schwierig in der Anwendung und können fatale Funktionsstörungen der Spindel hervorrufen.

Weiterhin können, durch den Einsatz dieser Lager bei Anwendungen mit Fettschmierung, **komplexe Dichtsysteme entfallen**, die ebenfalls kostenaufwendig sind und ein Nachschmieren erforderlich machen.

## Konzeption und Eigenschaften

Die Konzeption dieser Spindellager basiert auf der Lagerversion ML und ist in den Baureihen 7000 und 71900 verfügbar:

- **Kontaktwinkel 17° und 25°.**
- **Genauigkeitsklasse 4S**
- **Kontaktfreie Dichtungen:** verhindern ein Erwärmen, das bei einem schleifenden Dichtungssystem erzeugt wird
- **Geringe Luft zwischen der Dichtlippe und der Schulter des Innenrings:** weniger Eintritt von Fremdpartikeln und Verhinderung von Schmierstoffaustritt
- Optimale Schmierfettmenge ab Werk mit dem Fett SNR-LUB GV<sup>+</sup>, empfohlen von unserer Forschungs- und Versuchsabteilung
- Befettung unter Reinraumbedingungen: verhindert den Eintritt von Fremdpartikeln während der Montage

**Um den Einbau und die Ausrichtung der Lageranordnung der Spindellager zu erleichtern, ist auf dem Außenring ein „V“ markiert.**



*Mit dem Einsatz eines MachLine Hochgeschwindigkeitslagers ML, geschmiert mit dem Fett SNR LUB GV<sup>+</sup>, können die gleichen Drehzahlleistungen erreicht werden, wie mit einem Standard-Spindellager mit Ölschmierung*

**machline**







## MachLine® HNS (N): Für extreme Bedingungen

*Für Anwendungen, in denen das Wälzlager extremen Beanspruchungen durch Drehzahlen und Belastungen ausgesetzt ist, bietet SNR die MachLine Spindellager HNS, eine Produktreihe, die aus der luft- und raumfahrttechnischen Entwicklung stammt.*

### | Allgemeine Eigenschaften

Diese Spindellager bestehen aus **rostfreien Stahlringen und Keramikkugeln**.

Der Stahl XD15N wurde von SNR in Zusammenarbeit mit Aubert & Duval entwickelt. Es handelt sich um

einen martensitischen, stickstoffhaltigen und nicht rostenden Stahl, der eine hohe Korrosions- und Verschleißbeständigkeit aufweist und resistent gegen Oberflächenbeschädigungen ist.

### | Leistungsfähigkeiten des Stahls XD15N...

Seine Herstellungsmethode nach ESR - Electro Slag Remelted - und seine gute Verarbeitbarkeit machen ihn zu einem Wälzlagerstahl mit sehr hoher

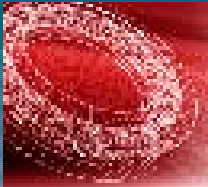
Leistungsfähigkeit und einer **ausgezeichneten Reinheit**. Das garantiert weniger Ermüdungserscheinungen als bei einem konventionellen Stahl.

### | ... und der Keramikugeln

Durch die Ausstattung mit Keramikugeln bieten diese Spindellager auch die Vorteile der tribologischen Eigenschaften durch den Kontakt von Keramik mit Stahl, das heißt eine extreme Widerstandsfähigkeit gegen Abrieb und Verschleiß (siehe Seite 31).

*Die SNR - Forschungs- und Versuchsabteilung hat für die Berechnung der korrigierten Lebensdauer für den Stahl XD15N den Koeffizienten  $a_2$  auf 2.8 festgelegt.*



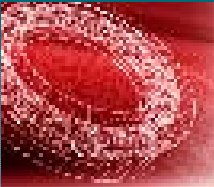


# Spindeleinheiten und Einbaubeispiele

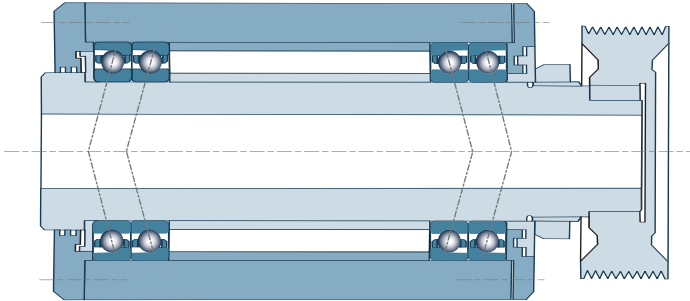
## Einteilung der wichtigsten Einsatzgebiete von Spindeln

Diese Einteilung umfasst nur die gebräuchlichsten Konfigurationen, weitere sind möglich.

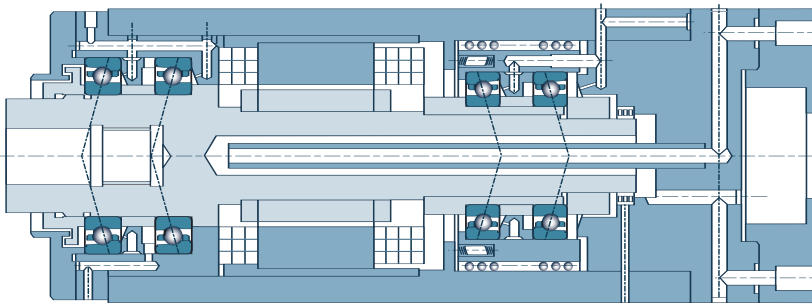
Anzahl der Wälzlager	Lagerung	Anordnung	Einsatzgebiet
4	vordere		<b>Leichte bis mittlere Belastungen – hohe Drehzahlen</b> Anordnung in Bohr- und Fräseinheiten sowie Schleifspindeln  <b>Leichte Belastungen – sehr hohe Drehzahlen</b> Gebräuchlichste Anordnung für Spindeln von Innenschleifmaschinen, Vorspannung mittels Feder
	hintere		
	vordere		
	hintere		
5	vordere		<b>Starke Belastungen (axial einseitig) mittlere Drehzahlen</b> Gebräuchlichste Anordnung für Bohr-, Fräs- und Drehspindeln, sowie für Bohr- und Fräseinheiten.
	hintere		
6	vordere		<b>Starke Belastungen – mittlere Drehzahlen</b> Gute Eignung bei beidseitig axialer Belastung. Für Bohr-, Fräs- und Drehspindeln, sowie für Bohr- und Fräseinheiten.
	hintere		



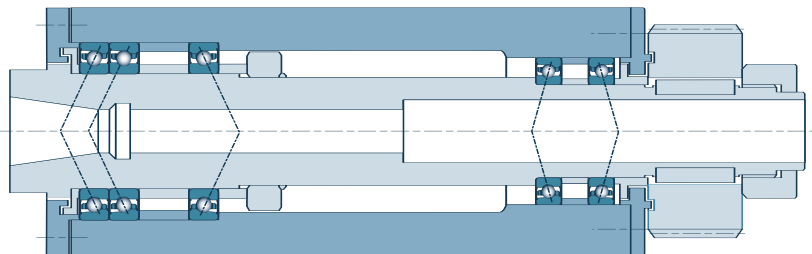
# Spindelinheiten und Einbaubeispiele



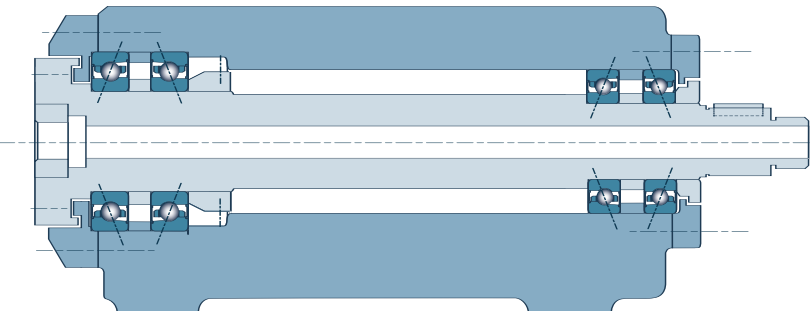
**Beispiel 1:**  
**MachLine Standard-**  
**Spindellager**  
Q21- Anordnung



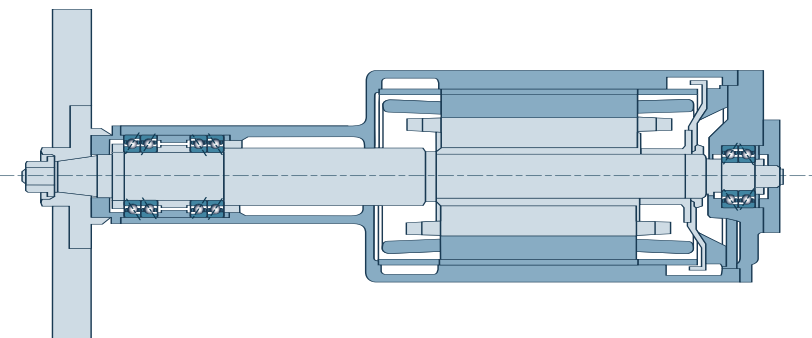
**Beispiel 2:**  
**Spindellager MachLine ML**  
Vordere Lagerung:  
DT - Anordnung  
Hintere Lagerung:  
DT - Anordnung, Vorspannung  
mittels Feder



**Beispiel 3:**  
**Spindellager MachLine MLE**  
Vordere Lagerung:  
Q16 - Anordnung  
Hintere Lagerung:  
DB - Anordnung



**Beispiel 4:**  
**Spindellager MachLine MLE**  
Vordere Lagerung:  
DB - Anordnung  
Hintere Lagerung:  
DB - Anordnung



**Beispiel 5:**  
**MachLine Spindellager**  
Vordere Lagerung:  
Q21 - Anordnung  
Hintere Lagerung:  
DB - Anordnung



# Programm

## **MachLine<sup>®</sup>**

*Um Ihnen bei der richtigen Entscheidung zu helfen, finden Sie im nachfolgenden Abschnitt eine detaillierte Übersicht sämtlicher Bezeichnungen, Toleranzen und Genauigkeitsklassen unseres Spindellagerprogramms, sowie der selbsthemmenden Präzisionsmuttern.*

*Weiterhin stehen Ihnen zahlreiche praktische Informationen zur Verfügung, um Ihre Logistik zu vereinfachen und die Lesbarkeit der Symbole, Kennzeichnungen und Verpackungs-codes zu erleichtern.*

- Symbole, Kennzeichnung und Verpackung 38-39
- MachLine: Lieferprogramm 40-51
- Selbsthemmende Präzisionsmuttern 52-54
- Gesamtübersicht des Programms 55
- Toleranzen und Präzisionsklassen 56-60

**machline<sup>®</sup>**





# Symbolschema der MachLine® Spindellager

**12**

## Bohrung

Kennzahl	Abmessung
00	10 mm
01	12 mm
02	15 mm
03	17 mm
04 x 5	20 mm
05 x 5	25 mm
.... x 5	etc...

**719**

## Serie

719	(ISO 19)
70	(ISO 10)
72	(ISO 02)

**ML**

Version  
für hohe  
Drehzahlen

**CH**

CH Hybridlager  
N Lager  
HNS

**\***

## Schmierbohrungen im Außenring

(leer)  
= Standardring



**J**

Buchstabe vor den  
Vorspannungs- und  
Genauigkeitsfunktionen

**V**

## V Hochleistungslager

Serien 719-70  
Hartgewebekäfig, außenringgeführt

## G1 Lager mit erhöhter Tragfähigkeit

Serie 72  
Hartgewebekäfig, außenringgeführt

**4S**

## Präzision

Code	Präzision
4	P4S als Standard
4S	P4S für ML und MLE
2	ISO 2 (ABEC 9)

**ML E CH 719 12 C V \* U \* J 7 4S \***

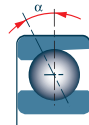
**E**

abgedichtetes  
Lager

**C**

Berührungswinkel  
 $\alpha$

Code	Winkel	ML
C	15°	17°
H	25°	25°



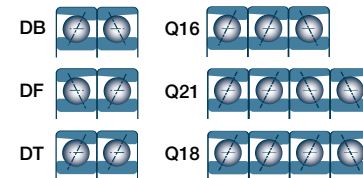
**U**

## Codes der Anordnungen

### Universallager und Universallager-Anordnungen

- U Einzelnes Universallager
- DU Universallager-Paarung
- TU Anordnung von 3 Universallagern
- QU Anordnung von 4 Universallagern

### Anordnung gepaarter Lager: identische Berührungswinkel



### Anordnung gepaarter Lager: verschiedene Berührungswinkel



**\***

## Zusatzbezeichnung

Beispiel:  
D = Lager gefettet

**7**

## Vorspannung

Code und Bezeichnung

7	Leicht
8	Mittel
9	Stark
X	Spezial
0	nicht definiert

**\***

## (leer) Standardlager

R = Klassifizierung von  
Bohrung und  
Außendurchmesser



Andere Lageranordnungen  
auf Anfrage

Verpackung  
ab 2006 lieferbar





# Kennzeichnung und Verpackung

## | Kennzeichnung

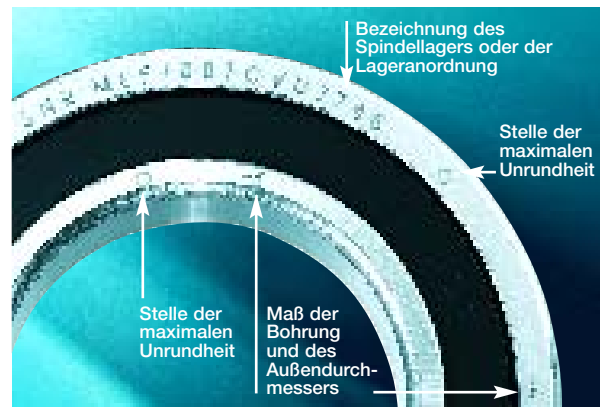
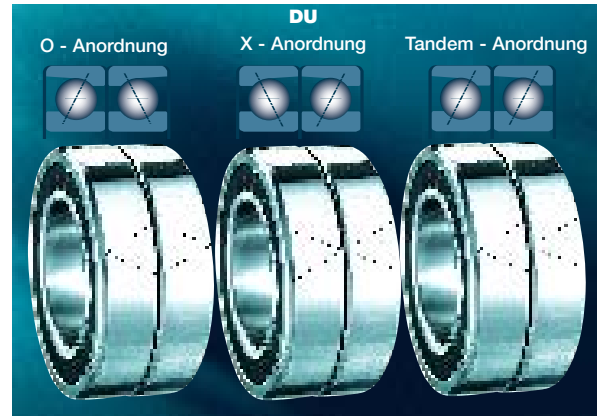
- **Universalspindellager:** Die Markierung eines „V“ ist auf der Mantelfläche des Außenrings aufgebracht, um den Einbau zu erleichtern. Diese Kennzeichnung gilt zunächst für die Lager ML und MLE und wird im Laufe des Jahres 2006 nach und nach für alle Produkte des Programms übernommen.

- **Anordnung gepaarter Lager:** Das auf der Mantelfläche des Außenrings aufgebrachte „V“ gibt die Position der Lager in einer Anordnung an



und ermöglicht die Ausrichtung der Lageranordnung beim Einbau (siehe Einbauempfehlungen). Mit Hilfe der Kennzeichnung der Lageranordnung kann die Anordnung wieder zusammengesetzt werden, falls die Lager durcheinander gekommen sein sollten.

**Das „V“ der Lageranordnung ist um 90° versetzt zum „V“ der Einzellager auf der Mantelfläche des Außenrings angebracht.**



## | Verpackung

Nachdem die Spindellager MachLine mit einem Schutzmittel versehen wurden, werden sie einzeln in Kunststoffbeutel dicht verschweißt. Ein Langzeitschutz gegen Oxydation ist nur dann gewährleistet, wenn das Lager in seiner ursprünglichen Verpackung aufbewahrt wird.

- **Universalspindellager:** Kennzeichnung auf der Verpackung: Bezeichnung des Wälzlagers, Verpackungsdatum, Maß der Bohrung und des Außendurchmessers.

- **Anordnung gepaarter Lager:** Die Verpackungen der Lageranordnung werden durch ein Garantie – Klebeband zusammengehalten, das die Aufschrift trägt „Nicht trennen“. Kennzeichnung auf der Verpackung: Bezeichnung der Lageranordnung, Verpackungsdatum, Maß der Bohrung und des Außendurchmessers.



**Zum Schutz gegen Fälschungen, sind alle SNR-MachLine Spindellager mit einem holografischen Etikett mit mehreren Sicherheitsstufen versehen.**

machline

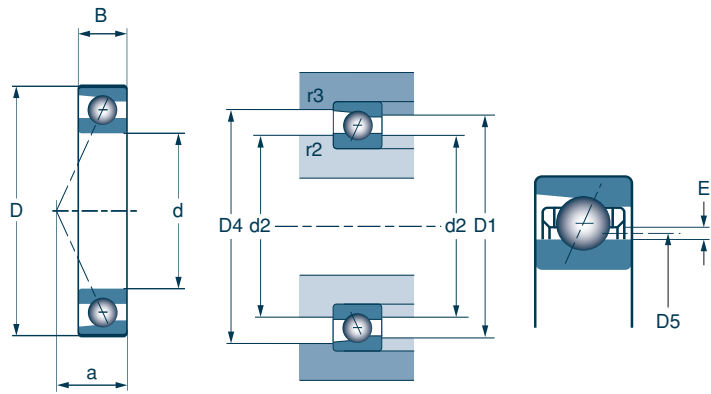




# MachLine®: Lieferprogramm Hochgenauigkeit - Standard

## | Baureihen 719 / 70 / 72

Abmessungen			Gewicht kg	Baureihe	Anschlussmaße					Schmierstoff- durchlass		Kugeln	
d	D	B			D1	d2	D4	r2 <sub>max</sub>	r3 <sub>max</sub>	D5	E	Ø (mm)	Anzahl
<b>10</b>	22	6	0,010	<b>71900</b>	17,8	13,6	18,8	0,3	0,1	14,7	1,10	3,175	11
	26	8	0,018	<b>7000</b>	21,4	14,7	22,7	0,3	0,1	16,5	1,85	4,762	10
	30	9	0,030	<b>7200</b>	24,5	16,0	25,5	0,6	0,3	18,2	2,25	5,556	10
<b>12</b>	24	6	0,011	<b>71901</b>	19,6	15,4	20,6	0,3	0,1	16,5	1,30	3,175	13
	28	8	0,020	<b>7001</b>	23,4	16,7	24,7	0,3	0,1	18,5	1,65	4,762	11
	32	10	0,037	<b>7201</b>	26,0	18,3	27,9	0,6	0,3	20,5	1,85	5,953	10
<b>15</b>	28	7	0,015	<b>71902</b>	24,3	18,7	25,4	0,3	0,1	20,0	1,40	3,969	13
	32	9	0,028	<b>7002</b>	26,9	20,2	28,2	0,3	0,1	22,0	1,65	4,762	13
	35	11	0,044	<b>7202</b>	29,0	21,1	31,3	0,6	0,3	23,3	2,10	5,953	11
<b>17</b>	30	7	0,017	<b>71903</b>	26,6	21,0	27,7	0,3	0,1	23,0	1,45	3,969	14
	35	10	0,037	<b>7003</b>	29,4	22,7	30,7	0,3	0,1	24,4	1,75	4,762	14
	40	12	0,065	<b>7203</b>	33,0	24,1	35,2	0,6	0,3	26,5	2,45	6,747	11
<b>20</b>	37	9	0,036	<b>71904</b>	31,9	25,1	33,2	0,3	0,15	26,8	1,78	4,762	15
	42	12	0,063	<b>7004</b>	35,5	26,6	37,3	0,6	0,3	29,0	2,40	6,350	13
	47	14	0,105	<b>7204</b>	38,6	28,5	41,4	1,0	0,3	31,3	2,80	7,938	11
<b>25</b>	42	9	0,041	<b>71905</b>	37,4	30,6	38,7	0,3	0,15	32,3	1,75	4,762	17
	47	12	0,076	<b>7005</b>	40,1	32,2	42,3	0,6	0,3	34,2	2,05	6,350	15
	52	15	0,128	<b>7205</b>	44,5	34,0	46,9	1,0	0,3	36,8	2,80	7,938	13
<b>30</b>	47	9	0,047	<b>71906</b>	41,9	35,1	43,2	0,3	0,15	36,8	1,73	4,762	18
	55	13	0,112	<b>7006</b>	47,0	38,1	49,5	1,0	0,3	40,4	2,35	7,144	16
	62	16	0,200	<b>7206</b>	52,1	40,4	55,4	1,0	0,3	43,5	3,15	9,525	13
<b>35</b>	55	10	0,075	<b>71907</b>	48,6	41,4	50,4	0,6	0,15	43,2	1,85	5,556	18
	62	14	0,150	<b>7007</b>	53,1	43,2	56,3	1,0	0,3	46,0	2,85	7,938	16
	72	17	0,290	<b>7207</b>	61,0	47,4	64,5	1,1	0,3	50,9	3,50	11,112	13
<b>40</b>	62	12	0,110	<b>71908</b>	55,2	46,8	57,2	0,6	0,15	49,0	2,18	6,350	19
	68	15	0,185	<b>7008</b>	59,0	49,2	61,8	1,0	0,3	51,8	2,55	7,938	18
	80	18	0,370	<b>7208</b>	67,6	52,8	71,8	1,1	0,6	56,9	4,05	11,906	13
<b>45</b>	68	12	0,128	<b>71909</b>	60,7	52,3	62,7	0,6	0,3	54,5	2,15	6,350	20
	75	16	0,238	<b>7009</b>	65,0	54,7	68,6	1,0	0,3	57,5	2,85	8,731	18
	85	19	0,416	<b>7209</b>	72,5	57,4	77,5	1,1	0,6	61,7	4,30	12,700	14
<b>50</b>	72	12	0,129	<b>71910</b>	65,2	56,8	67,2	0,6	0,3	58,9	2,13	6,350	21
	80	16	0,256	<b>7010</b>	70,0	59,7	73,6	1,0	0,3	62,5	2,80	8,731	19
	90	20	0,486	<b>7210</b>	76,9	62,5	82,7	1,1	0,6	66,7	4,20	12,700	15
<b>55</b>	80	13	0,181	<b>71911</b>	72,5	62,1	75,8	1,0	0,3	65,4	2,25	7,144	21
	90	18	0,390	<b>7011</b>	80,0	65,0	84,0	1,1	0,6	69,0	2,00	9,525	19
	100	21	0,620	<b>7211</b>	87,0	68,0	92,5	1,5	0,6	72,5	2,10	14,288	14
<b>60</b>	85	13	0,195	<b>71912</b>	77,5	67,1	80,8	1,0	0,3	70,4	2,25	7,144	23
	95	18	0,420	<b>7012</b>	85,0	70,0	89,0	1,1	0,6	73,8	2,00	9,525	21
	110	22	0,810	<b>7212</b>	95,0	75,0	101,5	1,5	0,6	79,5	2,30	15,875	14
<b>65</b>	90	13	0,210	<b>71913</b>	82,5	72,5	86,0	1,0	0,3	74,5	1,25	7,144	27
	100	18	0,440	<b>7013</b>	90,0	75,0	94,0	1,1	0,6	78,8	2,00	9,525	22
	120	23	1,140	<b>7213</b>	104,0	81,0	109,0	1,5	0,6	87,0	2,30	15,875	15
<b>70</b>	100	16	0,340	<b>71914</b>	91,0	79,0	95,0	1,0	0,3	81,5	1,50	8,731	24
	110	20	0,610	<b>7014</b>	98,5	81,5	103,0	1,1	0,6	85,8	2,50	11,112	21
	125	24	1,100	<b>7214</b>	109,0	86,0	116,0	1,5	0,6	91,4	2,60	17,462	14



## Baureihen 719 CV 70 CV / 72 CG1

Kontaktwinkel  
15°

## Baureihen 719 HV 70 HV / 72 HG1

Kontaktwinkel  
25°

Baureihe C	a	Tragzahlen in N		Drehzahlgrenze in min <sup>-1</sup>	
		C dynamisch	C <sub>0</sub> statisch	Fett	Öl
71900CV	5	3 050	1 520	71 000	108 000
7000CV	6	5 700	2 750	60 000	95 000
7200CG1	7	7 500	3 700	53 000	82 000
71901CV	5	3 400	1 860	64 000	97 000
7001CV	7	6 200	3 200	54 000	85 000
7201CG1	8	8 600	4 300	48 000	74 000
71902CV	6	5 100	2 850	52 000	79 000
7002CV	8	7 000	4 000	46 000	72 000
7202CG1	9	9 400	5 000	42 000	65 000
71903CV	7	5 300	3 150	46 000	70 000
7003CV	8	7 400	4 450	41 000	65 000
7203CG1	10	11 600	6 400	37 000	58 000
71904CV	8	7 700	4 900	39 000	60 000
7004CV	10	11 800	7 100	35 000	55 000
7204CG1	11	15 600	8 900	32 000	49 000
71905CV	9	8 300	5 800	33 000	50 000
7005CV	11	13 000	8 600	30 000	47 000
7205CG1	13	17 600	11 100	27 000	42 000
71906CV	10	8 400	6 300	29 000	44 000
7006CV	12	16 700	11 700	25 000	40 000
7206CG1	14	24 400	15 900	23 000	35 000
71907CV	11	11 100	8 500	25 000	38 000
7007CV	13	21 000	15 500	23 000	35 000
7207CG1	16	32 500	21 700	20 000	31 000
71908CV	13	14 700	11 800	21 000	33 000
7008CV	15	21 600	16 800	21 000	33 000
7208CG1	17	36 500	25 000	18 500	29 500
71909CV	14	15 400	10 700	20 000	30 000
7009CV	16	27 400	19 200	19 000	28 000
7209CG1	18	45 900	29 900	16 500	26 000
71910CV	14	15 600	11 300	19 000	28 000
7010CV	17	28 200	20 200	18 000	26 000
7210CG1	19	48 000	32 600	15 500	24 500
71911CV	16	18 700	13 700	16 500	25 000
7011CV	19	30 500	26 000	16 000	24 000
7211CG1	21	53 000	40 000	14 500	21 500
71912CV	16	19 500	15 000	14 500	23 500
7012CV	19	32 500	29 500	15 000	23 000
7212CG1	22	65 000	49 000	12 500	19 500
71913CV	17	21 700	21 900	14 500	22 000
7013CV	20	33 000	31 000	14 000	21 000
7213CG1	24	67 000	54 000	11 500	17 500
71914CV	19	29 500	29 000	13 000	20 000
7014CV	22	43 000	40 000	13 000	20 000
7214CG1	25	77 000	60 000	11 000	16 500

Baureihe H	a	Tragzahlen in N		Drehzahlgrenze in min <sup>-1</sup>	
		C dynamisch	C <sub>0</sub> statisch	Fett	Öl
71900HV	7	2 900	1 450	67 000	103 000
7000HV	8	5 500	2 650	53 000	82 000
7200HG1	9	7 200	3 550	46 000	72 000
71901HV	7	3 250	1 770	61 000	93 000
7001HV	9	6 000	3 050	48 000	72 000
7201HG1	10	8 300	4 200	42 000	65 000
71902HV	9	4 850	2 750	49 000	75 000
7002HV	10	6 700	3 850	42 000	62 000
7202HG1	11	9 100	4 850	37 000	57 000
71903HV	9	5 100	3 000	44 000	68 000
7003HV	11	7 000	4 250	37 000	56 000
7203HG1	13	11 200	6 200	32 000	50 000
71904HV	11	7 300	4 650	37 000	57 000
7004HV	13	11 300	6 800	31 000	47 000
7204HG1	15	15 000	8 500	28 000	43 000
71905HV	12	7 800	5 500	31 000	47 000
7005HV	14	12 400	8 200	26 000	40 000
7205HG1	16	16 900	10 600	24 000	37 000
71906HV	13	8 000	5 900	27 000	42 000
7006HV	16	15 900	11 200	22 000	34 000
7206HG1	19	23 400	15 200	20 000	31 000
71907HV	15	10 500	8 100	23 000	36 000
7007HV	18	20 000	14 800	21 000	31 000
7207HG1	21	31 000	20 700	17 000	27 000
71908HV	18	13 900	11 100	20 000	31 000
7008HV	20	20 500	16 000	20 000	30 000
7208HG1	23	35 000	24 100	16 500	25 500
71909HV	19	14 500	10 100	18 000	26 000
7009HV	22	26 000	18 100	18 000	24 000
7209HG1	25	43 800	28 500	15 000	22 500
71910HV	20	14 700	10 600	16 000	24 000
7010HV	23	26 600	19 300	14 500	22 000
7210HG1	26	45 700	30 800	13 500	20 500
71911HV	22	17 600	12 900	13 500	21 500
7011HV	26	29 000	24 900	14 000	22 000
7211HG1	29	51 000	38 000	12 500	19 500
71912HV	23	18 400	14 200	13 500	20 000
7012HV	27	30 500	28 000	14 000	21 000
7212HG1	31	62 000	47 000	11 000	17 500
71913HV	25	20 400	20 400	14 000	21 000
7013HV	28	31 500	29 500	13 000	19 000
7213HG1	33	64 000	52 000	10 000	16 500
71914HV	28	28 000	27 500	12 500	19 000
7014HV	31	40 500	37 500	12 500	19 000
7214HG1	35	73 000	57 000	9 700	15 000

machline



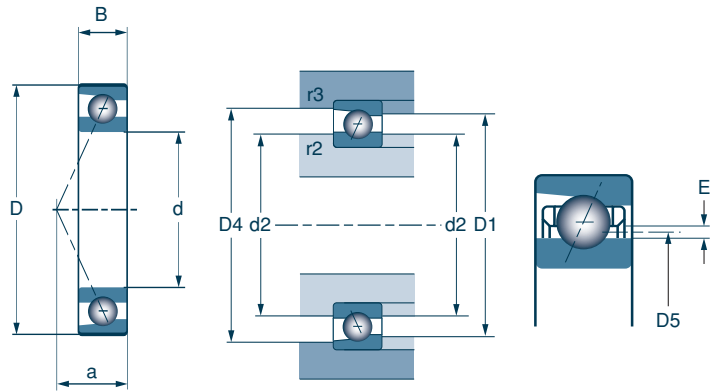


# MachLine®: Lieferprogramm

## Hochgenauigkeit - Standard

### Baureihen 719 / 70 / 72

Abmessungen			Gewicht kg	Baureihe	Anschlussmaße					Schmierstoff- durchlass		Kugeln	
d	D	B			D1	d2	D4	r2 <sub>max</sub>	r3 <sub>max</sub>	D5	E	Ø (mm)	Anzahl
<b>75</b>	105	16	0,360	<b>71915</b>	96,0	84,0	100,0	1,0	0,3	86,3	1,50	8,731	26
	115	20	0,650	<b>7015</b>	103,5	86,5	108,0	1,1	0,6	90,7	2,50	11,112	22
	130	25	1,200	<b>7215</b>	114,0	91,0	121,0	1,5	0,6	96,4	2,60	17,462	15
<b>80</b>	110	16	0,380	<b>71916</b>	101,0	89,0	105,0	1,0	0,3	91,2	1,50	8,731	27
	125	22	0,850	<b>7016</b>	112,0	93,0	117,5	1,1	0,6	98,0	3,50	13,494	20
	140	26	1,470	<b>7216</b>	122,5	97,5	130,0	2,0	1,0	103,4	2,80	19,050	15
<b>85</b>	120	18	0,550	<b>71917</b>	110,0	95,0	114,0	1,1	0,6	98,6	1,80	9,525	27
	130	22	0,900	<b>7017</b>	117,0	98,0	122,5	1,1	0,6	102,8	3,50	13,494	21
	150	28	1,810	<b>7217</b>	131,0	104,0	140,0	2,0	1,0	110,3	3,10	20,638	15
<b>90</b>	125	18	0,580	<b>71918</b>	115,0	100,0	119,0	1,1	0,6	103,5	1,80	9,525	29
	140	24	1,160	<b>7018</b>	125,5	104,5	131,5	1,5	0,6	110,0	3,80	15,081	20
	160	30	2,240	<b>7218</b>	139,0	111,0	149,0	2,0	1,0	117,2	3,30	22,225	15
<b>95</b>	130	18	0,590	<b>71919</b>	120,0	105,0	124,0	1,1	0,6	108,3	2,00	10,319	28
	145	24	1,210	<b>7019</b>	130,5	109,5	136,5	1,5	0,6	114,8	3,80	15,081	21
<b>100</b>	140	20	0,820	<b>71920</b>	128,5	111,5	133,5	1,1	0,6	115,6	2,10	11,112	28
	150	24	1,270	<b>7020</b>	135,5	114,5	141,5	1,5	0,6	119,7	3,80	15,081	22
	180	34	3,230	<b>7220</b>	155,5	124,5	167,0	2,1	1,1	131,0	3,80	25,400	14
<b>105</b>	145	20	0,860	<b>71921</b>	133,5	116,5	138,5	1,1	0,6	120,5	2,10	11,112	29
	160	26	1,610	<b>7021</b>	144,5	120,5	150,0	2,0	1,0	127,0	4,00	15,875	22
<b>110</b>	150	20	0,890	<b>71922</b>	138,5	121,5	143,5	1,1	0,6	125,5	2,10	11,112	30
	170	28	2,000	<b>7022</b>	153,0	127,0	160,0	2,0	1,0	134,0	4,50	17,462	21
	200	38	4,530	<b>7222</b>	172,5	137,5	185,5	2,1	1,1	145,0	4,30	28,575	14
<b>120</b>	165	22	1,190	<b>71924</b>	151,5	133,5	157,5	1,1	0,6	137,7	3,30	13,494	28
	180	28	2,150	<b>7024</b>	163,0	137,0	170,0	2,0	1,0	144,0	4,50	17,462	23
	215	40	5,600	<b>7224</b>	185,5	149,5	197,5	2,1	1,1	157,5	4,30	28,575	16
<b>130</b>	180	24	1,570	<b>71926</b>	165,0	145,0	172,0	1,5	0,6	149,8	3,70	15,081	27
	200	33	3,180	<b>7026</b>	179,5	150,5	189,0	2,0	1,0	158,0	5,30	20,638	21
<b>140</b>	190	24	1,680	<b>71928</b>	175,0	155,0	182,0	1,5	0,6	159,8	3,70	15,081	29
	210	33	3,420	<b>7028</b>	189,5	160,5	199,0	2,0	1,0	168,0	5,30	20,638	23
<b>150</b>	210	28	2,620	<b>71930</b>	192,5	167,5	199,0	2,0	1,0	174,0	4,10	16,669	29
	225	35	4,160	<b>7030</b>	203,0	172,0	213,0	2,1	1,0	180,0	5,70	22,225	23
<b>160</b>	220	28	2,760	<b>71932</b>	202,5	177,5	209,0	2,0	1,0	184,0	4,10	16,669	30
	240	38	5,130	<b>7032</b>	216,0	184,0	227,0	2,1	1,0	192,0	6,20	23,812	23
<b>170</b>	230	28	2,910	<b>71934</b>	212,5	187,5	219,0	2,0	1,0	194,0	4,10	16,669	32
	260	42	6,980	<b>7034</b>	232,5	197,5	246,0	2,1	1,1	206,4	6,60	25,400	23
<b>180</b>	250	33	4,260	<b>71936</b>	229,0	201,0	237,5	2,0	1,0	208,3	4,70	19,050	30
	280	46	9,000	<b>7036</b>	249,5	210,5	264,0	2,1	1,1	219,8	7,80	30,163	21
<b>190</b>	260	33	4,480	<b>71938</b>	239,0	211,0	247,5	2,0	1,0	218,3	4,70	19,050	32
	290	46	9,400	<b>7038</b>	259,5	220,5	274,0	2,1	1,1	229,8	7,80	30,163	22
<b>200</b>	280	38	6,160	<b>71940</b>	255,5	224,5	266,0	2,1	1,0	232,0	5,50	23,812	27
	310	51	12,150	<b>7040</b>	276,5	233,5	292,0	2,1	1,1	243,6	8,60	33,338	21
<b>220</b>	300	38	6,770	<b>71944</b>	275,5	244,5	286,0	2,1	1,0	252,0	5,50	22,225	31
	340	56	16,280	<b>7044</b>	304,0	256,0	321,0	3,0	1,1	268,6	8,60	33,338	23
<b>240</b>	320	38	7,270	<b>71948</b>	295,5	264,5	306,0	2,1	1,0	272,0	5,50	22,225	33



### Baureihen 719 CV 70 CV / 72 CG1

Kontaktwinkel  
15°

### Baureihen 719 HV 70 HV / 72 HG1

Kontaktwinkel  
25°

Baureihe H	a	Tragzahlen in N		Drehzahlgrenze in min <sup>-1</sup>	
		C dynamisch	Co statisch	Fett	Öl
71915CV	20	30 500	31 500	12 500	19 000
7015CV	23	44 000	42 000	12 000	19 000
7215CG1	26	80 000	65 000	10 000	16 000
71916CV	21	31 000	33 000	12 000	18 000
7016CV	25	59 000	55 000	11 000	17 000
7216CG1	28	94 000	78 000	9 400	15 000
71917CV	23	36 500	39 000	11 000	17 000
7017CV	25	61 000	59 000	10 500	16 000
7217CG1	30	108 000	91 000	8 700	14 000
71918CV	23	38 000	41 500	10 500	16 000
7018CV	27	73 000	69 000	10 000	15 000
7218CG1	32	124 000	105 000	8 100	12 500
71919CV	24	43 000	47 500	9 900	15 000
7019CV	28	74 000	73 000	9 700	14 500
71920CV	26	49 000	55 000	9 500	14 500
7020CV	29	76 000	77 000	9 300	14 000
7220CG1	36	150 000	127 000	7 200	11 000
71921CV	27	50 000	57 000	9 200	14 000
7021CV	31	84 000	86 000	8 800	13 500
71922CV	27	51 000	59 000	8 900	13 500
7022CV	33	97 000	98 000	8 300	12 500
7222CG1	40	177 000	160 000	6 300	9 700
71924CV	30	70 000	81 000	8 200	12 500
7024CV	34	102 000	109 000	7 700	11 500
7224CG1	42	193 000	187 000	5 700	8 700
71926CV	33	84 000	98 000	7 500	11 500
7026CV	39	131 000	137 000	7 000	10 500
71928CV	34	87 000	105 000	7 200	11 000
7028CV	40	138 000	152 000	6 600	10 000
71930CV	38	105 000	128 000	6 500	9 000
7030CV	43	158 000	176 000	6 200	9 300
71932CV	39	106 000	132 000	6 200	9 400
7032CV	46	179 000	202 000	5 800	8 800
71934CV	41	107 000	140 000	5 800	8 900
7034CV	50	200 000	230 000	5 400	8 100
71936CV	45	135 000	173 000	5 400	8 300
7036CV	54	244 000	290 000	5 000	7 600
71938CV	47	139 000	183 000	5 200	7 900
7038CV	55	250 000	305 000	4 800	7 300
71940CV	51	192 000	243 000	4 800	7 400
7040CV	60	280 000	355 000	4 500	6 900
71944CV	54	180 000	242 000	4 400	6 800
7044CV	66	295 000	395 000	4 100	6 200
71948CV	57	185 000	255 000	4 200	6 400

Baureihe H	a	Tragzahlen in N		Drehzahlgrenze in min <sup>-1</sup>	
		C dynamisch	Co statisch	Fett	Öl
71915HV	29	29 000	29 500	12 000	18 000
7015HV	32	41 500	40 000	11 000	17 000
7215HG1	36	76 000	62 000	9 100	14 500
71916HV	30	29 500	30 500	11 000	17 000
7016HV	35	56 000	53 000	10 500	16 000
7216HG1	39	89 000	74 000	8 500	13 000
71917HV	33	34 500	36 500	9 900	15 000
7017HV	36	58 000	56 000	9 900	15 000
7217HG1	41	103 000	86 000	7 800	12 000
71918HV	34	35 500	39 000	9 900	15 000
7018HV	39	69 000	66 000	9 200	14 000
7218HG1	44	118 000	100 000	7 300	11 000
71919HV	35	40 500	44 000	9 200	14 000
7019HV	40	71 000	69 000	8 900	13 500
71920HV	38	46 000	51 000	8 600	13 000
7020HV	41	72 000	73 000	8 600	13 000
7220HG1	50	143 000	121 000	6 400	9 800
71921HV	39	47 000	53 000	8 600	13 000
7021HV	44	79 000	81 000	7 900	12 000
71922HV	40	47 500	55 000	8 200	12 500
7022HV	47	92 000	93 000	7 600	11 500
7222HG1	55	169 000	153 000	5 600	8 700
71924HV	44	66 000	76 000	7 500	11 500
7024HV	49	96 000	103 000	6 900	10 500
7224HG1	59	184 000	178 000	5 100	7 800
71926HV	48	79 000	92 000	6 900	10 500
7026HV	55	124 000	130 000	6 500	9 800
71928HV	50	82 000	98 000	6 400	9 800
7028HV	57	130 000	144 000	6 100	9 200
71930HV	56	99 000	120 000	5 900	9 000
7030HV	61	149 000	167 000	5 700	8 600
71932HV	58	100 000	123 000	5 600	8 500
7032HV	66	169 000	191 000	5 300	8 100
71934HV	61	103 000	131 000	5 300	8 100
7034HV	71	189 000	218 000	5 000	7 500
71936HV	67	127 000	161 000	4 900	7 500
7036HV	77	231 000	275 000	4 600	7 000
71938HV	69	131 000	171 000	4 700	7 200
7038HV	79	237 000	290 000	4 400	6 700
71940HV	75	181 000	229 000	4 400	6 800
7040HV	85	265 000	335 000	4 200	6 300
71944HV	77	170 000	226 000	4 000	6 200
7044HV	93	280 000	375 000	3 700	5 700
71948HV	84	174 000	238 000	3 800	5 800





# MachLine®: Lieferprogramm Hochgenauigkeit - Standard

## Vorspannung, axiale und radiale Steifigkeit der Lageranordnungen DU DB DF

Bezeichnung	Federkonstante	Vorspannung (N)			Axiale Steifigkeit (N/μm)			Radiale Steifigkeit (N/μm)		
		K (1)	7	8	9	7	8	9	7	8
71900CV	2,58	12	40	75	13	21	29	72	104	125
7000CV	2,33	25	80	160	17	30	43	100	141	171
7200CG1	2,12	40	120	230	23	39	54	128	178	214
71900HV	1,25	22	70	140	32	50	65	67	95	117
7000HV	1,14	45	130	260	42	65	87	90	124	152
7200HG1	1,03	60	180	360	54	81	110	111	157	194
71901CV	2,31	15	43	85	15	24	34	87	120	146
7001CV	2,19	30	90	180	20	33	48	113	158	192
7201CG1	2,11	42	130	250	24	39	54	135	186	227
71901HV	1,12	25	75	150	37	56	74	78	110	135
7001HV	1,06	50	140	280	47	70	95	101	138	169
7201HG1	1,03	70	200	400	56	84	112	119	168	207
71902CV	2,18	22	70	140	18	29	42	105	150	184
7002CV	2,06	32	100	200	22	38	55	123	174	212
7202CG1	1,98	45	130	270	25	41	59	149	203	249
71902HV	1,05	35	110	220	44	68	89	93	133	164
7002HV	1,00	55	160	320	54	82	110	111	154	190
7202HG1	0,97	75	220	440	61	93	123	132	182	225
71903CV	2,08	25	75	150	20	32	45	115	162	198
7003CV	1,87	35	105	210	24	41	59	141	197	240
7203CG1	1,81	60	170	350	29	48	69	164	224	275
71903HV	1,00	40	120	240	49	73	96	102	144	178
7003HV	0,91	60	170	340	58	88	115	127	175	216
7203HG1	0,92	90	280	560	69	106	143	141	200	244
71904CV	1,79	35	110	220	26	43	61	148	210	257
7004CV	1,65	60	180	360	33	57	84	185	257	312
7204CG1	1,58	85	260	500	38	66	94	205	284	340
71904HV	0,87	55	170	340	62	95	125	130	186	229
7004HV	0,81	100	300	600	78	120	165	165	231	283
7204HG1	0,80	140	410	820	91	139	189	182	251	305
71905CV	1,64	40	120	240	29	48	67	169	236	289
7005CV	1,50	70	200	400	38	65	95	215	295	358
7205CG1	1,45	100	300	600	45	77	112	245	340	413
71905HV	0,80	60	180	360	70	105	138	146	207	256
7005HV	0,74	110	320	640	88	135	180	189	263	323
7205HG1	0,72	150	450	900	104	159	216	210	294	358
71906CV	1,59	40	120	240	30	50	69	176	246	302
7006CV	1,43	85	250	500	43	72	105	246	341	416
7206CG1	1,33	130	380	760	49	82	117	283	389	472
71906HV	0,77	60	190	380	72	111	146	153	220	271
7006HV	0,70	130	400	800	98	150	205	212	300	368
7206HG1	0,68	200	600	1200	117	177	239	247	346	423
71907CV	1,45	55	165	330	37	61	86	211	295	361
7007CV	1,30	100	300	600	50	84	120	285	398	486
7207CG1	1,32	180	530	1000	60	102	142	333	460	551
71907HV	0,70	90	260	520	91	135	177	189	263	325
7007HV	0,63	170	500	1000	118	180	245	257	360	443
7207HG1	0,65	280	840	1700	142	217	296	294	414	512

(1) axiale Federkonstante in μm (daN)<sup>2/3</sup> 7 = leichte Vorspannung 8 = mittlere Vorspannung 9 = starke Vorspannung





Bezeichnung	Federkonstante	Vorspannung (N)			Axiale Steifigkeit (N/μm)			Radiale Steifigkeit (N/μm)		
		K (1)	7	8	9	7	8	9	7	8
71908CV	1,29	75	230	460	46	77	109	260	365	445
7008CV	1,25	110	330	660	53	91	130	306	427	521
7208CG1	1,37	185	560	1100	58	98	137	332	466	566
71908HV	0,63	120	360	720	111	168	225	230	325	401
7008HV	0,61	180	530	1100	125	190	265	273	383	476
7208HG1	0,67	300	900	1800	142	215	288	297	420	518
71909CV	1,20	80	230	460	49	79	112	272	376	467
7009CV	1,24	130	400	800	60	105	150	333	500	625
7209CG1	1,33	230	700	1400	71	119	171	394	567	713
71909HV	0,59	120	360	720	115	173	232	240	339	422
7009HV	0,61	210	650	1300	140	220	300	292	431	545
7209HG1	0,63	370	1100	2200	169	257	346	352	504	629
71910CV	1,13	80	230	460	50	81	115	278	386	479
7010CV	1,15	140	420	840	64	110	160	356	524	667
7210CG1	1,29	240	720	1440	75	125	178	417	595	742
71910HV	0,55	120	370	740	119	180	241	248	353	438
7010HV	0,56	220	670	1330	145	230	310	302	451	564
7210HG1	0,61	380	1140	2280	177	271	363	369	531	660
71911CV	1,08	90	280	560	52	87	122	370	495	614
7011CV	1,12	180	480	1040	71	112	166	400	538	671
7211CG1	1,20	320	800	1600	80	122	173	449	592	723
71911HV	0,53	150	440	880	130	193	257	325	438	543
7011HV	0,55	280	720	1500	167	240	325	351	472	589
7211HG1	0,57	500	1250	2500	188	267	356	394	525	647
71912CV	1,03	100	300	600	58	94	132	401	534	667
7012CV	1,05	200	540	1160	79	125	184	443	598	744
7212CG1	1,15	400	1000	2000	90	136	193	501	660	806
71912HV	0,50	150	460	920	137	208	276	354	475	592
7012HV	0,51	320	800	1700	187	266	363	393	523	657
7212HG1	0,56	600	1500	3000	207	294	390	434	579	713
71913CV	0,97	150	400	860	77	122	180	432	582	724
7013CV	1,01	220	560	1220	85	130	193	471	625	781
7213CG1	1,09	420	1050	2100	95	145	205	533	703	859
71913HV	0,48	240	600	1260	183	260	354	384	512	641
7013HV	0,50	340	860	1750	197	282	378	414	553	686
7213HG1	0,52	620	1550	3100	218	310	412	460	613	756
71914CV	0,98	200	520	1120	84	131	194	470	623	782
7014CV	0,99	280	720	1550	93	144	213	521	693	864
7214CG1	1,11	460	1150	2300	96	146	207	542	716	875
71914HV	0,48	310	800	1640	196	283	381	413	557	692
7014HV	0,49	420	1100	2250	215	311	419	453	613	760
7214HG1	0,53	720	1800	3600	227	322	428	477	636	784
71915CV	0,93	220	580	1220	92	144	210	512	686	849
7015CV	0,96	300	760	1650	99	151	225	550	728	910
7215CG1	1,07	480	1200	2400	102	155	219	576	761	931
71915HV	0,46	340	860	1800	214	306	416	450	602	753
7015HV	0,47	460	1160	2400	229	327	442	482	644	802
7215HG1	0,51	740	1850	3700	239	339	451	505	673	830



# MachLine®: Lieferprogramm Hochgenauigkeit - Standard

## Vorspannung, axiale und radiale Steifigkeit der Lageranordnungen DU DB DF

Bezeichnung	Federkonstante	Vorspannung (N)			Axiale Steifigkeit (N/μm)			Radiale Steifigkeit (N/μm)		
		7	8	9	7	8	9	7	8	9
71916CV	0,91	220	600	1280	94	149	220	525	712	885
7016CV	0,97	380	1000	2150	106	166	244	596	799	996
7216CG1	1,03	580	1450	2900	112	170	241	632	834	1020
71916HV	0,45	360	900	1850	224	319	430	470	627	780
7016HV	0,47	600	1500	3150	250	356	484	527	702	879
7216HG1	0,50	880	2200	4400	261	370	491	550	734	905
71917CV	0,88	280	720	1550	105	163	242	585	778	969
7017CV	0,93	400	1060	2250	112	175	256	627	842	1045
7217CG1	1,01	660	1650	3300	120	182	256	678	895	1095
71917HV	0,43	420	1080	2250	242	349	473	510	685	856
7017HV	0,46	620	1600	3300	261	376	507	551	741	923
7217HG1	0,49	1000	2500	5000	279	396	525	590	787	971
71918CV	0,84	300	760	1650	113	174	258	628	832	1039
7018CV	0,93	480	1260	2700	119	186	274	669	896	1115
7218CG1	1,00	760	1900	3800	129	195	275	728	962	1177
71918HV	0,41	460	1160	2400	262	375	507	551	736	917
7018HV	0,45	740	1900	3950	278	400	541	586	788	984
7218HG1	0,47	1160	2900	5800	301	426	566	635	847	1045
71919CV	0,84	320	860	1850	115	182	269	645	870	1084
7019CV	0,90	500	1320	2800	125	195	286	700	940	1167
71919HV	0,41	520	1300	2700	274	390	528	576	768	958
7019HV	0,44	780	2000	4150	293	421	569	617	829	1034
71920CV	0,82	380	1000	2150	125	196	290	699	937	1167
7020CV	0,87	520	1400	2950	130	206	300	732	988	1225
7220CG1	0,99	920	2300	4600	137	207	292	775	1024	1252
71920HV	0,40	600	1500	3150	294	419	570	619	825	1033
7020HV	0,43	820	2100	4350	307	441	596	647	869	1084
7220HG1	0,48	1400	3500	7000	319	453	601	675	901	1112
71921CV	0,80	400	1040	2200	131	203	298	728	972	1205
7021CV	0,86	580	1550	3300	138	216	318	772	1040	1292
71921HV	0,39	620	1600	3250	304	439	590	641	863	1069
7021HV	0,42	920	2350	4850	325	466	629	684	918	1142
71922CV	0,78	420	1080	2300	136	211	310	757	1007	1251
7022CV	0,86	680	1800	3800	146	228	333	815	1094	1356
7222CG1	0,96	1080	2700	5400	149	225	316	852	1126	1379
71922HV	0,38	640	1650	3400	315	454	613	662	892	1110
7022HV	0,42	1060	2700	5600	341	488	660	717	962	1199
7222HG1	0,46	1660	4150	8300	351	497	658	744	993	1226
71924CV	0,77	560	1460	3100	152	237	348	849	1135	1409
7024CV	0,80	740	1950	4200	159	248	367	891	1194	1489
7224CG1	0,89	1140	2850	5700	165	248	347	949	1257	1541
71924HV	0,37	880	2200	4600	357	508	690	750	1001	1251
7024HV	0,39	1160	3000	6150	373	538	724	786	1059	1315
7224HG1	0,42	1720	4300	8600	387	546	721	824	1101	1361

(1) axiale Federkonstante in μm (daN)<sup>2/3</sup> 7 = leichte Vorspannung 8 = mittlere Vorspannung 9 = starke Vorspannung



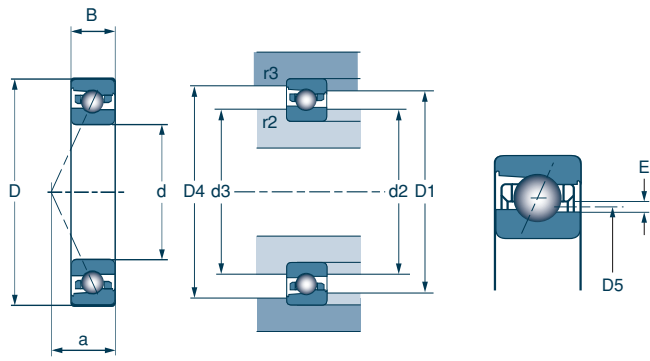
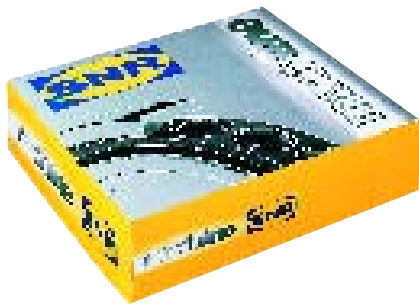
Bezeichnung	Federkonstante	Vorspannung (N)			Axiale Steifigkeit (N/μm)			Radiale Steifigkeit (N/μm)		
		7	8	9	7	8	9	7	8	9
71926CV	0,76	660	1750	3750	163	255	376	909	1221	1520
7026CV	0,81	940	2450	5250	171	266	391	960	1283	1597
71926HV	0,37	1040	2650	5500	382	548	741	804	1078	1345
7026HV	0,40	1480	3750	7750	402	576	777	847	1135	1413
71928CV	0,72	720	1900	4000	176	275	402	981	1316	1630
7028CV	0,76	1040	2700	5800	188	292	431	1054	1408	1754
71928HV	0,35	1140	2900	5950	413	593	798	869	1165	1449
7028HV	0,37	1650	4150	8550	444	633	854	934	1247	1552
71930CV	0,70	880	2300	4850	194	303	443	1084	1450	1797
7030CV	0,74	1200	3150	6700	202	315	463	1134	1519	1887
71930HV	0,34	1380	3500	7250	455	652	882	958	1283	1599
7030HV	0,36	1900	4850	9900	477	681	919	1003	1342	1671
71932CV	0,68	920	2400	5100	202	314	462	1126	1505	1868
7032CV	0,73	1380	3600	7650	217	337	494	1215	1625	2019
71932HV	0,33	1440	3650	7550	472	676	915	994	1331	1658
7032HV	0,36	2150	5500	11350	508	729	984	1070	1437	1789
71934CV	0,65	980	2550	5400	215	335	491	1200	1603	1989
7034CV	0,71	1550	4100	8700	230	360	527	1291	1734	2152
71934HV	0,32	1550	3900	8100	505	722	978	1063	1421	1772
7034HV	0,35	2450	6250	12950	542	778	1051	1142	1532	1909
71936CV	0,65	1200	3150	6650	231	360	527	1286	1722	2134
7036CV	0,71	2000	5150	10950	250	385	565	1401	1866	2318
71936HV	0,32	1850	4800	9850	536	775	1045	1129	1524	1894
7036HV	0,35	3100	7950	16350	584	839	1130	1231	1654	2057
71938CV	0,62	1280	3350	7050	246	384	561	1372	1835	2273
7038CV	0,69	2100	5450	11500	260	406	592	1470	1962	2431
71938HV	0,31	2000	5100	10550	575	826	1116	1210	1624	2023
7038HV	0,34	3300	8350	17200	615	880	1186	1296	1735	2159
71940CV	0,65	1650	4350	9100	257	402	585	1436	1926	2382
7040CV	0,69	2400	6300	13350	274	426	624	1540	2063	2561
71940HV	0,32	2600	6600	13600	603	864	1176	1270	1702	2118
7040HV	0,34	3800	9650	19900	646	925	1247	1362	1825	2271
71944CV	0,61	1700	4400	9300	279	433	634	1554	2072	2569
7044CV	0,65	2700	7200	15400	304	477	702	1700	2288	2846
71944HV	0,30	2650	6750	13850	651	934	1259	1370	1838	2284
7044HV	0,32	4250	10900	22500	713	1026	1385	1502	2018	2511
71948CV	0,58	1800	4700	10000	296	461	678	1652	2208	2743
71948HV	0,28	2850	7250	14900	696	998	1347	1464	1962	2440



# MachLine®: Lieferprogramm Hohe Drehzahlen und Abdichtung - ML & MLE

## Baureihen 719 / 70

Abmessungen			Gewicht	Baureihe	Anschlussmaße						Schmierstoff-durchlass		Kugeln	
d	D	B	kg		D1	d2	d3	D4	r2	r3	D5	E	Ø (mm)	Anzahl
10	22	6	0,010	ML 71900	17,2	13,3	13,6	17,8	0,3	0,1	14,4	1,05	2,381	14
	26	8	0,018	ML 7000	19,5	14,2	14,7	20,1	0,3	0,1	15,7	1,53	3,175	11
12	24	6	0,011	ML 71901	19,0	15,1	15,4	19,6	0,3	0,1	16,2	1,05	2,381	14
	28	8	0,020	ML 7001	21,5	16,2	16,7	22,1	0,3	0,1	17,7	1,58	3,175	13
15	28	7	0,015	ML 71902	23,3	18,3	18,7	23,7	0,3	0,1	19,7	1,35	2,778	16
	32	9	0,028	ML 7002	25,7	19,4	20,2	26,8	0,3	0,1	21,3	1,85	3,969	13
17	30	7	0,017	ML 71903	25,6	20,6	21,0	26,0	0,3	0,1	22,0	1,35	2,778	18
	35	10	0,037	ML 7003	28,4	22,0	22,7	29,5	0,3	0,1	23,9	1,85	3,969	15
20	37	9	0,036	ML 71904	30,7	24,5	25,1	31,8	0,3	0,2	26,3	1,75	3,969	16
	42	12	0,063	ML 7004	34,3	25,3	26,6	35,7	0,6	0,3	27,9	2,63	5,556	14
25	42	9	0,041	ML 71905	36,2	30,0	30,6	37,3	0,3	0,2	31,8	1,75	3,969	19
	47	12	0,076	ML 7005	39,9	30,9	32,2	41,3	0,6	0,3	33,5	2,63	5,556	17
30	47	9	0,047	ML 71906	40,7	34,5	35,1	41,8	0,3	0,2	36,2	1,73	3,969	22
	55	13	0,112	ML 7006	45,8	36,8	38,1	47,2	1,0	0,3	39,4	2,63	5,556	20
35	55	10	0,075	ML 71907	47,1	40,8	41,4	48,2	0,6	0,2	42,7	1,90	3,969	26
	62	14	0,149	ML 7007	51,5	41,5	43,2	53,6	1,0	0,3	44,6	3,10	6,350	20
40	62	12	0,109	ML 71908	53,1	45,3	46,8	54,4	0,6	0,2	47,6	2,25	4,762	25
	68	15	0,185	ML 7008	57,5	47,5	49,2	59,6	1,0	0,3	50,5	3,00	6,350	22
45	68	12	0,128	ML 71909	58,6	50,8	52,3	59,9	0,6	0,3	53,0	2,23	4,762	28
	75	16	0,238	ML 7009	63,0	53,0	54,7	65,0	1,0	0,3	56,1	3,05	6,350	22
50	72	12	0,129	ML 71910	63,1	55,3	56,8	64,4	0,6	0,3	57,5	2,23	4,762	30
	80	16	0,256	ML 7010	68,0	58,0	59,7	70,0	1,0	0,3	61,0	3,00	6,350	25
55	80	13	0,177	ML 71911	73,8	60,5	62,2	76,0	1,0	0,3	64,3	2,50	5,556	30
	90	18	0,396	ML 7011	79,5	65,5	66,5	83,5	1,1	0,6	69,5	1,70	7,938	22
60	85	13	0,190	ML 71912	78,8	65,6	67,1	81,0	1,0	0,3	69,3	2,50	5,556	32
	95	18	0,426	ML 7012	84,5	70,5	71,5	88,5	1,1	0,6	74,4	1,67	7,938	24
65	90	13	0,202	ML 71913	83,5	70,5	72,5	86,5	1,0	0,3	75,0	1,25	6,350	29
	100	18	0,445	ML 7013	89,5	74,0	76,5	93,5	1,1	0,6	79,4	1,67	7,938	26
70	100	16	0,330	ML 71914	92,0	76,5	79,0	95,5	1,0	0,3	81,9	1,63	7,938	26
	110	20	0,625	ML 7014	98,0	81,5	83,0	102,5	1,1	0,6	86,4	2,07	9,525	24
75	105	16	0,349	ML 71915	97,0	81,5	84,0	100,5	1,0	0,3	86,9	1,63	7,938	28
	115	20	0,658	ML 7015	103,0	86,5	88,0	107,5	1,1	0,6	91,4	2,07	9,525	25
80	110	16	0,370	ML 71916	102,0	86,5	89,0	105,5	1,0	0,3	91,9	1,63	7,938	30
	125	22	0,874	ML 7016	111,5	93,0	94,5	116,5	1,1	0,6	98,4	2,49	11,113	23
85	120	18	0,535	ML 71917	110,0	93,0	96,0	114,0	1,1	0,6	99,2	1,94	8,731	29
	130	22	0,927	ML 7017	116,5	98,5	99,5	121,5	1,1	0,6	103,4	2,49	11,113	25
90	125	18	0,562	ML 71918	115,0	98,5	101,0	119,0	1,1	0,6	104,2	1,94	8,731	31
	140	24	1,192	ML 7018	124,5	103,0	106,5	130,0	1,5	0,6	110,5	2,64	11,906	25
95	130	18	0,591	ML 71919	120,0	103,5	106,0	124,0	1,1	0,6	109,2	1,94	8,731	32
	145	24	1,263	ML 7019	129,5	109,5	111,5	135,0	1,5	0,6	115,5	2,64	11,906	26
100	140	20	0,796	ML 71920	128,5	109,5	112,5	133,0	1,1	0,6	115,9	2,02	10,319	29
	150	24	1,313	ML 7020	134,5	114,5	116,5	140,0	1,5	0,6	120,5	2,61	11,906	27
105	160	26	1,602	ML 7021	143,0	119,0	123,0	149,0	2,0	1,0	127,5	3,02	13,494	25
110	150	20	0,868	ML 71922	138,5	119,5	122,5	143,0	1,1	0,6	125,9	1,98	10,319	32
	170	28	2,019	ML 7022	150,5	126,0	130,0	149,0	2,0	1,0	134,7	3,23	14,288	25
120	165	22	1,204	ML 71924	151,5	131,0	134,5	156,5	1,1	6,0	138,1	2,18	11,113	33
	180	28	2,167	ML 7024	160,5	136,0	140,0	167,5	2,0	1,0	144,7	3,23	14,288	27
130	180	24	1,572	ML 71926	165,0	142,0	146,0	170,5	1,5	0,6	150,0	2,56	12,700	31
	200	33	3,306	ML 7026	177,0	148,5	154,0	185,0	2,0	1,0	158,9	3,84	16,669	26



## Baureihen 719 CV 70 CV

Kontaktwinkel  
17°

## Baureihen 719 HV 70 HV

Kontaktwinkel  
25°

Baureihe C	a	Tragzahlen in N		Drehzahlgrenze in min <sup>-1</sup>	
		C dynamisch	C <sub>0</sub> statisch	Fett	Öl
ML 71900	C 5	1 430	680	101 500	135 000
ML 7000	C 6	2 040	920	94 000	125 000
ML 71901	C 5	1 490	705	90 000	120 000
ML 7001	C 7	2 280	1 110	82 500	110 000
ML 71902	C 6	2 030	1 030	75 000	100 000
ML 7002	C 8	3 450	1 710	69 000	92 000
ML 71903	C 7	2 170	1 180	67 500	90 000
ML 7003	C 8	3 750	2 020	61 500	82 000
ML 71904	C 8	3 900	2 080	56 500	75 000
ML 7004	C 10	6 550	3 600	52 500	70 000
ML 71905	C 9	4 300	2 550	47 500	63 000
ML 7005	C 11	7 450	4 500	44 500	59 000
ML 71906	C 10	4 650	3 000	41 500	55 000
ML 7006	C 12	8 300	5 150	37 500	50 000
ML 71907	C 11	5 100	3 600	35 500	47 000
ML 7007	C 13	10 500	6 700	33 000	44 000
ML 71908	C 13	6 950	4 950	31 500	42 000
ML 7008	C 15	11 000	7 500	29 500	39 000
ML 71909	C 14	7 350	5 550	28 500	38 000
ML 7009	C 16	10 900	7 600	27 000	36 000
ML 71910	C 14	7 600	6 000	26 500	35 000
ML 7010	C 17	11 700	8 700	25 000	33 000
ML 71911	C 16	10 100	8 200	21 000	31 000
ML 7011	C 19	23 300	21 700	22 000	30 500
ML 71912	C 16	10 400	8 700	18 000	29 500
ML 7012	C 19	24 400	24 000	19 000	28 500
ML 71913	C 17	17 600	18 400	19 000	30 500
ML 7013	C 20	25 500	26 000	18 000	27 000
ML 71914	C 19	25 000	26 000	17 000	27 000
ML 7014	C 22	34 000	34 500	16 500	25 000
ML 71915	C 20	26 000	28 000	16 500	26 000
ML 7015	C 23	34 500	36 000	15 500	23 750
ML 71916	C 21	27 000	30 000	15 500	24 500
ML 7016	C 25	44 000	44 500	14 000	21 500
ML 71917	C 23	31 500	35 000	14 500	22 500
ML 7017	C 26	46 000	49 000	13 500	20 500
ML 71918	C 23	32 500	37 000	13 500	21 000
ML 7018	C 28	52 000	56 000	12 500	19 100
ML 71919	C 24	33 000	38 000	12 700	20 000
ML 7019	C 28	53 000	59 000	12 000	18 400
ML 71920	C 26	42 500	49 000	11 700	18 500
ML 7020	C 29	54 000	61 000	11 500	18 000
ML 7021	C 31	65 000	72 000	10 500	16 500
ML 71922	C 28	44 500	53 000	10 500	17 000
ML 7022	C 33	72 000	81 000	10 000	15 800
ML 71924	C 30	52 000	64 000	9 500	15 500
ML 7024	C 34	75 000	88 000	9 000	14 000
ML 71926	C 33	64 000	79 000	8 500	14 000
ML 7026	C 39	97 000	115 000	8 000	12 500

Baureihe C	a	Tragzahlen in N		Drehzahlgrenze in min <sup>-1</sup>	
		C dynamisch	C <sub>0</sub> statisch	Fett	Öl
ML 71900	H 7	1 360	645	94 000	125 000
ML 7000	H 8	1 950	870	82 500	110 000
ML 71901	H 7	1 410	670	82 500	110 000
ML 7001	H 9	2 180	1 050	75 000	100 000
ML 71902	H 9	1 930	980	67 500	90 000
ML 7002	H 10	3 300	1 630	62 500	83 000
ML 71903	H 9	2 060	1 110	61 500	82 000
ML 7003	H 11	3 600	1 820	55 500	74 000
ML 71904	H 11	3 700	1 970	51 000	68 000
ML 7004	H 13	6 300	3 400	47 500	63 000
ML 71905	H 12	4 100	2 400	43 000	57 000
ML 7005	H 14	7 100	4 050	40 000	53 000
ML 71906	H 13	4 400	2 850	37 500	50 000
ML 7006	H 16	7 800	4 900	34 500	46 000
ML 71907	H 15	4 800	3 400	32 500	43 000
ML 7007	H 18	10 000	6 350	30 000	40 000
ML 71908	H 18	6 550	4 650	28 500	38 000
ML 7008	H 20	10 500	7 100	27 000	36 000
ML 71909	H 19	6 950	5 250	25 500	34 000
ML 7009	H 22	10 300	7 200	24 000	32 000
ML 71910	H 20	7 150	5 650	24 000	32 000
ML 7010	H 23	11 100	8 200	22 500	30 000
ML 71911	H 22	9 600	7 700	18 000	28 500
ML 7011	H 26	22 000	20 600	19 000	27 000
ML 71912	H 24	9 800	8 200	17 500	26 500
ML 7012	H 27	23 000	22 600	17 000	25 500
ML 71913	H 25	16 600	17 200	17 500	26 000
ML 7013	H 28	23 900	24 400	16 000	24 500
ML 71914	H 28	23 700	24 300	15 000	23 500
ML 7014	H 31	32 000	32 500	15 000	21 800
ML 71915	H 29	24 600	26 000	14 000	21 700
ML 7015	H 32	32 500	34 000	13 500	21 000
ML 71916	H 30	25 500	28 000	13 700	21 000
ML 7016	H 35	41 500	42 500	12 500	19 000
ML 71917	H 33	29 500	32 500	12 500	20 000
ML 7017	H 36	43 500	46 000	11 500	18 500
ML 71918	H 34	30 500	34 500	11 700	18 700
ML 7018	H 39	49 000	53 000	10 500	17 200
ML 71919	H 35	31 000	35 500	11 000	17 700
ML 7019	H 40	50 000	55 000	10 000	16 500
ML 71920	H 38	40 000	45 500	10 500	16 700
ML 7020	H 41	51 000	57 000	9 500	15 900
ML 7021	H 44	61 000	68 000	9 000	14 900
ML 71922	H 41	42 000	50 000	9 300	14 700
ML 7022	H 47	68 000	76 000	8 500	13 900
ML 71924	H 44	49 000	60 000	8 600	13 500
ML 7024	H 49	70 000	82 000	8 000	12 500
ML 71926	H 48	60 000	73 000	7 500	11 500
ML 7026	H 55	92 000	108 000	7 000	10 500

machine





# MachLine®: Lieferprogramm Hohe Drehzahlen und Abdichtung - ML & MLE

## Vorspannung, axiale und radiale Steifigkeit der Lageranordnungen DU DB DF

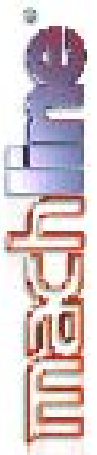
Bezeichnung	Federkonstante	Vorspannung (N)			Axiale Steifigkeit (N/µm)			Radiale Steifigkeit (N/µm)		
		7	8	9	7	8	9	7	8	9
	K (1)									
ML 71900 C	2,58	7	21	45	12	18	25	58	83	105
ML 7000 C	2,33	10	30	60	12	19	26	61	87	108
ML 71900 H	1,25	11	35	70	25	37	49	54	37	98
ML 7000 H	1,14	16	50	100	26	39	51	57	82	103
ML 71901 C	2,31	7	22	45	12	19	26	61	89	110
ML 7001 C	2,19	11	35	70	15	22	30	70	102	127
ML 71901 H	1,12	12	35	70	26	39	51	58	83	103
ML 7001 H	1,06	18	55	110	30	45	59	66	95	119
ML 71902 C	2,18	10	30	60	15	23	31	75	107	133
ML 7002 C	2,06	17	50	100	18	27	36	88	125	155
ML 71902 H	1,05	16	50	100	32	48	64	70	102	127
ML 7002 H	1,00	30	80	160	39	55	72	85	117	146
ML 71903 C	2,08	11	35	65	17	27	34	84	122	148
ML 7003 C	1,87	19	55	110	20	31	41	101	142	176
ML 71903 H	1,00	17	50	100	35	62	67	78	110	137
ML 7003 H	0,91	30	90	180	42	63	82	94	134	167
ML 71904 C	1,79	20	60	120	21	33	44	107	152	189
ML 7004 C	1,65	35	100	200	27	40	54	132	185	230
ML 71904 H	0,87	30	90	180	44	66	85	98	140	175
ML 7004 H	0,81	50	160	320	54	82	106	119	174	217
ML 71905 C	1,64	22	65	130	25	38	51	124	176	219
ML 7005 C	1,50	35	110	220	30	47	63	151	218	271
ML 71905 H	0,80	35	100	200	52	76	99	116	163	203
ML 7005 H	0,74	60	180	360	65	96	125	144	206	257
ML 71906 C	1,59	23	70	140	28	43	57	139	199	248
ML 7006 C	1,43	40	120	250	35	54	73	176	251	316
ML 71906 H	0,77	35	110	220	58	87	112	128	186	232
ML 7006 H	0,70	65	200	390	74	111	143	165	238	295
ML 71907 C	1,45	25	80	150	32	50	64	160	233	284
ML 7007 C	1,30	50	160	320	40	62	82	198	288	359
ML 71907 H	0,70	40	120	240	67	99	129	149	214	267
ML 7007 H	0,63	80	250	500	83	125	162	185	268	335
ML 71908 C	1,29	35	100	210	37	55	75	185	260	329
ML 7008 C	1,25	55	160	330	44	65	88	218	308	387
ML 71908 H	0,63	55	160	330	77	113	148	172	243	307
ML 7008 H	0,61	90	260	520	92	135	175	205	290	362
ML 71909 C	1,20	35	110	220	40	61	81	200	290	361
ML 7009 C	1,22	55	160	330	44	65	88	218	308	387
ML 71909 H	0,59	60	170	350	86	124	162	191	268	338
ML 7009 H	0,60	90	260	520	92	135	175	205	290	362
ML 71910 C	1,13	40	110	230	44	64	86	219	303	383
ML 7010 C	1,14	60	180	350	49	74	98	245	349	431
ML 71910 H	0,55	60	180	360	90	132	171	200	287	357
ML 7010 H	0,56	90	280	560	100	150	194	224	324	404
ML 71911 C	1,06	50	150	300	50	75	99	252	357	443
ML 7011 C	1,15	73	233	470	50	78	104	254	369	460
ML 71911 H	0,59	80	240	480	104	154	199	225	331	414
ML 7011 H	0,64	120	368	740	107	160	207	239	344	430
ML 71912 C	1,01	50	160	310	52	80	104	269	381	473
ML 7012 C	1,08	78	252	508	55	85	113	275	401	500
ML 71912 H	0,57	80	240	490	109	161	209	241	354	442
ML 7012 H	0,60	130	395	800	117	173	225	260	373	468





Bezeichnung	Federkonstante	Vorspannung (N)			Axiale Steifigkeit (N/μm)			Radiale Steifigkeit (N/μm)		
		K (1)	7	8	9	7	8	9	7	8
ML 71913 C	1.03	62	185	370	53	81	107	268	382	475
ML 7013 C	1.03	85	271	546	59	92	122	298	434	541
ML 71913 H	0.57	88	288	576	108	164	212	240	354	442
ML 7013 H	0.57	140	430	860	126	188	243	281	405	506
ML 71914 C	1.04	92	265	530	61	91	121	306	431	536
ML 7014 C	1.03	115	360	720	66	102	135	332	480	598
ML 71914 H	0.57	130	265	820	123	185	239	274	399	498
ML 7014 H	0.57	190	573	1160	141	208	271	313	449	563
ML 71915 C	0.98	98	282	564	65	98	129	329	462	575
ML 7015 C	0.99	120	378	754	69	106	141	346	502	624
ML 71915 H	0.54	138	442	884	132	199	257	294	430	537
ML 7015 H	0.55	199	590	1200	147	216	281	327	466	585
ML 71916 C	0.94	104	300	600	70	104	138	351	494	615
ML 7016 C	1.00	151	475	950	74	114	152	372	539	670
ML 71916 H	0.52	148	470	940	141	213	275	315	459	574
ML 7016 H	0.56	252	750	1500	158	233	302	352	502	627
ML 71917 C	0.90	123	352	704	75	111	147	374	526	655
ML 7017 C	0.94	163	517	1030	80	124	165	404	586	728
ML 71917 H	0.52	174	550	1100	150	226	292	336	488	610
ML 7017 H	0.52	270	810	1620	171	253	327	381	545	681
ML 71918 C	0.89	130	374	748	79	118	157	399	561	698
ML 7018 C	0.92	184	570	1160	85	131	175	430	620	776
ML 71918 H	0.50	185	588	1176	160	242	312	358	522	652
ML 7018 H	0.51	315	925	1880	184	270	352	410	583	732
ML 71919 C	0.87	134	385	770	82	122	162	412	579	720
ML 7019 C	0.90	195	608	1220	89	138	183	450	650	810
ML 71919 H	0.48	191	603	1206	166	249	322	370	538	672
ML 7019 H	0.50	326	960	1950	191	281	366	426	606	760
ML 71920 C	0.87	172	495	980	88	132	174	443	623	773
ML 7020 C	0.88	200	628	1260	93	143	190	466	674	839
ML 71920 H	0.48	246	770	1540	178	267	346	398	578	722
ML 7020 H	0.49	336	1005	2010	198	293	379	441	631	788
ML 7021 C	0.89	238	760	1520	97	151	200	489	711	885
ML 7021 H	0.49	398	1200	2400	208	308	398	462	663	828
ML 71922 C	0.83	190	540	1080	97	145	192	489	685	852
ML 7022 C	0.87	265	810	1650	103	156	209	516	741	927
ML 71922 H	0.46	270	846	1692	196	295	381	439	637	795
ML 7022 H	0.48	448	1330	2700	220	324	422	490	699	877
ML 71924 C	0.79	226	645	1290	108	161	213	542	760	946
ML 7024 C	0.83	287	885	1820	111	170	228	558	803	1008
ML 71924 H	0.44	322	1000	2000	218	326	421	487	704	880
ML 7024 H	0.46	480	1440	2880	237	351	454	528	756	944
ML 71926 C	0.78	278	790	1580	116	172	228	582	816	1015
ML 7026 C	0.81	375	1170	2400	124	191	256	626	905	1135
ML 71926 H	0.43	400	1240	2480	235	351	454	524	759	948
ML 7026 H	0.45	630	1880	3800	267	393	511	594	848	1062

(1) axiale Federkonstante in μm (daN)<sup>-2/3</sup> 7 = leichte Vorspannung 8 = mittlere Vorspannung 9 = starke Vorspannung





# Selbsthemmende Präzisionsmuttern

**Die selbsthemmenden Präzisionsmuttern werden insbesondere für das Verspannen aller MachLine Spindellager empfohlen. Mit ihnen können Lageranordnungen vorgespannt werden, diese Vorspannung ist dauerhaft gewährleistet. Bei starken Axialkräften halten sie die Lageranordnung zuverlässig und dauerhaft in ihrer Position.**

## Eigenschaften

- Stahl mit hoher Festigkeit (1000 N/mm<sup>2</sup>) und einer schützenden Oberflächenbehandlung durch brünnieren (mit Ausnahme der Anlagefläche und des Gewindes).
- Toleranz der Rechtwinkligkeit von Anlagefläche und Bohrung < 2 µm.
- Metrisches Gewinde mit einer Toleranz von 5H (nach ISO 965/1).
- Verfügbar mit schmalen oder breitem Querschnitt.
- Spannsystem mit Bohrungen oder Nuten.
- 2 oder 4 Einsätze aus Bronze.

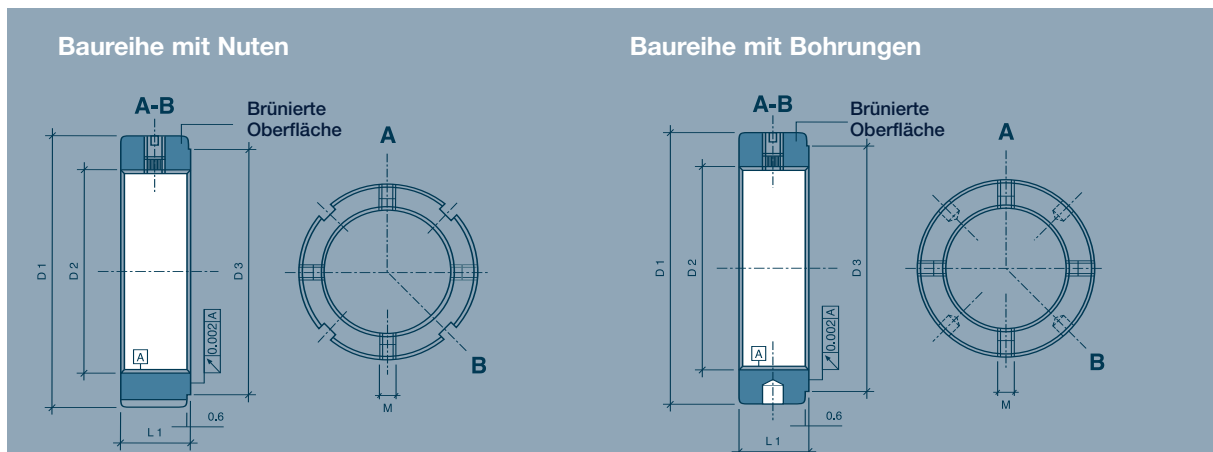


## Vorsichtsmaßnahmen beim Einbau

Packen Sie die Muttern, wie auch die Spindellager, erst kurz vor dem Einbau aus, um jedes Verschmutzungsrisiko zu vermeiden. Sie müssen auf der brünnierten Seite abgelegt werden. Nachdem Sie die Muttern mit einem Hakenschlüssel (DIN 1810A und DIN 1810B) angezogen haben, spannen Sie die Sicherungsschrauben der Einsätze mit einem Innensechskantschlüssel (bei Baureihen mit 4 Einsätzen sind sie nach und nach kreuzweise anzu ziehen). **Wir empfehlen die Muttern bei jedem Austausch der Spindellager zu ersetzen.**



**SNR bietet Ihnen ein komplettes Schlüsselortiment: haltbar, sicher und einfach in der Handhabung, unsere 5 Schlüsselgrößen ersetzen die 15 herkömmlichen Modelle. Nähere Informationen unter: [www.snr-bearings.com](http://www.snr-bearings.com) oder setzen Sie sich mit Ihrem zuständigen SNR – Techniker in Verbindung.**



Baureihe	Anzahl Einsätze	Nuten	Bohrungen
Schmal	2	B	TB
	4	BR	TBR
Breit	2	BP	TBP
	4	BPR	TBPR

## Abmessungen und Bezeichnungen

### Muttern Typ B und TB

Gewinde	Bezeichnung		Gewicht	Abmessungen				Sicherungs-schrauben	Muttern		
				D <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	M		M <sub>bl</sub>	F <sub>ar</sub>	M <sub>a</sub>
–	–	–	kg	mm	mm	mm	mm	Nm	kN	Nm	Nm
M8 x 0,75	<b>B 8/0.75</b>	–	0,01	16	8	11	M4	1	27	4	26
M12 x 1	<b>B 12/1</b>	–	0,015	22	8	18	M4	1	47	8	31
M15 x 1	<b>B 15/1</b>	–	0,02	25	8	21	M4	1	65	10	32
M17 x 1	<b>B 17/1</b>	–	0,03	28	10	24	M5	3	100	15	32
M20 x 1	<b>B 20/1</b>	<b>TB 20/1</b>	0,04	32	10	28	M5	4-5	140	18	39
M20 x 1,5	<b>B 20/1,5</b>	<b>TB 20/1,5</b>	0,04	32	10	28	M5	4-5	126	18	39
M25 x 1,5	<b>B 25</b>	<b>TB 25</b>	0,06	38	12	33	M5	4-5	198	25	56
M30 x 1,5	<b>B 30</b>	<b>TB 30</b>	0,08	45	12	40	M5	4-5	240	32	63
M35 x 1,5	<b>B 35</b>	<b>TB 35</b>	0,11	52	12	47	M5	4-5	263	40	72
M40 x 1,5	<b>B 40</b>	<b>TB 40</b>	0,15	58	14	52	M6	8-10	290	55	97
M45 x 1,5	<b>B 45</b>	<b>TB 45</b>	0,18	65	14	59	M6	8-10	322	65	115
M50 x 1,5	<b>B 50</b>	<b>TB 50</b>	0,20	70	14	64	M6	8-10	351	85	132
M55 x 2	<b>B 55</b>	<b>TB 55</b>	0,25	75	16	68	M8	16-18	378	95	148
M60 x 2	<b>B 60</b>	<b>TB 60</b>	0,27	80	16	73	M8	16-18	405	100	186
M65 x 2	<b>B 65</b>	<b>TB 65</b>	0,28	85	16	78	M8	16-18	431	120	196
M70 x 2	<b>B 70</b>	<b>TB 70</b>	0,38	92	18	85	M8	16-18	468	130	228
M75 x 2	<b>B 75</b>	<b>TB 75</b>	0,42	98	18	90	M8	16-18	497	150	255
M80 x 2	<b>B 80</b>	<b>TB 80</b>	0,49	105	18	95	M8	16-18	527	160	291
M85 x 2	<b>B 85</b>	<b>TB 85</b>	0,52	110	18	100	M8	16-18	558	190	315
M90 x 2	<b>B 90</b>	<b>TB 90</b>	0,75	120	20	110	M8	16-18	603	200	369
M95 x 2	<b>B 95</b>	<b>TB 95</b>	0,78	125	20	115	M8	16-18	637	220	391
M100 x 2	<b>B 100</b>	<b>TB 100</b>	0,82	130	20	120	M8	16-18	688	250	432

### Muttern Typ BP und TBP

Gewinde	Bezeichnung		Gewicht	Abmessungen				Sicherungs-schrauben	Muttern		
				D <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	M		M <sub>bl</sub>	F <sub>ar</sub>	M <sub>a</sub>
–	–	–	kg	mm	mm	mm	mm	Nm	kN	Nm	Nm
M20 x 1	<b>BP 20/1</b>	<b>TBP 20/1</b>	0,12	38	20	28	M5	4-5	255	18	39
M20 x 1,5	<b>BP 20/1,5</b>	<b>TBP 20/1,5</b>	0,12	38	20	28	M5	4-5	225	18	39
M25 x 1,5	<b>BP 25</b>	<b>TBP 25</b>	0,17	45	20	33	M6	8-10	405	25	56
M30 x 1,5	<b>BP 30</b>	<b>TBP 30</b>	0,24	52	22	40	M6	8-10	491	32	63
M35 x 1,5	<b>BP 35</b>	<b>TBP 35</b>	0,28	58	22	47	M6	8-10	560	40	72
M40 x 1,5	<b>BP 40</b>	<b>TBP 40</b>	0,29	62	22	52	M8	16-18	585	55	97
M45 x 1,5	<b>BP 45</b>	<b>TBP 45</b>	0,37	68	24	59	M8	16-18	641	65	115
M50 x 1,5	<b>BP 50</b>	<b>TBP 50</b>	0,46	75	25	64	M8	16-18	706	85	132
M55 x 2	<b>BP 55</b>	<b>TBP 55</b>	0,92	88	32	68	M8	16-18	940	95	148
M60 x 2	<b>BP 60</b>	<b>TBP 60</b>	1,14	98	32	73	M8	16-18	1 070	100	186
M65 x 2	<b>BP 65</b>	<b>TBP 65</b>	1,29	105	32	78	M8	16-18	1 155	120	196
M70 x 2	<b>BP 70</b>	<b>TBP 70</b>	1,49	110	35	85	M8	16-18	1 230	130	228
M75 x 2	<b>BP 75</b>	<b>TBP 75</b>	2,25	125	38	90	M10	30-32	1 300	150	255
M80 x 2	<b>BP 80</b>	<b>TBP 80</b>	2,97	140	38	95	M10	30-32	1 420	160	291
M85 x 2	<b>BP 85</b>	<b>TBP 85</b>	3,44	150	38	100	M10	30-32	1 510	190	315
M90 x 2	<b>BP 90</b>	<b>TBP 90</b>	3,59	155	38	110	M10	30-32	1 596	200	369
M95 x 2	<b>BP 95</b>	<b>TBP 95</b>	3,73	160	38	115	M10	30-32	1 656	220	391
M100 x 2	<b>BP 100</b>	<b>TBP 100</b>	3,70	160	40	120	M10	30-32	1 780	250	432

**Far:** axiale Bruchlast (führt zum Bruch des Gewindes) Im Betrieb muss die von der Mutter auszuhaltende Axialkraft geringer sein als 75% der axialen Bruchlast **Far**, die für diese Mutter festgelegt ist. **Ma:** Anzugsmoment der Mutter / **Md:** Losbrechmoment der Mutter (mit entsprechenden Drehmomenten **Ma** und **Md** montiert) / **Mbl:** Anzugsmoment der Sicherungsschrauben / **D1:** Außendurchmesser / **D3:** Durchmesser der Anlagefläche / **L1:** Breite



# Selbsthemmende Präzisionsmuttern

## | Abmessungen und Bezeichnungen

### Muttern Typ BR und TBR

Gewinde	Bezeichnung		Gewicht	Abmessungen				Sicherungs-schrauben	Muttern		
				D <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	M		M <sub>bl</sub>	F <sub>ar</sub>	M <sub>a</sub>
D <sub>2</sub>	-	-	-	mm	mm	mm	mm	Nm	kN	Nm	Nm
M25 x 1,5	<b>BR 25</b>	<b>TBR 25</b>	0,06	38	12	33	M5	3-4	198	25	85
M30 x 1,5	<b>BR 30</b>	<b>TBR 30</b>	0,08	45	12	40	M5	3-4	240	32	96
M35 x 1,5	<b>BR 35</b>	<b>TBR 35</b>	0,11	52	12	47	M5	3-4	263	40	107
M40 x 1,5	<b>BR 40</b>	<b>TBR 40</b>	0,15	58	14	52	M6	6-8	290	55	127
M45 x 1,5	<b>BR 45</b>	<b>TBR 45</b>	0,18	65	14	59	M6	6-8	322	65	149
M50 x 1,5	<b>BR 50</b>	<b>TBR 50</b>	0,20	70	14	64	M6	6-8	351	85	180
M55 x 2	<b>BR 55</b>	<b>TBR 55</b>	0,25	75	16	68	M8	12-14	378	95	206
M60 x 2	<b>BR 60</b>	<b>TBR 60</b>	0,27	80	16	73	M8	12-14	405	100	255
M65 x 2	<b>BR 65</b>	<b>TBR 65</b>	0,28	85	16	78	M8	12-14	431	120	277
M70 x 2	<b>BR 70</b>	<b>TBR 70</b>	0,38	92	18	85	M8	12-14	468	130	304
M75 x 2	<b>BR 75</b>	<b>TBR 75</b>	0,42	98	18	90	M8	12-14	497	150	357
M80 x 2	<b>BR 80</b>	<b>TBR 80</b>	0,49	105	18	95	M8	12-14	527	160	396
M85 x 2	<b>BR 85</b>	<b>TBR 85</b>	0,52	110	18	100	M8	12-14	558	190	444
M90 x 2	<b>BR 90</b>	<b>TBR 90</b>	0,75	120	20	110	M8	12-14	603	200	501
M95 x 2	<b>BR 95</b>	<b>TBR 95</b>	0,78	125	20	115	M8	12-14	637	220	550
M100 x 2	<b>BR 100</b>	<b>TBR 100</b>	0,82	130	20	120	M8	12-14	688	250	603

### Muttern Typ BPR und TBPR

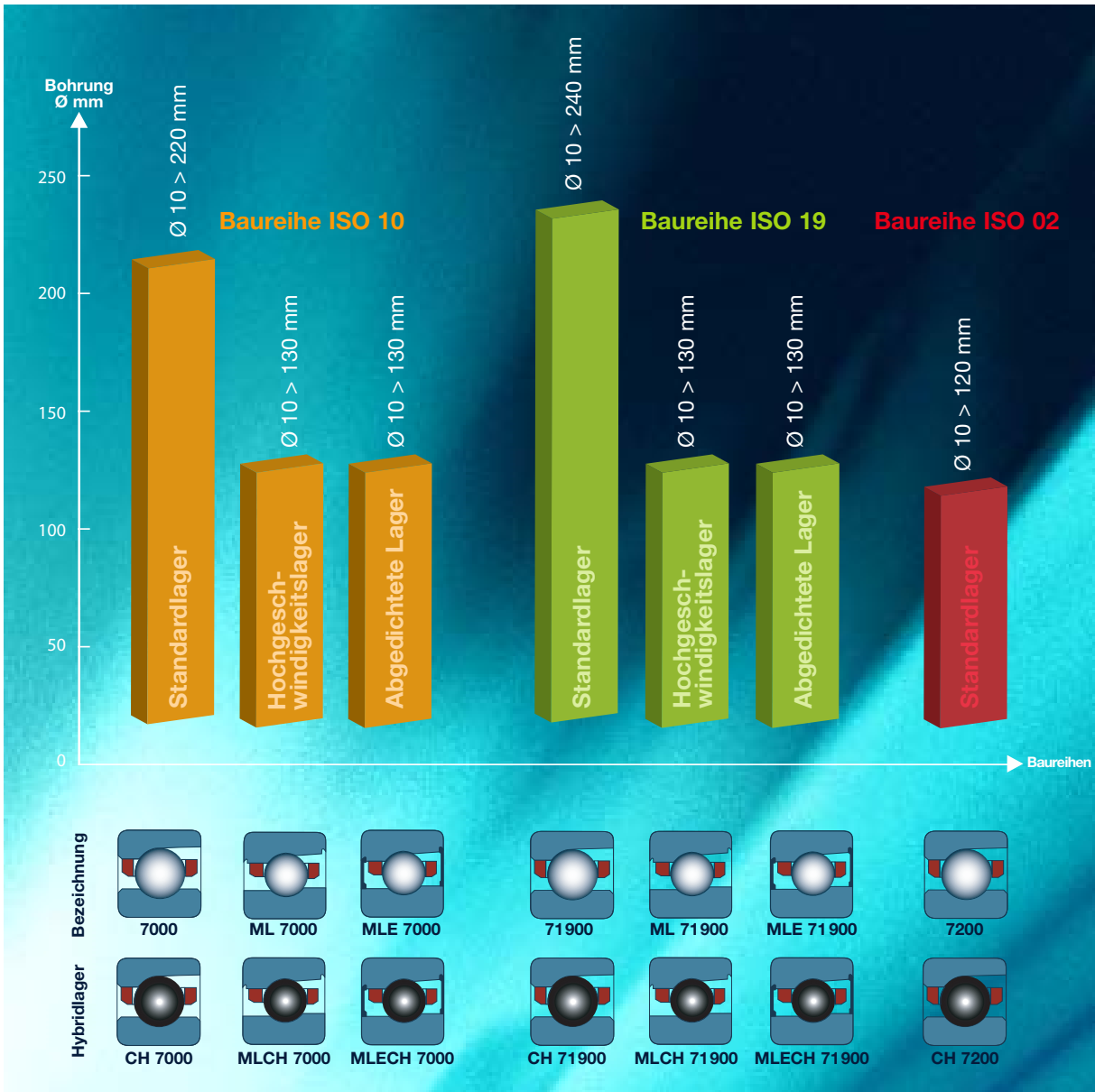
Gewinde	Bezeichnung		Gewicht	Abmessungen				Sicherungs-schrauben	Muttern		
				D <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	M		M <sub>bl</sub>	F <sub>ar</sub>	M <sub>a</sub>
D <sub>2</sub>	-	-	-	mm	mm	mm	mm	Nm	kN	Nm	Nm
M20 x 1	<b>BPR 20/1</b>	<b>TBPR 20/1</b>	0,12	38	20	28	M5	3-4	255	18	56
M20 x 1,5	<b>BPR 20/1,5</b>	<b>TBPR 20/1,5</b>	0,12	38	20	28	M5	3-4	225	18	56
M25 x 1,5	<b>BPR 25</b>	<b>TBPR 25</b>	0,17	45	20	33	M6	6-8	405	25	85
M30 x 1,5	<b>BPR 30</b>	<b>TBPR 30</b>	0,24	52	22	40	M6	6-8	491	32	96
M35 x 1,5	<b>BPR 35</b>	<b>TBPR 35</b>	0,28	58	22	47	M6	6-8	560	40	107
M40 x 1,5	<b>BPR 40</b>	<b>TBPR 40</b>	0,29	62	22	52	M8	12-14	585	55	127
M45 x 1,5	<b>BPR 45</b>	<b>TBPR 45</b>	0,37	68	24	59	M8	12-14	641	65	149
M50 x 1,5	<b>BPR 50</b>	<b>TBPR 50</b>	0,46	75	25	64	M8	12-14	706	85	180
M55 x 2	<b>BPR 55</b>	<b>TBPR 55</b>	0,92	88	32	68	M8	12-14	940	95	206
M60 x 2	<b>BPR 60</b>	<b>TBPR 60</b>	1,14	98	32	73	M8	12-14	1 070	100	255
M65 x 2	<b>BPR 65</b>	<b>TBPR 65</b>	1,29	105	32	78	M8	12-14	1 155	120	277
M70 x 2	<b>BPR 70</b>	<b>TBPR 70</b>	1,49	110	35	85	M8	12-14	1 230	130	304
M75 x 2	<b>BPR 75</b>	<b>TBPR 75</b>	2,25	125	38	90	M10	24-26	1 300	150	357
M80 x 2	<b>BPR 80</b>	<b>TBPR 80</b>	2,97	140	38	95	M10	24-26	1 420	160	396
M85 x 2	<b>BPR 85</b>	<b>TBPR 85</b>	3,44	150	38	100	M10	24-26	1 510	190	444
M90 x 2	<b>BPR 90</b>	<b>TBPR 90</b>	3,59	155	38	110	M10	24-26	1 596	200	501
M95 x 2	<b>BPR 95</b>	<b>TBPR 95</b>	3,73	160	38	115	M10	24-26	1 656	220	550
M100 x 2	<b>BPR 100</b>	<b>TBPR 100</b>	3,70	160	40	120	M10	24-26	1 780	250	603

**Far:** axiale Bruchlast (führt zum Bruch des Gewindes) Im Betrieb muss die von der Mutter auszuhaltende Axialkraft geringer sein als 75% der axialen Bruchlast **Far**, die für diese Mutter festgelegt ist. **Ma:** Anzugsmoment der Mutter / **Md:** Losbrechmoment der Mutter (mit entsprechenden Drehmomenten **Ma** und **Mbl** montiert) / **Mbl:** Anzugsmoment der Sicherungsschrauben / **D1:** Außendurchmesser / **D3:** Durchmesser der Anlagefläche / **L1:** Breite



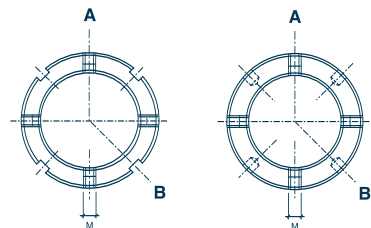
# Gesamtübersicht des Programms: Die passende SNR – Lösung für Sie

## Programm MachLine



## Programm der Präzisionsmuttern

Baureihe	Anzahl Einsätze	Nuten	Bohrungen	Anwendungen	Bohrung (mm)
Schmal	2	B	-	<b>Normaler Einsatz</b>	8 bis 100
		-	TB		20 bis 100
	4	BR	TBR	<b>Mittlere Kräfte:</b> maximale Planheit	25 bis 100
Breit	2	BP	TBP	<b>Hohe Kräfte</b>	20 bis 100
		4	BPR		TBPR



Auf Anfrage fertigen wir gern spezifische Muttern (Durchmesser, Anzahl der Einsätze, etc ...)



# Toleranzen und Genauigkeitsklassen

## Toleranzen der Ringe

Die Laufgenauigkeit der Spindel beeinflusst direkt die Bearbeitungsgenauigkeit. SNR fertigt deshalb

seine Spindellager in den Genauigkeitsklassen sehr hohe Präzision P4S und Superpräzision ISO 2.

		Innenring Toleranzen in $\mu\text{m}$									
		über	6	10	18	30	50	80	120	150	180
Bohrung (d) in mm		bis	10	18	30	50	80	120	150	180	250
Toleranzen	Symbole (1)										
Toleranz des mittleren Durchmessers	$\Delta \text{dmp}$	ISO 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			-4	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-10	-12
		ISO 2	0	0	0	0	0	0	0	0	
			-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-4	-5	-7	-7	-8
Ovalität	Baureihe 719 Vdp max.	ISO 4	4	4	5	6	7	8	10	10	12
		ISO 2	2,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7	7	8
	Baureihe 70-72	ISO 4	3	3	4	5	5	6	8	8	9
		ISO 2	2,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7	7	8
Konizität	Vdmp max.	ISO 4	2	2	2,5	3	3,5	4	5	5	6
		ISO 2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2,5	3,5	3,5	4
Rundlauf (Radialschlag)	$K_{ia}$ max.	ISO 4	2,5	2,5	3	4	4	5	6	6	8
		ISO 2	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5
Planlauf der Stirnfläche in Bezug auf die Bohrung (Seitenschlag)	$S_d$ max.	ISO 4	3	3	4	4	5	5	6	6	7
		ISO 2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	5
Planlauf der Stirnfläche in Bezug auf die Laufbahn (Axialschlag)	$S_{ia}$ max.	ISO 4	3	3	4	4	5	5	7	7	8
		ISO 2	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	5
Breitentoleranz des Einzellagers	$\Delta B_s$	ISO 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ISO 2	-40	-80	-120	-120	-150	-200	-250	-250	-300
Parallelität der Stirnflächen	VBs max.	ISO 4	2,5	2,5	2,5	3	4	4	5	5	6
		ISO 2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4	5

(1) Die Symbole der Toleranzen entsprechen der Norm ISO 492



## Vergleich der Präzisionsnormen

Qualität	ISO	ABEC	DIN
Hohe Genauigkeit	4	7	P4
Sehr hohe Präzision P4S (SNR - Standard)	2: dynamische Parameter 4: Abmessungen	9: dynamische Parameter 7: Abmessungen	P2: dynamische Parameter P4: Abmessungen
Superpräzision	2	9	P2

**Außenring**  
Toleranzen in  $\mu\text{m}$

Außendurchmesser (D) in mm:	über	2,5	18	30	50	80	120	150	180	250	31
	bis	18	30	50	80	120	150	180	250	315	400

Toleranzen	Symbole (1)												
Toleranz des mittleren Durchmessers	$\Delta \text{Dmp}$	ISO 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-13	-15	
		ISO 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		-2,5	-4	-4	-4	-5	-5	-7	-8	-8	-10		
Ovalität	Baureihe 719 VDp max.	ISO 4	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	
		ISO 2	2,5	4	4	4	5	5	7	8	8	10	
	Baureihen 70-72	ISO 4	3	4	5	5	6	7	8	8	10	11	
		ISO 2	2,5	4	4	4	5	5	7	8	8	10	
Konizität	VDmp max.	ISO 4	2	2,5	3	3,5	4	5	5	6	7	8	
		ISO 2	1,5	2	2	2	2,5	2,5	3,5	4	4	5	
Rundlauf (Radialschlag)	$K_{\text{ea}}$ max.	ISO 4	3	4	5	5	6	7	8	10	11	13	
		ISO 2	1,5	2,5	2,5	4	5	5	5	7	7	8	
Planlauf der Stirnfläche in Bezug auf die Mantelfläche (Seitenschlag)	$S_{\text{D}}$ max.	ISO 4	4	4	4	4	5	5	5	7	8	10	
		ISO 2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7	
Planlauf der Stirnfläche in Bezug auf die Laufbahn (Axialschlag)	$S_{\text{ea}}$ max.	ISO 4	5	5	5	5	6	7	8	10	10	13	
		ISO 2	1,5	2,5	2,5	4	5	5	5	7	7	8	
Breitentoleranz des Einzellagers	$\Delta C_s$	ISO 4	Werte wie beim Innenring										
		ISO 2											
Parallelität der Stirnflächen	VCs max.	ISO 4	2,5	2,5	2,5	3	4	5	5	7	7	8	
		ISO 2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	4	5	7	

(1) Die Symbole der Toleranzen entsprechen der Norm ISO 492



# Toleranzen und Genauigkeitsklassen

## | Maßtoleranzen der Lagersitze

Um die Vorspannung nicht zu verändern, und die Laufgenauigkeit nicht zu beeinträchtigen, sollte die Genauigkeit der Lagersitze der Genauigkeit der Spindellager entsprechen. In der Regel empfehlen wir die in folgender Tabelle festgesetzten Passungen. Beim Einbau sollten die Lager mit ihren Sitzen zusammen gepaart werden, um den Zusammenbau der Teile bei Grenzwerten der Toleranzen zu vermeiden. Dies kann ein zu hohes Spiel oder eine zu große Vorspannung verursachen.

### Toleranzen in $\mu\text{m}$

Nenn- durchmesser (mm)	Welle			Gehäuse					
	ISO4		ISO2	ISO4				ISO2	
				Festlager		Loslager		Festlager	Loslager
	h4 (1)	js4(2)	-	JS5(1)	K5(2)	H5(3)	Spiel (4)	JS4	-
10 bis 18	0	+3	0	-	-	-	-	-	-
	-5	-3	-4	-	-	-	-	-	-
> 18 bis 30	0	+3	0	+4	+1	+9	2 bis 10	+3	+8
	-6	-3	-4	-4	-8	0		-3	+2
> 30 bis 50	0	+4	0	+5	+2	+11	3 bis 11	+4	+10
	-7	-4	-5	-5	-9	0		-4	+2
> 50 bis 80	0	+4	0	+6	+3	+13	3 bis 12	+4	+11
	-8	-4	-5	-6	-10	0		-4	+3
> 80 bis 120	0	+5	0	+7	+2	+15	5 bis 15	+5	+13
	-10	-5	-6	-7	-13	0		-5	+3
> 120 bis 180	0	+6	0	+9	+3	+18	5 bis 17	+6	+16
	-12	-6	-8	-9	-15	0		-6	+4
> 180 bis 250	0	+7	0	+10	+2	+20	7 bis 22	+7	+18
	-14	-7	-10	-10	-18	0		-7	+4
> 250 bis 315	-	-	-	+11	+3	+23	7 bis 27	+8	+21
	-	-	-	-11	-20	0		-8	+5
> 315 bis 400	-	-	-	+12	+3	+25	7 bis 30	+9	+23
	-	-	-	-12	-22	0		-9	+5

(1) leichte Belastung  $C/P > 16$ , mittlere Belastung  $10 \leq C/P \leq 16$

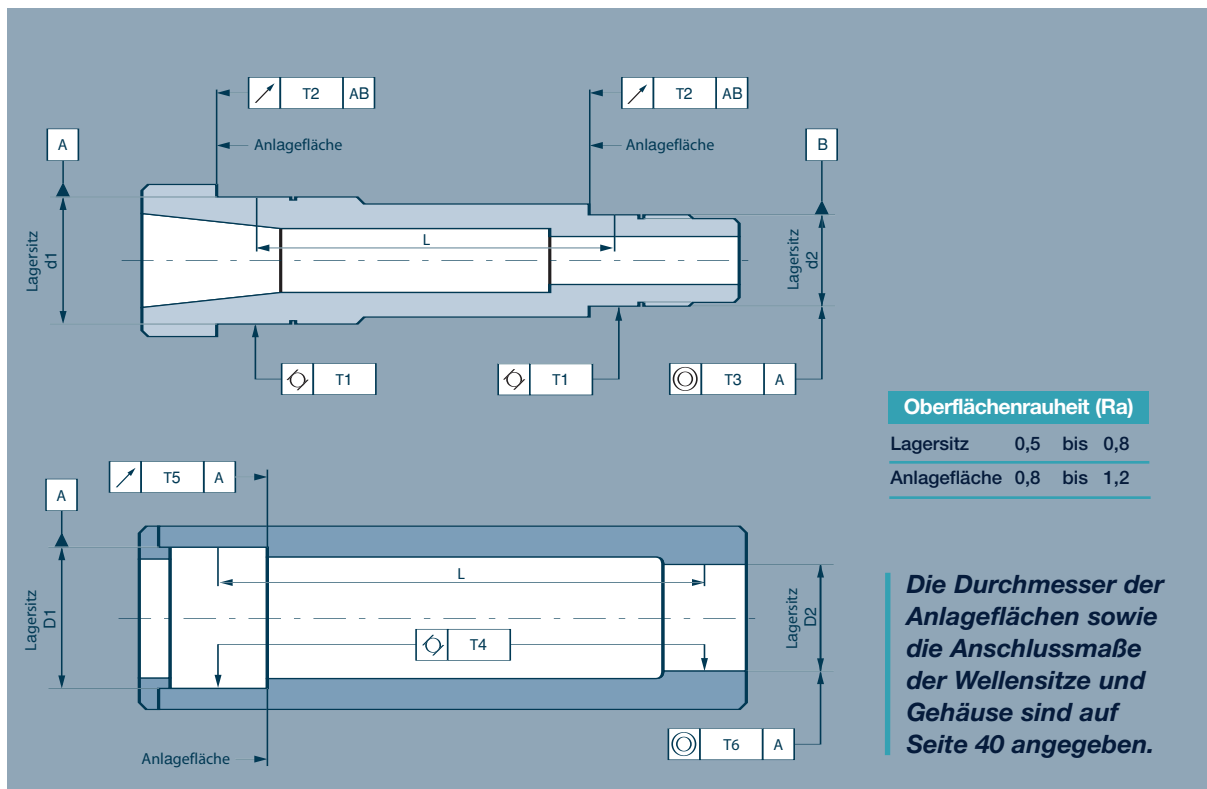
(2) starke Belastung  $C/P < 10$  oder Anwendungen mit hohen Drehzahlen (Ausführung ML)

(3) Wir empfehlen diese Toleranzen, optimal ist jedoch das Gehäuse und seine Lager innerhalb des in der Spalte (4) festgelegten Spiels einzubauen.

## Form- und Lagetoleranzen der Anlageflächen

Die Leistung der Spindel (Laufgenauigkeit, Temperatur) hängt zum großen Teil von der Fertigungsqualität der Anlageflächen und der Lagersitze ab. Um die fest-

gelegten Sollwerte zu erreichen, müssen diese Parameter unbedingt innerhalb der von SNR empfohlenen Toleranzen gefertigt werden.



### Maximale Toleranzen in µm

Nenn Durchmesser des Lagersitzes	Welle						Gehäuse					
	T1		T2		T3		T4		T5		T6	
	ISO 4	ISO 2	ISO 4	ISO 2	ISO 4	ISO 2	ISO 4	ISO 2	ISO 4	ISO 2	ISO 4	ISO 2
10 bis 18	1,5	1	2	1,2	0,013L <sup>(1)</sup>	0,008L <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	-
> 18 bis 30	2	1	2,5	1,5	0,013L <sup>(1)</sup>	0,008L <sup>(1)</sup>	2	1,5	2,5	1,5	0,015L <sup>(1)</sup>	0,010L <sup>(1)</sup>
> 30 bis 50	2	1,5	2,5	1,5	0,013L <sup>(1)</sup>	0,008L <sup>(1)</sup>	2,5	1,5	2,5	1,5	0,015L <sup>(1)</sup>	0,010L <sup>(1)</sup>
> 50 bis 80	2,5	1,5	3	2	0,013L <sup>(1)</sup>	0,008L <sup>(1)</sup>	3	2	3	2	0,015L <sup>(1)</sup>	0,010L <sup>(1)</sup>
> 80 bis 120	3	2	4	2,5	0,025L <sup>(1)</sup>	0,013L <sup>(1)</sup>	3,5	2,5	4	2,5	0,030L <sup>(1)</sup>	0,015L <sup>(1)</sup>
> 120 bis 180	3,5	2	5	3,5	0,025L <sup>(1)</sup>	0,013L <sup>(1)</sup>	4,5	3	5	3,5	0,030L <sup>(1)</sup>	0,015L <sup>(1)</sup>
> 180 bis 250	4	2,5	7	4,5	0,025L <sup>(1)</sup>	0,013L <sup>(1)</sup>	5	3,5	7	4,5	0,030L <sup>(1)</sup>	0,015L <sup>(1)</sup>
> 250 bis 315	-	-	-	-	-	-	6	4	8	6	0,030L <sup>(1)</sup>	0,015L <sup>(1)</sup>
> 315 bis 400	-	-	-	-	-	-	6	4,5	9	7	0,030L <sup>(1)</sup>	0,015L <sup>(1)</sup>

(1) L = Abstand der Lager in mm



# Toleranzen und Genauigkeitsklassen

## I Toleranzen der Zwischenringe und Spannmuttern

Die Laufgenauigkeit der Spindel hängt ebenfalls von der Fertigungsgenauigkeit der Zwischenringe und Spannmuttern ab.

### Zwischenringe

### Spannmuttern

Die Zwischenringe müssen so gehärtet sein, dass keine Verformung beim Verpannen auftritt. Sie dürfen nicht länger als 200 mm sein. Ihre Parallelitätstoleranzen und die Längenabweichungen sind in der nachstehenden Tabelle festgelegt.

Egal ob die Mutter aufgeschraubt oder aufgeschrunpft wird, ihre Spannfläche muss rechtwinklig zum Lagersitz sein. Die Toleranzen des Axialschlags der Stirnfläche sind in der nachstehenden Tabelle festgelegt.

### Maximale Toleranzen in $\mu\text{m}$

Bohrungsdurchmesser des Zwischenrings oder Nenndurchmesser des Lagersitzes	Zwischenring				Mutter	
	T2		Längenabweichung zwischen L1 und L2		T2	
	ISO4	ISO2	ISO4	ISO2	ISO4	ISO2
10 bis 18	2	1	2	1	5	3
> 1 bis 30	2	1	2	1	6	4
> 30 bis 50	2	1	2	1	7	4
> 50 bis 80	2	1	3	2	8	5
> 80 bis 120	3	2	3	2	10	6
> 120 bis 180	3	2	4	3	12	8
> 180 bis 250	4	3	5	4	14	10



# Wartung und Service

*Die Wartung ist ein wesentlicher Gesichtspunkt, denn sie wirkt sich gleichermaßen auf die Produktivität und die Sicherheit am Arbeitsplatz und in der Umgebung aus, vor allem, wenn es sich um hochbeanspruchte Teile wie Spindellager handelt. Der Erfolg der Wartungsmaßnahmen beruht entscheidend auf dem Know-how der zuständigen Fachleute. Die wesentlichen Punkte wollen Ihnen unsere Experten in diesem Kapitel näher erläutern.*

- Lagerung 62
- Einbau 63-66
- Schwingungsanalyse 67
- Fachberatung, Weiterbildung 68

**machline**<sup>®</sup>





# Lagerung: Welche Regeln sind zu beachten?

*Um die ursprüngliche Qualität während der Lagerung zu erhalten, wird jedes Spindellager einem besonderen Verpackungsprozess unterzogen. Die bei der Montage und Verpackung eingehaltenen Vorsichtsmaßnahmen haben ebenfalls positive Auswirkungen auf die späteren Ergebnisse der Spindel.*

## SNR – Vorgaben für Verpackung und Schutz der Spindellager

- Die Montage findet in einem klimatisierten und staubfreien Raum statt
- In einer kontrollierten Umgebung wird als Schutzfilm ein hochwertig deckendes Antioxidationsfett aufgebracht. Dieser Schutzfilm ist mit allen gängigen Schmierstoffen verträglich.
- Ein thermogeschweißter Kunststoffbeutel und ein Verpackungskarton vervollständigen den Schutz.

## Allgemeine Lagerbedingungen

- Sauberkeit
- Staubfreies und korrosionsfreies Raumklima
- Empfohlene Temperatur: 18° bis 20°C
- Maximale Luftfeuchtigkeit: 65%. Für außergewöhnliche Klimaverhältnisse ist eine spezielle Verpackung notwendig (Beispiel: Spezielle Verpackung für die tropischen Länder)
- Holzregale sind zu meiden
- Mindestabstand von 30 cm vom Boden, den Wänden und Heizungsrohren einhalten
- Nicht direkter Sonneneinstrahlung aussetzen
- Packungen liegend lagern und übermäßige Belastung durch Stapeln vermeiden
- Packungen so anordnen, dass die Lagerbezeichnungen ohne Verrücken sichtbar sind



## Aufbewahrungsdauer

Die SNR – Originaleinzelverpackung der Spindellager garantiert eine lange Haltbarkeit unter normalen und geschützten Lagerungsbedingungen.

Voraussetzung ist, dass die Verpackung weder geöffnet, verändert oder beschädigt wird.



# Einbau: Welche Regeln sind zu beachten?

## Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen beim Einbau

Die Montage der Spindeln ist in einem sauberen und gut beleuchteten Raum durchzuführen. Er sollte von den Produktionsstätten isoliert sein, um jedes Verschmutzungsrisiko zu vermeiden.

Die Spindellager sind erst kurz vor dem Einbau aus ihren Packungen zu nehmen und dürfen auf keinem Fall gewaschen werden.



*Das Spindellager ist in seiner Originalverpackung aufzubewahren und darf erst kurz vor dem Einbau ausgepackt werden.*

## Kontrolle vor dem Einbau

Die Abmessungen und Toleranzen der Teile, aus denen die Spindel besteht, sind zunächst zu prüfen (siehe Seite 58 bis 60). Alle Teile (außer den Lagern) müssen vor dem Einbau sorgfältig gewaschen und getrocknet werden.

## Einbau der Spindellager

Die Lagersitze müssen mit einem Korrosionsschutzmittel behandelt werden.

*Die Produkte, die als Schutzmittel für die Spindellager verwendet werden, sind mit allen von SNR empfohlenen Schmierstoffen verträglich.*

## Auswahl der Maße des Außendurchmessers und der Bohrung

Um eine möglichst gleichmäßige Vorspannung und Verteilung der äußeren Kräfte auf alle Lager einer Anordnung zu erreichen, sollten die Passungswerte zwischen diesen Lagern und ihren Lagersitzen (Welle und Gehäuse) möglichst identisch sein.

Die Toleranzwerte des Außendurchmessers und der Bohrung sind auf der Verpackung angegeben: die Entscheidung kann also erfolgen, ohne das Lager aus der Packung zu nehmen.

machline



# Einbau: Welche Regeln sind zu beachten?

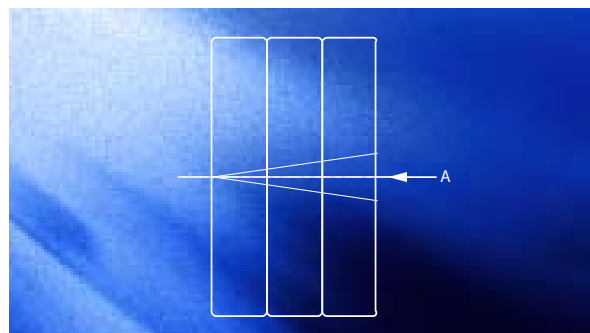
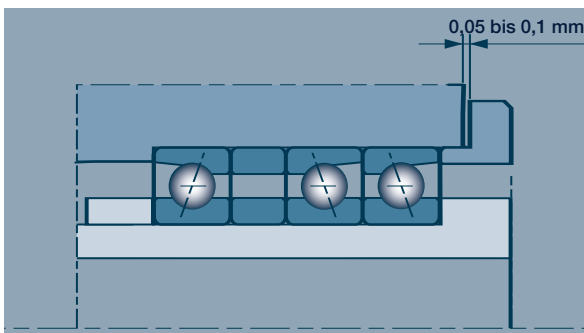
## Schmierung

- Das Fett ist mit einer skalierten Spritze einzufüllen.
- SNR liefert Spindellager mit entsprechendem Schmierfett (Nachsetzzeichen D oder abgedichtete Spindellager MLE).
- Im Falle einer Ölschmierung füllen Sie in das Spindellager ein wenig des gleichen Öls ein, wie für den Kreislauf vorgesehen. Diese Vorsichtsmaßnahme verhindert einen eventuellen Trockenanlauf, der die Spindellager stark beschädigen könnte.

**Ermittlung des passenden Schmierstoffs:**  
siehe Seite 25.  
**Im Falle einer Fettschmierung sind die auf Seite 26 empfohlenen Mengen einzuhalten.**

## Ausrichtung der Spindellager

- **Universallager und Universallagersätze:** Es ist besonders auf die Position der Lager bezüglich ihrer Kontaktwinkel zu achten, um die gewünschte Anordnung zu erhalten. Bei den Lagern MachLine ML und MLE dient Ihnen als Orientierungshilfe das auf den Außenringen jedes Einzellagers aufgebrachte „V“.
- **Gepaarte Lageranordnungen:**
  - Eine Anordnung darf nicht getrennt und nicht gemischt werden
  - Setzen Sie das auf dem Außenring markierte „V“ wieder zusammen, um die Lager der Anordnung in der korrekten Reihenfolge anzuordnen.
  - Die Spitze des „V“ ist in Richtung der vorwiegenden Axialkraft A auszurichten.



## | Einbau

- Die Montage mittels Anwärmung ist allen anderen Methoden vorzuziehen. Sollte das nicht möglich sein, muss über die gesamte Fläche des einzusetzenden Rings gedrückt werden. Dabei ist es wichtig, keinen Druck auf den anderen Ring auszuüben, denn die Kugeln dürfen auf keinem Fall die Druckkraft übertragen.
- Der Montage durch Schläge ist absolut untersagt.



## | Fehlerkontrolle

- Unrundheit der Welle und / oder des Gehäuses im Vergleich zum Rundlauf der Wälzlager
- Zwischenringe
- Ausrichtung der Punkte der maximalen Unrundheit der Innenringe

## | Befestigung

- Die Befestigungsschrauben der Flansche werden kreuzweise nach und nach angezogen, um ein Querlegen des Außenrings im Gehäuse zu vermeiden.
- Um zu überprüfen, ob sich die Welle beim Anziehen

der Mutter nicht verformt, sind die Unrundheit und der Radialschlag der Spindelnase vor und nach dem Verspannen zu messen: die Werte müssen übereinstimmen.

## | Auswuchten

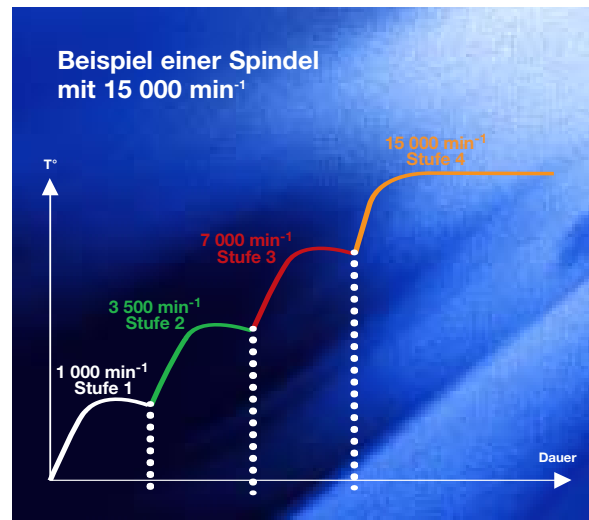
- Nach dem Einbau der Lager auf der Welle, muss diese ausgewuchtet werden, um jede Unwucht auszuschalten, die schädlich für den einwandfreien Betrieb der Hochgeschwindigkeitsspindeln sein könnte.

# Einbau: Welche Regeln sind zu beachten?

## Einlaufen

Die Laufgenauigkeit und die Lebensdauer werden durch die Art und Weise, wie das Einlaufen vorgenommen wird, stark beeinflusst. Dieser Vorgang ist in mehreren Stufen vorzunehmen und ist abhängig vom Spindeltyp und der Temperaturentwicklung. Die Drehzahl bei der ersten Stufe muss  $10^5 \text{ nd}_m$  entsprechen, damit sich mit Sicherheit ein Schmierfilm bilden kann.

Die Einlaufzeit pro Stufe hängt davon ab, wie lange es dauert, bis sich die Temperatur stabilisiert hat. Sobald die Temperatur stabil ist, kann zur folgenden Stufe gegangen werden.



## Mögliche Ausfallursachen

**Ausfälle durch Abschälung auf Grund von Materialermüdung treten bei den Spindellagern MachLine sehr selten auf.**

Es wurde festgestellt, dass ein Ausfall der Spindel durch das Zusammenspiel einer Vielzahl von Faktoren verursacht wird. Diese Faktoren werden im Rahmen der Spindelwartung an den eingesetzten Bauteilen geprüft.

Es handelt sich um:

- Probleme bei der Maßhaltigkeit
- Zunahme der geometrischen Fehler, wie z. B. Rundheit oder Rundlauf.
- Schlechte Oberflächenrauheit (Facetten etc.)
- unzulässiges Geräusch

- Ungewöhnliche Geräusche während des Betriebs  
Im Allgemeinen sind 70% der Ausfälle auf mangelhafte Schmierung und 10% auf das Dichtungssystem zurückzuführen, oder durch einen schweren Stoß zwischen dem Werkstück und Werkzeug, mit der möglichen Folge einer endgültigen Beschädigung der Spindel und der Spindellager.

***Das Spindellager selbst ist selten der Grund eines vorzeitigen Ausfalls.***

# Schwingungsanalyse: Ein globaler und objektiver Ansatz

*Bei der Wartung ist die gesamte mechanische Umgebung zu berücksichtigen, denn die Wechselwirkungen zwischen Spindellagern und den anderen Bauteilen geben uns wertvolle Aufschlüsse.*

*Dieser globale Ansatz, das Ergebnis des Erfahrungsschatzes aus zahlreichen Anwendungen, ist trotzdem untrennbar mit den objektiven Gegebenheiten verbunden und garantiert damit eine neutrale und sachliche Diagnose.*

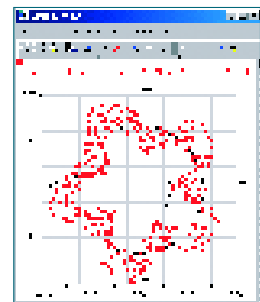
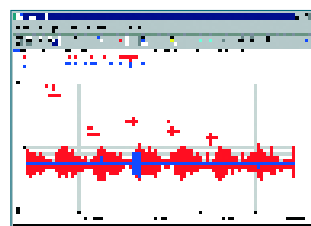
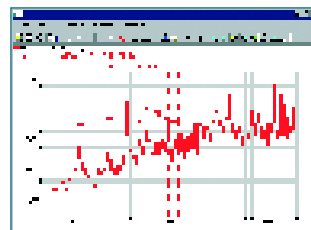
*Aus diesem Grund zieht SNR auf diesem Gebiet spezialisierte Partner hinzu.*

## | SNR und die Firma 01dB Metravib

Durch diese Zusammenarbeit ist es uns möglich, Ihnen die Dienstleistungen eines auf dem Gebiet der Schwingungsanalyse spezialisierten Experten zu bieten. Neben der technischen Beratung, können wir für Sie die Entwicklung und Installation eines festen oder tragbaren Kontrollsystems übernehmen, welches das Problem einer zustandsabhängigen Wartung löst.

Unser Leistungsangebot zur Schwingungsanalyse umfasst:

- Die Auswahl der Überwachungsmethoden und Kontrollmittel
- Die Festlegung der Kontrollperioden
- Die dazu notwendige Organisation
- Die Systematisierung der Ergebnisse und die Erstellung technischer und wirtschaftlicher Bilanzen.



*Mit diesem Dienstleistungsprogramm bieten wir Ihnen maßgeschneiderte Lösungen. Die Wartungsmaßnahmen können gezielt erfolgen oder Inhalt von langfristigen Verträgen sein.*

*Für weitere Informationen setzen Sie sich bitte mit Ihrem zuständigen SNR – Techniker in Verbindung.*

machline™



# Fachberatung, Weiterbildung: Die Weitergabe unseres Know-hows

## | Fachberatung: Ursachenermittlung

Unsere Fachleute stehen Ihnen zur Verfügung, egal ob es sich um den Einbau von Prototypen oder die Begutachtung von bereits eingesetzten Spindellager handelt.

Um eine genaue Lageruntersuchung durchführen zu können, müssen folgende Maßnahmen unbedingt eingehalten werden:

- Ausbau der Spindellager mit größter Sorgfalt (Schwierigkeiten bei der Unterscheidung eventueller

Beschädigungen durch Betriebsbedingungen oder durch unsachgemäßen Ausbau)

- Zusendung der Spindellager in ihrem tatsächlichen Zustand (nicht gewaschen)
- Angabe der Position der Spindellager in der Spindel
- Genaue Angaben über Einbau- und Betriebsbedingungen der Spindel: Drehzahlen, Kräfte, Schmierung... sowie eine Zeichnung der gesamten Spindel

## | Eigenfrequenzen

Für eine Betriebsüberwachung der Spindeln teilt SNR auf Anfrage die Eigenfrequenzen der Spindellagerbauteile mit. Diese Informationen sind auch in unserem E – Katalog unter: [www.snr-bearings.com/catalogue](http://www.snr-bearings.com/catalogue)

verfügbar. Wegen der leichten Abweichung der aufgezeichneten Signale ist jedoch die Auswertung der Ergebnisse sehr schwierig und muss von einem Fachmann durchgeführt werden.

## | Weiterbildung: Dienstleistungen nach Maß

SNR bietet ein umfassendes Schulungsprogramm, das von unseren Ingenieuren und Fachleuten für Spindellager in Werkzeugmaschinen durchgeführt wird. Dieses Programm richtet sich sowohl an Vertriebsleute, die ihre Produktkenntnisse vertiefen wollen, wie auch an Entwicklungs-, Fertigungs- und Wartungstechniker. Inhalte sind unter anderem:

- Besseres Kennen lernen des Programms MachLine
- Empfehlung und Auswahl der für Ihre Anwendungen geeigneten technischen Lösungen
- Berechnung einer Spindel
- Kennen lernen der wichtigsten Schritte beim Einbau und Betrieb eines Spindellagers

## | SNR ist täglich rund um die Uhr geöffnet.



Schlagen Sie in unseren Online – Katalogen nach, prüfen Sie die Verfügbarkeit der Produkte in Echtzeit, bestellen sie täglich rund um die Uhr, auch für kurzfristige Bestellungen, es ist einfach und kostenlos... [www.snr-bearings.com/catalogue](http://www.snr-bearings.com/catalogue) Rubrik "Kataloge Industry".



**Nutzen Sie diese Dienstleistungen und besuchen Sie uns direkt unter [www.snr-bearings.com](http://www.snr-bearings.com), füllen Sie das Kontaktformular aus oder setzen Sie sich direkt mit Ihrem SNR – Ansprechpartner in Verbindung.**



# SNR: Die Anforderungen aus der Luftfahrt im Dienste der Werkzeugmaschinen

Als Partner so ehrgeiziger luftfahrttechnischer Projekte wie Airbus A380 oder Ariane 5 hat SNR dieses Know-how auf die Welt der Werkzeugmaschinen übertragen und das MachLine Spindellagerprogramm entwickelt: Hochgenauigkeits Spindellager, die den extremen Anforderungen an Drehzahlen, Abdichtung und Zuverlässigkeit angepasst sind.

