

+ LAGERMONTAGE UND WARTUNG



Als einer der weltweit führenden Hersteller von Wälzlagern, lineartechnischen Komponenten sowie Lenksystemen sind wir auf allen Kontinenten vertreten – mit Werken, Vertriebsniederlassungen und Technologiezentren. Denn unsere Kunden schätzen kurze Entscheidungswege, prompte Lieferungen und Service vor Ort.



Das Unternehmen NSK

Bereits 1916 startete NSK seine Geschäfte als erster japanischer Hersteller von Wälzlagern. Seitdem haben wir nicht nur unsere Produktpalette, sondern auch unsere Serviceleistungen für verschiedene Industriebereiche kontinuierlich ausgebaut und verbessert. So entwickeln wir Technologien in den Bereichen Wälzlager, Linearsysteme, Komponenten für die Automobilindustrie und mechatronische Systeme. Unsere Forschungs- und Entwicklungszentren in Europa, Amerika und Asien sind innerhalb unseres globalen

Technologienetzwerkes verbunden. Dabei konzentrieren wir uns nicht nur auf die Entwicklung neuer Technologien, sondern auf die kontinuierliche Optimierung der Qualität – auf jeder Prozessstufe.

Zu den Aktivitäten gehören u. a. Produktdesign, Simulationsanwendungen auf verschiedenen Analysesystemen oder die Entwicklung verschiedener Wälzlager-Stähle und Schmierstoffe.

Partnerschaft basiert auf Vertrauen – und Vertrauen auf Qualität

Total Quality by NSK: Wir bündeln unsere Kompetenzen in den NSK Technologiezentren. Nur ein Beispiel, wie wir unserem hohen Qualitätsanspruch gerecht werden.

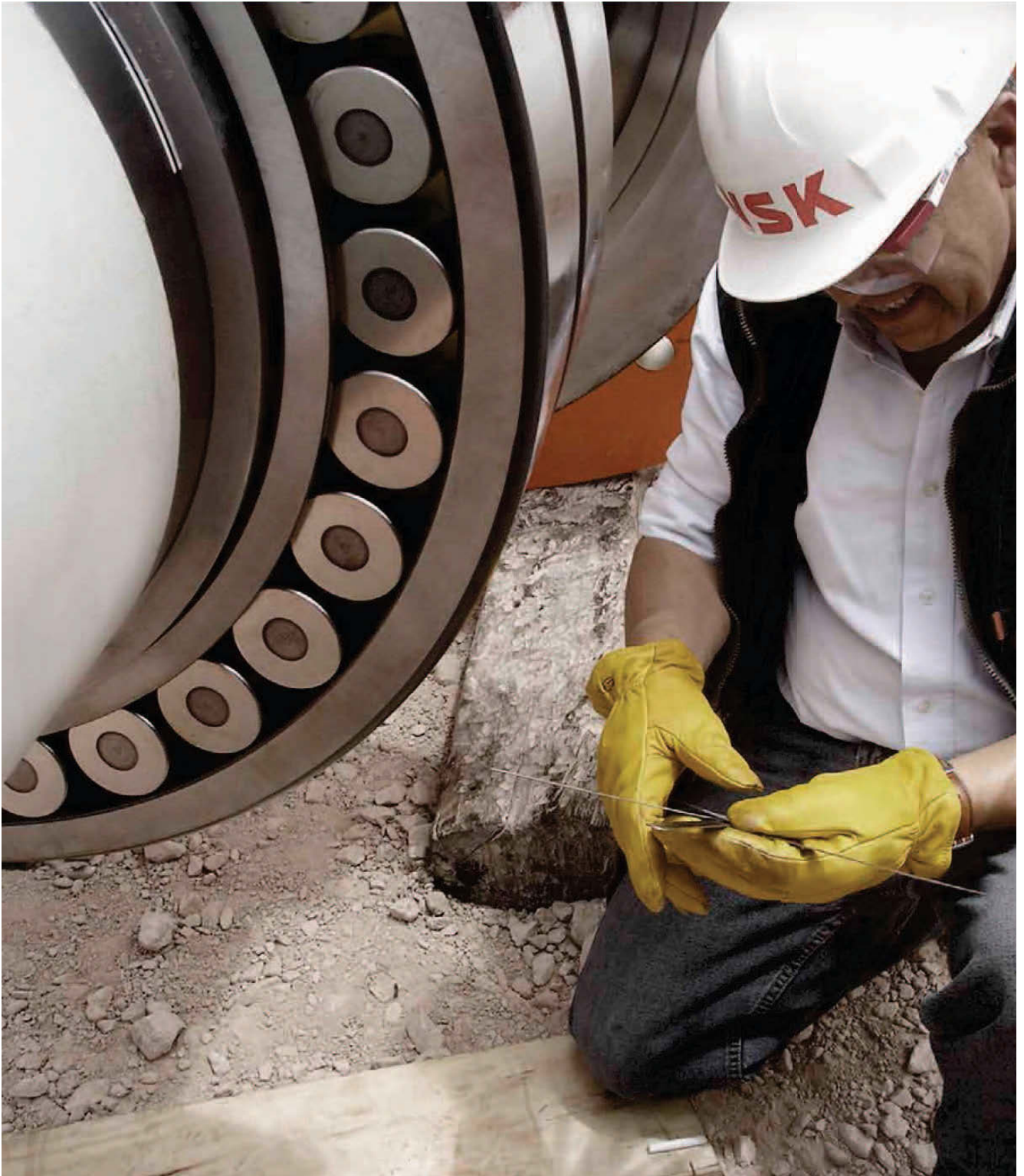
NSK gehört zu den Unternehmen, die bei Patentanmeldungen für Maschinenbauteile führend sind und hier eine lange Tradition haben. In unseren weltweiten Forschungszentren konzentrieren wir uns nicht nur auf die Entwicklung neuer Technologien, sondern auf die kontinuierliche Optimierung der

Qualität – auf Basis der integrierten Technologie-Plattform aus Tribologie, Werkstofftechnik, Analyse und Mechatronik.

Mehr über NSK auf www.nsk.europa.de oder rufen Sie uns an: +49 (0) 2102 481-0



Über den richtigen Umgang mit Wälzlagern





Inhalt

1. Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Wälzlagern	6
2. Montage	7
2.1 Wellenpassungen.....	7
2.2 Aufschiebekraft und Anwärmtemperatur für feste Passungen	11
2.3 Montage von Lagern mit zylindrischer Bohrung	12
2.4 Montage von Lagern mit kegeliger Bohrung	14
2.5 Montage in Gehäusen.....	16
2.6 Montage mit Vorspannungen.....	18
2.7 Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen für die Montag.....	21
2.8 Schmierung.....	23
2.9 Testlauf.....	26
3. Wartung und Inspektion	28
3.1 Wartungs- und Inspektionsarbeiten.....	28
3.2 Schmiermethoden.....	29
3.3 Lagerschäden.....	32
4. Demontage	37
4.1 Demontage der Außenringe	38
4.2 Demontage der Innenringe	39
4.3 Reinigung der Lager	40
4.4 Überprüfung der Lager	40
5. Aufbewahrung der Lager	41
6. Anhänge	42

1. Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Wälzlagern

Wälzlager werden unter verschiedenen Betriebsbedingungen mit unterschiedlichen Belastungen, die von geringen bis zu hohen Beanspruchungen reichen, eingesetzt. Da sie mit einem Höchstmaß an Genauigkeit gefertigt werden, müssen sie entsprechend vorsichtig behandelt werden.

Ein falscher Einbau oder unsachgemäßer Umgang sind die häufigsten Ursachen eines vorzeitigen Lagerausfalls. Dies macht deutlich, dass der sachgemäße Umgang sowie die richtige Auswahl und Verwendung entscheidend sind. Die Anweisungen für einen sachgemäßen Umgang mit Wälzlagern lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Lager und ihre Bestandteile sauber halten.
2. Prüfen, ob die Maße und die Ausführung der Teile für den gewünschten Zweck geeignet sind.
3. Die Lager vor schädlichen Substanzen wie Fremdkörpern und Feuchtigkeit schützen.
4. Die Lager entsprechend ihres gewünschten Zwecks und der spezifischen Betriebsbedingungen montieren.
5. Für den Ein- und Ausbau stets das richtige Werkzeug verwenden.
6. Vorsicht beim Ein- und Ausbau: Die Lager nicht beschädigen oder verformen.

7. Stets die vorgegebene Menge des geeigneten Schmiermittels verwenden.
8. Beim Umgang mit Lagern auf saubere, trockene Hände achten, um Flugrostbildung zu vermeiden. Nach Möglichkeit Handschuhe tragen.

Wenngleich nicht unbedingt besondere Vorrichtungen für den Umgang mit Lagern erforderlich sind, sollten die jeweils passenden Werkzeuge für die entsprechenden Montagebedingungen verwendet werden, um die Arbeit zu erleichtern und einen reibungslosen Ablauf zu ermöglichen. Auch die für den Aufbau und die Wartung zuständigen Ingenieure müssen im Umgang und den jeweiligen Montagethoden für den beabsichtigten Einsatzzweck der Lager eingewiesen sein. Wir bieten branchenspezifische Schulungen an. In diesen Seminaren behandeln wir die wichtigsten Themen, die diese Branche beeinflussen, zusammen mit gebräuchlichen Anforderungen, die sich aus der Arbeitsumgebung ergeben.



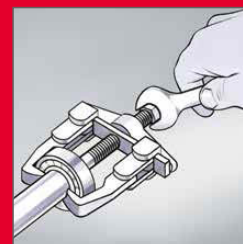
Halten Sie die Lager und deren Umgebung sauber!



Schützen Sie die Lager vor Korrosion!



Vorsicht bei der Handhabung!



Verwenden Sie geeignetes Werkzeug!

2. Montage

2.1 Wellenpassungen

Lager mit zylindrischer Bohrung werden üblicherweise durch Presspassung auf die Welle montiert. Zum Aufschieben der Innenringe ist eine relativ hohe Kraft erforderlich. Es sollte ein gewisses Übermaß bei der Passung vorgesehen werden. Dieses verhindert ein Lösen der Innenringe durch eine mögliche Aufweitung der Presspassung. Durch das Passen der Ringe wird die Lagerluft im Verhältnis zur Aufweitung verringert.

Bei Kegelrollenlagern lässt sich die Lagerluft nach der Montage anpassen, während dies bei Kugellagern und Zylinderrollenlagern nicht möglich ist. Daher müssen Lager mit ausreichender Lagerluft für das jeweilige Übermaß gewählt werden. Für die allgemeinen Betriebsbedingungen werden Lager mit dem Lagerluftbereich CN gefertigt. Wenn eine Übermaßpassung größer als die CN-Lagerluft ist, müssen Lager mit einer größeren Lagerluft (C3, C4 etc.) gewählt werden.

Im Allgemeinen lässt sich die Reduzierung der Lagerluft durch die Passung zwischen dem Innenring und der Welle durch die folgenden Gleichungen (1) und (2) ausdrücken:

Für gedrehte Wellen:

$$\delta_f = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+3} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (1)$$

Für geschliffene Wellen:

$$\delta_f = k \cdot \Delta d = k \cdot \frac{d}{d+2} \cdot \Delta d_a \dots \dots \dots (2)$$

Wobei

δ_f : Reduzierung der Lagerluft durch die Passung (mm)

Δd : Effektives Übermaß (mm)

Δd_a : Scheinbares Übermaß für die Messung (mm)

k : $d/D_i = 0,70$ bis $0,90$

d : Nennbohrung (mm)

D_i : Innerer Laufringdurchmesser (mm)

2. Montage

2.1 Wellenpassungen

Tabelle 1: Passungen von Radiallagern mit Wellen

Lastbedingungen	Beispiele	Wellendurchmesser (mm)			Wellen-toleranz	Anmerkungen	
		Kugellager	Zylinder- rollenlager Kegelrollenlager	Pendel- rollenlager			
Radiallager mit zylindrischen Bohrungen							
Umfangslast des Außenrings	Einfache axiale Verschiebung des Innenrings auf der Welle wünschenswert	Räder an feststehenden Achsen	Alle Wellendurchmesser			g6	Wo hohe Genauigkeit erforderlich ist, empfehlen sich die Werte g5 und h5. Im Falle von großen Lagern kann f6 verwendet werden, um eine leichte Axial- verschiebung zu ermöglichen
	Einfache axiale Verschiebung des Innenrings auf der Welle nicht notwendig	Spannrollen, Seilscheiben				h6	
Umfangslast des Innenrings oder unbestimmte Lastrichtung	Leichte Belastungen oder wechselnde Belastungen ($\leq 0,06 Cr^{(1)}$)	Elektrische Haushaltsgeräte, Pumpen, Gebläse, Transportfahrzeuge, Präzisionsmaschinen, Werkzeugmaschinen	≤ 18	-	-	js5	- k6 und m6 können für einreihige Kegelrollenlager und einreihige Schrägkugellager anstelle von k5 und m5 verwendet werden Größeres Lagerspiel als CN notwendig
			18-100	≤ 40	-	js6 (j6)	
			100-200	40-140	-	k6	
	Normale Belastungen (0,06 to 0,13 Cr ⁽¹⁾)	Allgemeiner Maschinenbau, mittlere und große Motoren, Turbinen, Pumpen, Motoren- hauptlager, Zahnradgetriebe, Holzbearbeitungsmaschinen	-	140-200	-	m6	
			≤ 18	-	-	js5-6 (j5-6)	
			18-100	≤ 40	≤ 40	k5-6	
			100-140	40-100	40-65	m5-6	
			140-200	100-140	65-100	m6	
			200-280	140-200	100-140	n6	
			-	200-400	140-280	p6	
-	-	280-500	r6				
Große Belastungen oder Stoßbelastungen ($> 0,13 Cr^{(1)}$)	Achslager für Züge, Industriefahrzeuge, Traktionsmotoren, Baugeräte, Brecher	-	-	> 500	r7		
		-	50-140	50-100	n6		
		-	140-200	100-140	p6		
Reine Axiallasten			Alle Wellendurchmesser		js6 (j6)	-	
Radiallager mit kegeligen Bohrungen und Hülsen							
Alle Belastungs- arten	Allgemeine Lageranwendungen		Alle Wellendurchmesser			h9/IT5	IT5 und IT7 bedeuten, dass die Abweichung der Welle von ihrer eigentlichen geometrischen z. B. runden oder zylindrischen Form innerhalb der Toleranzen IT5 bzw. IT7 liegen muss.
	Transmissionswellen, Holzbearbeitungsspindeln					h10/IT7	
Passungen von Axiallagern mit Wellen							
Nur zentrale Axialbelastung		Hauptantriebswellen von Drehbänken	Alle Wellendurchmesser			h6 or js6 (j6)	-
Kombinierte Radial- und Axialbelastungen (Axialpendel- rollenlager)	Feststehende Innenringbelastung	Kegelbrecher	Alle Wellendurchmesser			js6 (j6)	
	Rotierende Innenringbelastung oder unbestimmte Belastungsrichtung	Zellstoff-Refiner, Kunststoffextruder	≥ 200			k6	
			200 - 400			m6	
			> 400			n6	

Anm.: Diese Tabelle gilt nur für Stahl-vollwellen.
(1) Cr steht für die Grundbelastung des Lagers.

Tabelle 2: Gehäusepassungen

Belastungsbedingungen		Beispiele	Toleranzen für die Gehäusebohrungen	Achsenverschiebung des Außenrings	Anmerkungen	
Passungen von Radiallagern mit Gehäuse						
Einteilige Gehäuse	Umfangslast des Außenrings	Schwere Belastungen des Lagers in dünnwandigem Gehäuse oder schwere Stoßbelastungen	Autoradnaben (Rollenlager) Hochbahnkranräder	P7	Nicht möglich	-
		Normale oder schwere Lasten	Autoradnaben (Kugellager) Schüttelsiebe	N7		
		Normale oder unterschiedliche Lasten	Förderbandrollen Seilscheiben Spannrollen	M7		
Einteilige oder geteilte Gehäuse	Unbestimmte Lastrichtung	Schwere Stoßbelastungen	Fahrmotoren		K7	Normalerweise nicht möglich
		Normale oder schwere Lasten	Pumpen Kurbelwellenlager			
		Normale oder leichte Lasten	Mittlere und große Motoren	JS7 (J7)	Möglich	Axialverschiebung des Außenrings erforderlich
Einteilige Gehäuse	Umfangslast des Innenrings	Lasten aller Arten	Allgemeine Lageranwendungen Eisenbahnschlager	H7	Möglich	-
		Normale oder leichte Lasten	Lagergehäuse	H8		
		Hoher Temperaturanstieg des Innenrings durch die Welle	Trockenzylinder einer Papiermaschine	G7		
Einteilige Gehäuse	Unbestimmte Lastrichtung	Hohe Rundlaufgenauigkeit unter normaler oder leichter Belastung erwünscht	Kugellager für Schleifspindeln	JS6 (J6)	Möglich	Für hohe Belastungen wird eine straffere Passung als K verwendet. Bei hoher Genauigkeit, eingeengte Toleranzen für die Passung verwenden.
			Loslager für Zentrifugalschleifkompressoren			
			Vordere Schleifspindelkugellager	K6		
	Festlager für Zentrifugalschleifkompressoren					
	Umfangslast des Außenrings	Hohe Rundlaufgenauigkeit und hohe Steifigkeit bei verschiedenen Belastungen erwünscht	Zylinderrollenlager für die Werkzeugmaschinenhauptspindel	M6 oder N6	Fest	
Geräuscharme Betriebsbedingungen		Elektrohaushaltsgeräte	H6	Einfach möglich	-	
Passungen von Axiallagern mit Gehäuse						
Nur Axialbelastungen		Axialkugellager	Spiel > 0,25 mm	Für allgemeine Anwendungen		
			H8	Präzisionsanwendungen		
		Axialpendelrollenlager Axialkegelrollenlager	Außenring hat radiales Spiel	Radialbelastungen werden von anderen Lagern getragen		
Kombinierte Radial- und Axialbelastungen	Feste Außenringbelastungen	Axialpendelrollenlager	H7 oder JS7 (J7)	-		
			K7	Normale Belastungen		
	Rotierende Außenringbelastungen oder unbestimmte Belastungsrichtung		M7	Relativ schwere Radialbelastungen		

Anm.: (1) Diese Tabelle gilt für Gusseisen- und Stahlgehäuse. Für Leichtmetallgehäuse muss die Passung enger sein als in dieser Tabelle angegeben.
 (2) Weitere Passungsbeispiele entnehmen Sie bitte dem NSK-Hauptkatalog.

2. Montage

2.1 Wellenpassungen

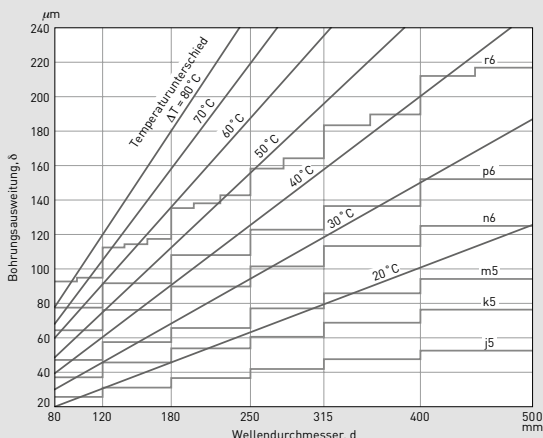
Tabelle 3: μ -Werte

Anwendungsbeispiel	μ -Wert (Durchschnitt)
Presspassung Innenring auf Zylinderwelle	0,12
Demontage Innenring von Zylinderwelle	0,18
Presspassung Innenring auf kegelliger Welle und Abziehhülse	0,165
Presspassung Innenring auf kegelliger Welle und Abziehhülse	0,135
Presspassung Hülse auf den Bereich zwischen Welle und kegelliger Lagerbohrung	0,30
Demontage Hülse von dem Bereich zwischen Welle und kegelliger Lagerbohrung	0,33

Tabelle 4: $(1-k^2)$ -Werte

D/d	$(1 - k^2)$
1,5	0,25
2,0	0,41
2,5	0,52
3,0	0,61
3,5	0,67

Abb. 1: Temperatur und Wärmeausdehnung des Innenrings



Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich etwa 70 bis 90 % des Passungsübermaß als Verringerung auf die Lagerluft auswirkt (bei der Durchmesserreihe 4 wird davon ausgegangen, dass der Einfluss der Lagerluftminderung geringer ist). Bei allgemeinen Betriebsbedingungen liegt der Temperaturunterschied zwischen den Innen- und Außenringen zwischen 5 °C und 10 °C. Bei einem Anstieg der Innenringtemperatur oder einer Abkühlung des Außenrings steigt dieser Temperaturunterschied jedoch. Formel für die Verringerung des Spiels aufgrund des Temperaturunterschieds zwischen Innen- und Außenring:

$$\delta_t = \alpha \cdot \Delta t \cdot D_e \dots \dots (3)$$

Wobei

δ_t : Verringerung des Radialspiels aufgrund des Temperaturunterschieds zwischen Innen- und Außenring (mm):

α : Linearer Ausdehnungskoeffizient des Lagerstahls $12,5 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$

Δt : Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenring ($^\circ\text{C}$)

D_e : Außenringlaufbahndurchmesser (mm)

Wälzlager = $\frac{1}{4} \cdot (3D + d)$

Kugellager = $\frac{1}{5} \cdot (4D + d)$

d: Nennbohrung (mm)

D: Nennbohrung Außendurchmesser (mm)

In **Tabelle 1** (Seite 8) und **2** (Seite 9) werden Beispiele dafür gegeben, inwiefern diese Passungen u. a. von den Belastungs- und Temperaturbedingungen abhängen. Lager mit C3- oder C4-Spiel (größer als CN-Spiel) müssen in Abhängigkeit von der Passung und den Temperaturbedingungen gewählt werden.

2. Montage

2.2 Aufschiebekraft und Anwärmtemperatur für feste Passungen

Die Montagekraft der Innenringe ist abhängig vom Wellendurchmesser und der gewählten Passung. Die aufzubringende Kraft wirkt als Flächenpressung und steigert dadurch den Reibungskoeffizienten. Bei sehr straffen Passungen ist es empfehlenswert den Innenring anzuwärmen. Dies kann im Ölbad oder induktiv erfolgen. In besonderen Fällen kann ein Aufpressen des Innenrings durch hydraulische Pressen erfolgen. Das Übermaß kann im Verhältnis zur Montagekraft gemessen werden. Die Flächenpressung p_m und die Montagekraft oder Abzugskraft der Passfläche, die auf eine Vollwelle angewendet werden, lässt sich durch die folgenden Gleichungen (4) und (5) ausdrücken:

$$p_m = \frac{1 - k^2}{2} \cdot \frac{\Delta d}{d} \cdot E \dots \dots \dots (4)$$

$$k = \mu p_m \cdot \pi \cdot d \cdot B$$
$$= \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot E \cdot \pi \cdot B \cdot (1 - k^2) \cdot \Delta d \dots (5)$$

Wobei

- k:** d/D_i
- d:** Nennbohrung (mm)
- D_i :** Innerer Laufringdurchmesser (mm)
- B:** Nennmaß Innenringbreite (mm)
- Δd :** Effektives Übermaß (mm)
- E:** Längenausdehnungskoeffizient = 208 000 MPa
- μ :** Reibungskoeffizient an der Passfläche

Die Reibung an der Passfläche hängt wesentlich von den Bedingungen der Passfläche ab. Allgemein gelten die in **Tabelle 3** aufgeführten μ -Werte. Auch der Wert $(1 - k_2)$ bezüglich des jeweiligen D/d -Verhältnisses zwischen dem Außendurchmesser und dem Bohrungsdurchmesser des Lagers lässt sich näherungsweise wie in **Tabelle 4** dargestellt ausdrücken. So wird die Montagekraft zum Aufpressen eines Innenrings auf die Welle berechnet. Häufig ist es jedoch einfacher den Innenring zu montieren, nachdem er im Ölbad erwärmt

wurde. Wenngleich die anzuwendende Temperatur je nach Übermaß und Wellendurchmesser unterschiedlich sein kann, darf die Erwärmung des Lagers auf über 120 °C nicht erfolgen. Die Härte des Lagers nimmt ab 150 °C ab. **Abb. 1** zeigt das Verhältnis zwischen der Ausweitung der Bohrung und dem Wellendurchmesser sowie die erforderlichen Erwärmungstemperaturunterschiede und das maximale Übermaß verschiedener Passungen.

Um eine gefahrlose Montage zu gewährleisten, ist die anzustrebende Temperatur 20 - 30 °C höher anzusetzen als die Vorgabe in der Tabelle. Meistens wird zur Erwärmung des Lagers ein Eintauchen in Öl für 20 Minuten empfohlen. Bei der Montage eines Lagers mit einer Bohrung von 120 mm mit der Passung n6 beträgt das maximale Übermaß 65 µm. In diesem Fall liegt die vorgegebene Erwärmungstemperatur, wie aus **Abb. 1** hervorgeht, bei Raumtemperatur +50 °C, während die Temperatur für ein einfaches Aufpressen auf die Welle um weitere 20 °C bis 30 °C erhöht werden muss. Daraus ergibt sich eine erforderliche Erwärmungstemperatur von Raumtemperatur +70 °C bis +80 °C.

Die Montagekraft und der Schrumpfsitz für die feste Passung wurden bereits kurz angesprochen. Ein zu großes Übermaß kann zu einer anormalen Beanspruchung im Innenring führen, die sein Reißen bzw. seine Beschädigung zufolge haben kann. Die Zugspannung des Innenrings ist am Umfang der in seinen Innendurchmesser eingepassten Fläche am größten. Ihr Wert lässt sich durch die nachfolgende Gleichung (6) ausdrücken:

$$\sigma_{tmax} = p_m \cdot \frac{1 + k^2}{2} \dots \dots \dots (6)$$

Wobei

- p_m :** Druck an der Passfläche (MPa)
- k:** d/D_i

Im Allgemeinen sollte ein Sitz gewählt werden, dessen maximale Beanspruchung bei 98 MPa oder weniger für Lagerstahl bzw. im ungünstigsten Fall bei 127 MPa oder weniger liegt.

2. Montage

2.3 Montage von Lagern mit zylindrischer Bohrung

Der Innenring wird normalerweise entweder durch Presspassung oder durch Schrumpfsitz auf einer Welle montiert. Für die Presspassung ist eine große Kraft erforderlich. Die für die Presspassung erforderliche Kraft lässt sich durch die vorgenannte Gleichung (5) (Seite 11) bestimmen.

Bei der Montage der Innenringe sind folgende Punkte zu beachten. Es darf niemals die Montagekraft vom Außenring über die Wälzkörper zum Innenring wirken. Die aufzuwendende Kraft kann in den Laufbahnen durch die Wälzkörper plastische Verformungen erzeugen, die das Lager sofort unbrauchbar machen. Es sollte keine Kraft auf den dünnen Bord des Innenrings einwirken, da dieser brechen kann. Es dürfen niemals Montagekräfte über den Käfig eingeleitet werden.

Da für kleine bis mittlere Lager mit einem geringen Übermaß nur eine geringe Presspasskraft nötig ist, kann der Innenring bei Raumtemperatur auf die entsprechende Welle für die Lager aufgedrückt werden. Unter Zuhilfenahme eines gratfreien Messingdorns kann das Lager durch kreuzweise angewendete, leichte Schläge auf die Welle getrieben werden (**Abb. 2**). Es ist darauf zu achten, dass keine Partikel vom Montagewerkzeug ins Lager gelangen.

Eine wirksamere Methode arbeitet mit einem rohrförmigen Montagewerkzeug (**Abb. 3**) aus weichem Stahl, das die gesamte Seite des Innenrings berührt. Mit diesem Werkzeug lässt sich das Einpassen so vornehmen, dass eine hohe Montagekraft wirkt, aber keine Beschädigung am Ring entstehen kann. Mit einer Presse wird das parallele Aufschieben erleichtert und der richtige Einpassdruck zum Montieren wird einfacher erreicht. Hierbei können anhand des Montagedrucks die Passungsverhältnisse überprüft werden und eine zu lose wie zu stramme Passung festgestellt werden.

Vor der Einpassarbeit sollte ein Öl mit hoher Viskosität, am besten ein Hochdruckschmierstoff, auf die Innenseite des Innenrings und auf die Außenseite der Welle aufgetragen werden. Bei Verwendung spezieller Montagepasten kann

Riefenbildung bei der Montage verhindert werden. Die Montage bzw. Demontage wird dadurch erleichtert.

Der Schrumpfsitz empfiehlt sich als einfache Montage- methode für Lager mit einem engeren Übermaß. Die Erwärmungstemperatur lässt sich je nach Lagergröße und erforderlichem Übermaß aus **Abb. 1** (Seite 10) entnehmen. Als Anwärmöl ist ein hochwertiges Mineralöl zu verwenden.

Das Ölbad muss groß genug sein, um zwei bis fünf Lager aufzunehmen, und genug Öl enthalten, um die Lager ganz zu bedecken. In der **Abb. 4** wird ein exemplarischer Aufbau eines Ölbades dargestellt. Geben Sie die Lager auf einem Drahtgitter o. ä. in das Ölbad, damit sie nicht in direkten Kontakt mit der Heizung oder dem Wannenboden gelangen. Für eine einfache Handhabung legen Sie eine lange Stange mit einem Haken, an den die Lager gehängt werden, quer über das Ölbad.

Werden Zylinderrollenlagerinnenringe mit fester Passung für Walzwerke oder Achsenlager in Schienenfahrzeugen verwendet, ist eine höhere Kraft für das Ein- bzw. Ausbauen erforderlich. Die erforderliche Montagekraft, bei nicht angewärmten Lagerinnenringen, kann zu Beschädigungen der Lagerbohrung bzw. im Lagersitzbereich führen. Empfehlenswert ist es, Zylinderrollenlager ohne Borde induktiv zu erwärmen. Dies garantiert eine schnelle und beschädigungsfreie Montage wie Demontage.

NSK hat verschiedenste induktive Anwärmgeräte^(*) entwickelt. Die Größe und Leistung der Anwärmgeräte ist abhängig von dem zu erwärmenden Lager. Diese Anwärmgeräte sind für den Einsatz in Werkstätten konzipiert und lassen sich an die gebräuchlichen Wechselstromnetze anschließen. Exemplarisch ist in **Abb. 5** ein mobiles Anwärmgerät für kleine Wälzlager dargestellt.

Lageringe, die im warmen Zustand montiert wurden, schrumpfen beim Abkühlen und sorgen somit für einen festen Sitz auf der Welle. Da die Ringe auch in der Breite schrumpfen, kann es zu Spaltbildung zwischen den Anlagekanten kommen. Aus diesem Grund ist es erforderlich,

die Ringe während des Abkühlens gegen die Anlagekante zu verspannen. Lassen Sie das Lager nach der Montage abkühlen und schützen Sie das Lager vor Flugrostbildung durch das Auftragen eines geeigneten Öls. Achten Sie an dieser Stelle darauf, dass das Lager frei von Verunreinigungen ist. Nach der Montage der Lager sollte üblicherweise eine gewisse Lagerluft vorhanden sein. Ausnahmen sind Lagerungen, die mit Vorspannung montiert wurden. Ein leichtes Durchdrehen des Lagers weist auf eine vorhandene Lagerluft hin. Die Lagerluft in einem Rollenlager kann mit einer Fühlerblattlehre gemessen werden.

Bei den allgemein gebräuchlichen Zylinderrollenlagern lässt sich der Innenring vom Außenring trennen. In diesem Fall sollten die Lagerteile einzeln montiert werden. Beim nachträglichen Fügen der Außenringe auf die Innenringe ist mit größter Sorgfalt vorzugehen. Ein leichtes Verkanteten kann zu Beschädigungen in der Laufbahn oder an den Wälzkörpern führen. Im Idealfall wird unter leichtem Drehen ohne großen Kraftaufwand montiert. Ein auf diese Weise beschädigtes Lager kann ein erhöhtes Betriebsgeräusch verursachen oder sogar vorzeitig ausfallen. Desweiteren ist darauf zu achten, dass nur zueinander passende Lagerteile zusammengesetzt werden. Ist konstruktiv bedingt eine lose Passung notwendig, sollte das Passungsspiel so gering wie möglich ausgewählt werden. Für die Innenringpassung von Axiallagern werden üblicherweise die Toleranzen js6 vorgesehen, um ein gewisses Spiel zu ermöglichen. Ausnahmen hierzu sind Werkzeugmaschinen-spindeln, die durch ihre hohe Anforderung an die Genauigkeit strammer gepasst werden.

Abb. 2: Lagermontage

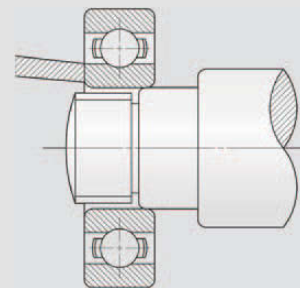


Abb. 3: Lagermontage

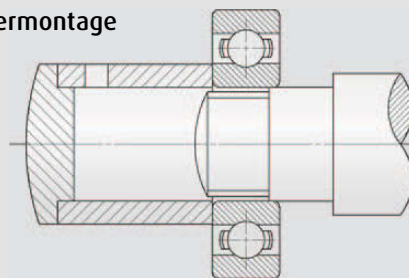


Abb. 4: Ölbad

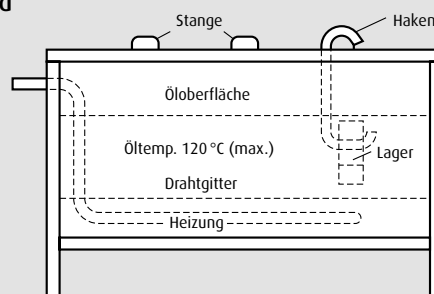


Abb. 5: Induktives Anwärmgerät



(*) Kein Vertrieb von NSK Anwärmgeräten in Europa.

2. Montage

2.4 Montage von Lagern mit kegeliger Bohrung

Lager mit kegeliger Bohrung werden entweder mit Hilfe von Spannhülsen oder Abziehhülsen oder direkt auf Konuswellen montiert. Die Passung wird durch die Reduzierung des Spiels und das Einpassmaß der Hülsen (oder Lager) bestimmt. Für Pendelrollenlager wird die Abnahme der Lagerluft während der Montage mit einer Fühlerblattlehre gemessen. Die Reduktion der Lagerluft und der Betriebsluft nach der Montage ist in **Tabelle 5** dargestellt.

Pendelrollenlager mit kegeliger Bohrung werden üblicherweise in der Lagerluftklasse C3 gefertigt. Die Verschiebung und die Lagerluftreduzierung kann in der **Tabelle 5** nachgelesen werden. In manchen Fällen wird die Axialverschiebung des Innenrings oder der Hülse gemessen, anstatt direkt die Lagerluftverminderung zu messen. Da der Startpunkt der Messposition jedoch schwer zu bestimmen ist, ist die direkte Messung der Lagerluft mit einer Fühlerblattlehre sicherer.

Die Lagerluftmessung an kleinen Pendelrollenlagern kann teilweise mit einer Fühlerblattlehre nicht bestimmt werden. In diesem Fall wird die Lagerluft über den Aufschiebeweg bestimmt. Bei großen Lagern, die nur durch Anwärmen montiert werden können, muss die Lagerluft durch den Aufschiebeweg bestimmt werden. In diesem Fall sollte das Lager zunächst auf die Welle montiert werden, um die Ausgangsposition zu bestimmen. An dieser Position kann die Lagerluft vor der Montage bestimmt werden. Die endgültige Lagerluft wird dann über den Verschiebeweg (**vgl. Tabelle 5**) im erwärmten Zustand eingestellt. Die eingestellte Lagerluft sollte nach dem Abkühlen dann nochmals mit einer Fühlerblattlehre kontrolliert werden.

Tabelle 5: Montage von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung

Lagerbohrung d		Reduzierung der Radiallagerluft		Axiale Verschiebung				Kleinste zulässige Lagerluft	
				Kegel 1:12		Kegel 1:30			
über	bis einschl.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	CN	C3
30	40	0,025	0,030	0,40	0,45	—	—	0,010	0,025
40	50	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—	0,015	0,030
50	65	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—	0,025	0,035
65	80	0,040	0,045	0,60	0,70	—	—	0,030	0,040
80	100	0,045	0,055	0,70	0,85	1,75	2,15	0,035	0,050
100	120	0,050	0,060	0,75	0,90	1,90	2,25	0,045	0,065
120	140	0,060	0,070	0,90	1,10	2,25	2,75	0,055	0,080
140	160	0,065	0,080	1,00	1,30	2,50	3,25	0,060	0,100
160	180	0,070	0,090	1,10	1,40	2,75	3,50	0,070	0,110
180	200	0,080	0,100	1,30	1,60	3,25	4,00	0,070	0,110
200	225	0,090	0,110	1,40	1,70	3,50	4,25	0,080	0,130
225	250	0,100	0,120	1,60	1,90	4,00	4,75	0,090	0,140
250	280	0,110	0,140	1,70	2,20	4,25	5,50	0,100	0,150
280	315	0,120	0,150	1,90	2,40	4,75	6,00	0,110	0,160
315	355	0,140	0,170	2,20	2,70	5,50	6,75	0,120	0,180
355	400	0,150	0,190	2,40	3,00	6,00	7,50	0,130	0,200
400	450	0,170	0,210	2,70	3,30	6,75	8,25	0,140	0,220
450	500	0,190	0,240	3,00	3,70	7,50	9,25	0,160	0,240
500	560	0,210	0,270	3,40	4,30	8,50	11,00	0,170	0,270
560	630	0,230	0,300	3,70	4,80	9,25	12,00	0,200	0,310
630	710	0,260	0,330	4,20	5,30	10,50	13,00	0,220	0,330
710	800	0,280	0,370	4,50	5,90	11,50	15,00	0,240	0,390
800	900	0,310	0,410	5,00	6,60	12,50	16,50	0,280	0,430
900	1.000	0,340	0,460	5,50	7,40	14,00	18,50	0,310	0,470
1.000	1.120	0,370	0,500	5,90	8,00	15,00	20,00	0,360	0,530

Anm.: Die Werte für die Verringerung der Radiallagerluft gelten für Lager mit CN-Luft.
Bei Lagern mit C3-Luft sollten die aufgeführten Maximalwerte für die Reduzierung der Radiallagerluft verwendet werden.

2. Montage

2.5 Montage in Gehäusen

Lager werden normalerweise nach der Montage auf einer Welle in Gehäusen eingesetzt. Die Montageverfahren und Vorsichtsmaßnahmen hängen u. a. von Faktoren wie dem Gehäuseaufbau, dem Sitz und der Anordnung der horizontalen und vertikalen Wellen

ab. Die allgemeinen Angaben in diesem Abschnitt gelten für alle Anwendungen. Der Sitz zwischen dem Gehäuse und dem Außenring wird auf Grundlage der Belastungsbedingungen, der Oberflächenrauheit, der Materialhärte bestimmt. Wenn der Ist-Sitz jedoch fester ist als der vorgegebene Soll-Wert, muss dieser nachgearbeitet werden. Wenn sich ein Gehäuse nur mit Hilfe eines handgeführten Schleifers bearbeiten lässt, muss größte Sorgfalt darauf gelegt werden, dass der Lagersitz nicht oval oder schräg verformt wird.

Bei einem zweigeteilten Gehäuse muss darauf geachtet werden, dass die Trennfugen frei von Verschmutzung und Grat sind. Sonst könnte sich ein zu loser Lagersitz einstellen. Ein Unterfüttern des Lagersitzes mit Blechstreifen sowie Papier ist nicht zulässig. Sollte ein Lagersitz nicht das erforderliche Passmaß erreichen, muss dieser soweit nachgearbeitet werden, dass eine Reduzierhülse eingelegt werden kann, die die Anforderungen der Lagerung erfüllt.

Bei der Montage eines Gehäuses dürfen keine Labyrinthdichtungen oder andere Komponenten aneinander reiben. Ergreifen Sie die entsprechenden Maßnahmen, um eine zu starke Radial- bzw. Axialbelastung des Lagers aufgrund einer unsachgemäßen Montage oder durch eine defekte Dichtung zu verhindern. In einem Lagersystem sollte nur ein Lager als Festlager konzipiert sein. Die montierten Lager müssen zueinander fluchten. Wählen Sie für das Festlager einen Lagertyp, der sowohl für radiale als auch für axiale Beanspruchungen geeignet ist.

Die weiteren Lager auf dieser Welle werden als Loslager ausgeführt. Dies ist notwendig um Temperatureinflüsse, die ein Ausdehnen der Welle verursachen, zu kompensieren. Des weiteren können leichte Fluchtungsfehler in axialer Richtung ausgeglichen werden. Diese Lager können üblicherweise nur Radialkräfte übertragen. Kann die Längenausdehnung nicht durch die konstruktive Gestaltung der Lagerstelle ausgeglichen werden, kommt es zu vermehrten Lagerschäden. Zylinderrollenlager (Bauform NU oder N) können leichte Axialverschiebungen zwischen dem Innenring und dem Außenring ausgleichen. Diese Lager sind bevorzugt als Loslager zu verwenden. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die Zerlegbarkeit der Lager eine einfache Montage bzw. Demontage erfolgen kann.



Wird eine Loslagerfunktion benötigt, muss bei Lagern, die keine Axialverschiebung im Lager aufnehmen können, eine Passung als Spielpassung ausgelegt werden. Ob der Innen- oder Außenring lose gepasst wird, ist abhängig von den Betriebsbedingungen (vgl. **Tabelle 1** und **2**, Seite 8 und 9). Bei geringem Lagerabstand ist der Einfluss aus der Wellendehnung sehr gering. In diesem Fall empfiehlt es sich, Lager zu verwenden, die Axialkräfte in einer Richtung übernehmen können. Üblicherweise werden Schrägkugellager oder Kegelrollenlager in O- oder X-Anordnung verwendet. Das Axialspiel muss während der Montage eingestellt werden.

Verwenden Sie für die Montage eines Außenrings mit festem Sitz eine Einschlaghülse aus Weichstahl, wie das in **Abb. 7** gezeigte. Wenn Außen- oder Innenring mit einer festen Passung montiert werden sollen und der Innenring bereits an der Welle bzw. der Außenring schon am Lagergehäuse angebracht wurden, sind Werkzeuge wie in **Abb. 8** und **Abb. 9** dargestellt zu verwenden. Damit werden mögliche Auswirkungen der Presspassung über die Wälzkörper auf den Lagerring verhindert. Es ist sicherzustellen, dass kein Montagehilfsmittel die verwendeten Lagerdichtungen beschädigen kann. Ebenfalls ist eine Freigängigkeit der Dichtungen nach der Montage zu prüfen.

Abb. 6: Festlager (links) und Loslager (rechts)

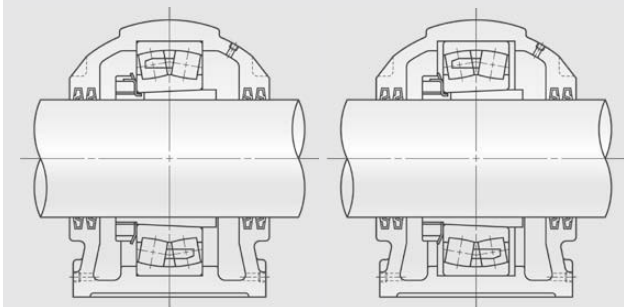


Abb. 7: Presspassung des Außenrings

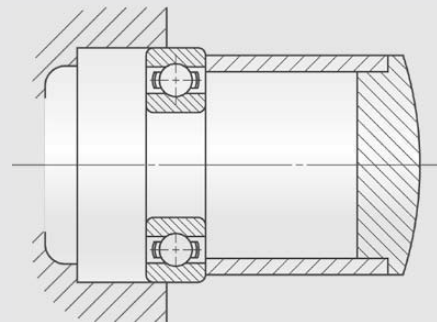


Abb. 8: Presspassung des Außenrings

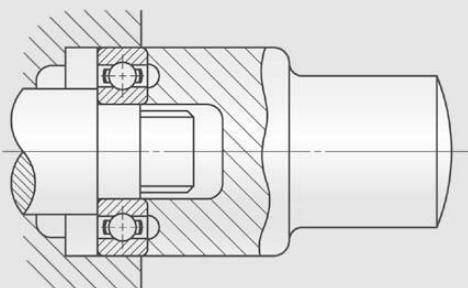
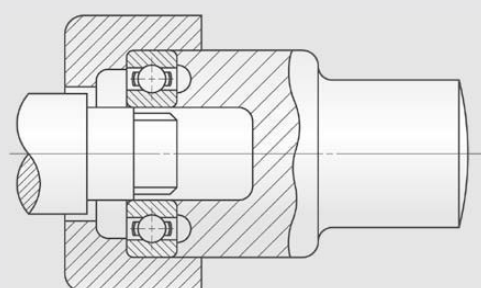


Abb. 9: Presspassung des Innenrings



2. Montage

2.6 Montage mit Vorspannungen

Abb. 10: Presspassung durch Schraube

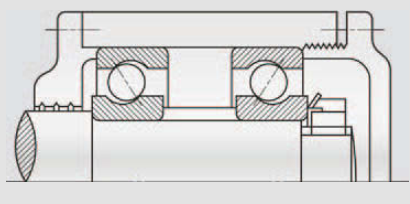


Abb. 11: Vorspannung durch Feder

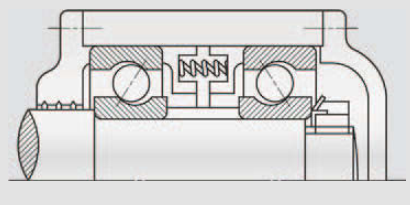


Abb. 12: Vorspannung durch Abstandhalter (bei Loslagern)

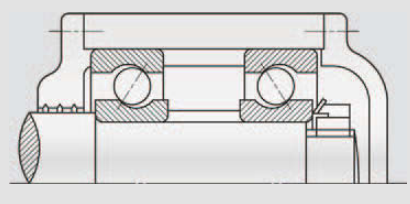
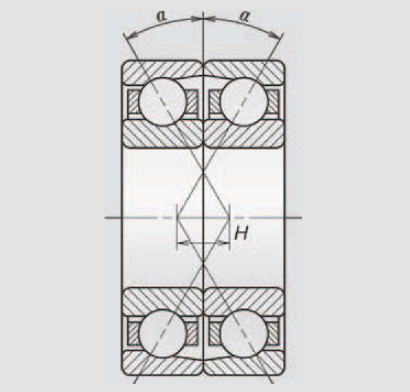


Abb. 13: X-Anordnung



Vorspannung für Radiallager

Schrägkugellager und Kegelrollenlager müssen je nach Einsatzbedingungen vorgespannt werden. Unter Vorspannung wird die Kraft verstanden, die zwischen den gepaarten Lagern bei der Montage eingestellt wird. Sie beinhaltet nicht die Kräfte, die von außen auf die Lagerung wirken. Durch diese Vorspannung soll die Wellendurchbiegung in radialer oder axialer Richtung während des Betriebs minimiert und innerhalb des zulässigen Toleranzbereichs gehalten werden. Der Einbau mit Vorspannung ist ein äußerst wirksames Mittel zur Verringerung des Durchbiegens. Es darf jedoch unter keinen Umständen eine größere Vorspannung als notwendig auf ein Lager angewendet werden. In diesem Sinne müssen der Wert und das Anwendungsverfahren stets genau eingehalten werden, um mit Blick auf das Ziel Fehler zu vermeiden. In

Abb. 10 wird an zwei Rillenkugellagern exemplarisch dargestellt, wie eine Vorspannung der Außenringe erfolgen kann. Die Außenringe werden durch einen einschraubbaren Deckel in axialer Richtung verspannt. Diese Montagemethode ist zwar einfach, aber ein zufriedenstellendes Ergebnis lässt sich nur von einem vorsichtig vorgehenden und geschickten Arbeiter erreichen. Außerdem ist die Vorspannung mit diesem Verfahren schwer messbar. Darum müssen das Ausgangsreibungsmoment und die Vorspannung des Lagers vorher bekannt sein. Je geringer die Belastung des Lagers während des Betriebes ist, um so geringer muss die Vorspannung bei der Montage sein. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, die Lagervor-

spannung mit Hilfe einer Feder vorzunehmen (s. Abb. 11). Bei dieser Vorspannmethode lässt sich die Größe und die Kompression der Feder aus der Vorspannung bestimmen. Es werden mehrere Federn mit der entsprechenden Größe am Umfang angebracht. In vielen Fällen führt die Vorspannung durch Federn zu einer Abnahme der radialen Durchbiegung.

Wie in Abb. 12 dargestellt ist das Vorspannen eines Lagers mithilfe von Distanzringen, die zwischen den Außen- und Innenringen eingefügt werden, eine äußerst sinnvolle Methode. Dieses Vorgehen erleichtert die Montage und stellt sicher, dass die gewünschte Vorspannung erreicht wird. Durch die fertigungsbedingte Breitenschwankung der Lager, sowie die unterschiedlichen, auf den jeweiligen Anwendungsfall ausgelegten Lagerlüfte, werden individuell angepasste Distanzringe benötigt. Ein Anpassen der Ringe zu dem jeweiligen Lagerpaar ist zwingend erforderlich. Die Ringe sind nicht untereinander austauschbar. Einreihige Schrägkugellager werden nicht einzeln genutzt, sondern nur paarweise. Sie können in X-Anordnung (DF) wie in Abb. 13 dargestellt, oder O-Anordnung (DB) wie in Abb. 14 dargestellt, verwendet werden. Bei der Montage eines Lagersatzes, wie in Abb. 15 gezeigt, wird der dargestellte Spalt „a und b“ zwischen den Ringen eliminiert. Dadurch ergibt sich ein Wert der Einfederung für beide Lager. Somit wirkt eine Vorspannung auf jedes der beiden Lager. Handelt es sich um Lager der gleichen Baugröße und Ausführung, sind die Werte für a und b gleich groß.

Gepaarte Lager, an denen schon die benötigte Vorspannung eingestellt ist, brauchen bei der Montage nur fest verspannt zu werden. Das Verhältnis zwischen Axialkraft und Einfederung von einreihigen Schrägkugellagern lässt sich näherungsweise durch die nachfolgende Gleichung (7) ausdrücken:

$$\delta_a = \frac{4,4 \cdot 10^{-4}}{\sin \alpha} \cdot \left(\frac{Q^2}{D_a} \right)^{1/3} \dots \dots \dots (7)$$

Wobei

- δ_a : Einfederung (mm)
- Q: Auf eine Kugel einwirkende Belastung (N)
- α : Kontaktwinkel
- D_a : Kugeldurchmesser (mm)

Die Wälzkörperbelastung **Q** einer Kugel kann bestimmt werden, wenn man die Axialkraft **T** und die Anzahl der Kugeln **Z** in der folgenden Gleichung (8) einsetzt:

$$Q = \frac{T}{Z \sin \alpha} \dots \dots \dots (8)$$

Damit lässt sich die axiale Einfederung δ_a , durch die nachfolgende Gleichung ausdrücken:

$$\delta_a = C_a \cdot T^{2/3} \dots \dots \dots (9)$$

C_a ist eine Konstante, die durch die jeweilige Art und Größe des Lagers bestimmt wird. In **Abb. 16** lässt sich das Spiel **a** und **b**, zwischen den Lagern durch die axiale Vorspannung (δ_a) ausdrücken. Mit der Zunahme der Vorspannung nimmt das Spiel **a** und **b** ab, und die Vorspannung wird zur Axialkraft T_1 , nachdem das Spiel zwischen den Lagern herausgedrückt wurde. Wenn die Axial-

kraft **T** extern auf das Lager **A** einwirkt, wird δ_a ferner durch δ_i in axialer Richtung eingefedert. Die Vorspannung von Lager **B** nimmt linear um den gleichen Wert ab. Damit ergeben sich folgende Werte für die Vorspannung von **A** und **B**:

$$\delta_{aA} = \delta_a + \delta_i, \quad \delta_{aB} = \delta_a - \delta_i$$

Genauer gesagt beträgt die Kraft, einschließlich der Vorspannung, die auf Lager **A** einwirkt: **(T1+T-G)**, und auf Lager **B** wirkt **(T1-G)**.

Wenn nur δ_i bei axialer Belastung **T** einfedert und ein Lager nicht vorgespannt wurde, lässt sich die resultierende Abnahme der Vorspannung des einen Lagers durch das Vorspannen des anderen Lagers wie folgt ausdrücken: $(\delta_i - \delta_a)$. Außerdem gilt, wenn $G = T_1$ oder $\delta_i = \delta_a$, nimmt die Vorspannung des Lagers **A**, δ_{aA} bei unbelastetem Lager **B** folgenden Wert an:

$$\delta_{aA} = 2\delta_a = 2C_a T_1^{2/3} = C_a (2^{3/2} T_1)^{2/3} \dots \dots (10)$$

Wenn die auf Lager **A** einwirkende Kraft $G=T_1$ entspricht, gilt zudem folgende Gleichung:

$$T_1 + (T - G) = G + (T - G) = T \dots \dots \dots (11)$$

Aus den Gleichungen (9), (10) und (11) ergibt sich schließlich:

$$\delta_{aA} = C_a \cdot T^{2/3} = C_a (2^{3/2} T_1)^{2/3} \dots \dots (12)$$

Das bedeutet: $T = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot T_1$

Für die Auslegung vorgespannter Lager muss die zusätzliche Axialbelastung **(T₁ + T - G)** in der Lagerauslegung berücksichtigt werden, damit die Lager den Betriebsbedingungen standhalten können.

Abb. 14: 0-Anordnung

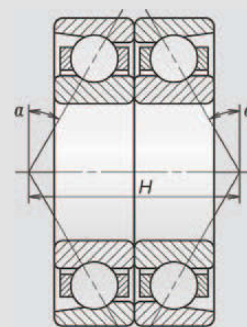


Abb. 15: Vorspannungswert

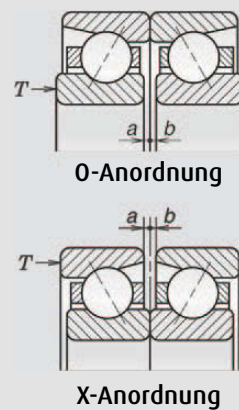
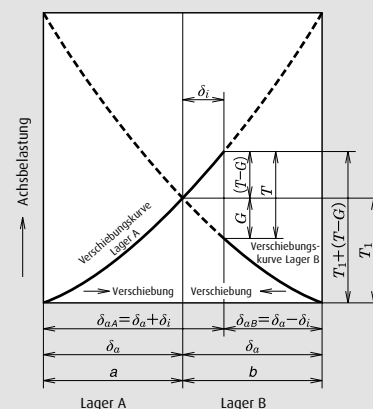


Abb. 16: Axialverschiebung mit Vorspannung



2. Montage

2.6 Montage mit Vorspannungen

Abb. 17: Starre Vorspannung von Axialkugellagern

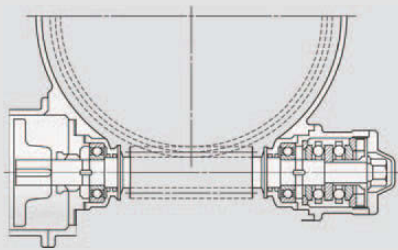


Abb. 18: Federvorgespannte Axialkugellager

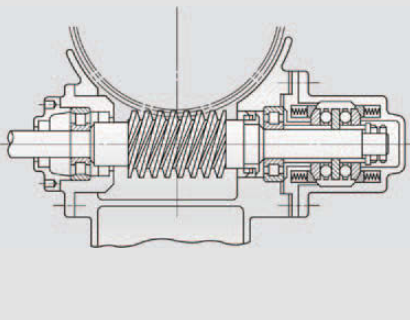
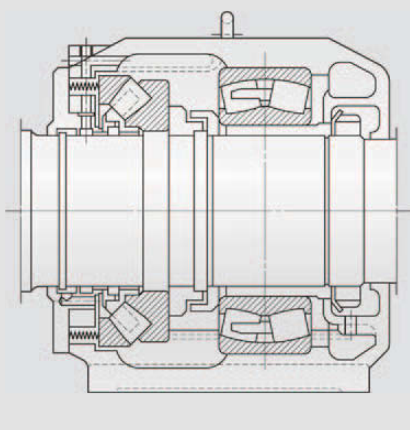


Abb. 19: Federvorgespannte Axialpendelrollenlager



Vorspannung für Axiallager

Für die Montage der Axiallager ist es besonders wichtig, dass die Kugeln oder Wälzkörper genau in der Laufbahn positioniert werden. Wird auf horizontal ausgerichteten Wellen montiert, kann ein Verrutschen der Kugeln oder der Wälzkörper aus der Laufbahn die Lager bei der Montage beschädigen. Eine Vorspannung ist für die Axiallager besonders wichtig. In einem nicht vorgespannten Lager besteht die Möglichkeit, dass die unbelastete Kugel-Wälzkörperreihe sich aus der Mittenlage verschiebt. Ein Lastwechsel bewirkt üblicherweise, dass sich die Lagerteile wieder zentrieren. Durch das Zurückschieben der Lagerteile in ihre Mittenlage wird Wärme erzeugt. Der Versatz der Kugeln oder Wälzkörper und Ringe kann zusätzlich zu einer ungleichmäßigen Einwirkung der Belastung führen. Dadurch können einzelne Wälzlagerteile überlastet werden und vorzeitig ausfallen. Aus diesem Grund ist eine Vorspannung der Lager notwendig.

Wie bei den Radiallagern kann das Vorspannen starr oder mit Federn erfolgen. **Abb. 17** und **Abb. 18** zeigen Beispiele für diese Anwendungen. Da das zuerst genannte Vorgehen jedoch eine schwierige Einstellung mit sich bringt und Erfahrung erfordert, ist die zuletzt genannte Methode mit einer Feder einfacher und führt üblicherweise zu besseren Ergebnissen. Diese Vorspannmethode funktioniert nicht nur mit Axialkugellagern, sondern auch mit Axialrollenlagern wie in **Abb. 19** dargestellt.

Wenn die Kugeln in Axialkugellagern sich relativ schnell drehen, kann ein Herausdriften aufgrund von Zentrifugalkräften an den Kugeln eintreten. Um ein solches Herausdriften zu vermeiden, muss der jeweils höhere der beiden Werte der nachfolgenden Gleichungen (13) und (14) als Mindest-Axialbelastung eingesetzt werden.

$$F_a \text{ min} = \frac{C_{0a}}{100} \cdot \left(\frac{n}{N_{\text{max}}} \right)^2 \dots \dots (13)$$

$$F_a \text{ min} = \frac{C_{0a}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

Wobei

- F_a min:** Mindestaxialbelastung (N)
- C_{0a}:** Statische Tragzahl (N)
- n:** Drehzahl (min-1)
- N_{max}:** Maximale Drehzahl (Ölschmierung) (min-1)

Wenn Axialpendelrollenlager verwendet werden, können durch die Zentrifugalkräfte zwischen den Rollen und den Außenringen Schäden wie Riefenbildung durch Gleiten entstehen. Die notwendige Axialkraft F_a min, um ein solches Herausdriften zu vermeiden, ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$F_a \text{ min} = \frac{C_{0a}}{1000} \dots \dots \dots (14)$$

2. Montage

2.7 Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen für die Montage

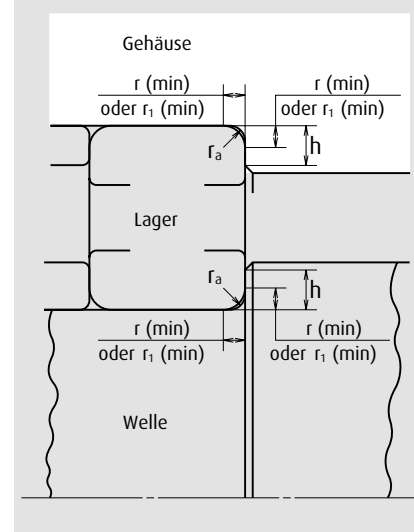
Um ein Radiallager auf eine Welle zu montieren, muss üblicherweise das Lager spielfrei an den Wellenabsatz oder Abstandhalter geschoben und durch Festziehen der Wellenmutter befestigt werden. Die Enden der Wellenabsätze und des Abstandhalters müssen senkrecht zur Wellenmittellinie ausgeführt sein. Wenn die Teile nicht senkrecht zueinander stehen, wird die Rundlaufgenauigkeit des Lagers und der Wälzkontakt beeinträchtigt, was zu Wärmebildung und vorzeitigem Verschleiß führt. Es muss auch darauf geachtet werden, einen guten Kontakt zwischen den Gehäuseabsätzen und der Seitenfläche der Außenringe herzustellen. Da die Höhe des Wellenabsatzes, sowie der Außendurchmesser der Abstandhalter bzw. die Höhe des Gehäuseabsatzes eng mit der Lagermontage zusammenhängen, werden ihre jeweiligen Standardmaße in dem JIS sowie in unseren entsprechenden Katalogen angegeben. Neben diesen Durchmessern ist auch der Kantenradius an den Wellen- und Gehäusen wichtig. In **Tabelle 6** (Seite 22) sind die Werte für diese Durchmesser und Kantenradien angegeben.

Die Gehäusescheiben von Axialkugellagern werden normalerweise mit Spiel zwischen den Scheiben und dem Gehäuse eingesetzt. Eine Ausnahme bilden die Hauptantriebswellen von Werkzeugmaschinen. Für Axialkugellager mit zylindrischem Sitz muss durch höchste Genauigkeit, wie oben beschrieben, sichergestellt werden, dass die Wellen und die Gehäuseabsätze senkrecht

zueinander stehen. Bei der Montage ist zudem genau auf die Exzentrizität zu achten. Möglicherweise sind für eine bessere Gesamtpräzision einer Maschine Lager mit einer höheren Genauigkeitsklasse erforderlich. Zudem ist die Genauigkeit der Wellen, des Gehäuses und anderen damit zusammenhängenden Teilen im Sinne des Rundlaufes zu überprüfen. Die Ungenauigkeit relevanter Teile ist eine häufige Ursache von Lagerschäden.

Ferner ist es allgemein für eine sachgemäße Montage wichtig, dass die Lager und die entsprechenden Teile möglichst sauber gehalten werden. Das heißt, sie sollten möglichst in einer trockenen, staubfreien Umgebung montiert werden. Nutzen Sie gegen Korrosion nach Möglichkeit Sprühöl. Bitte überprüfen Sie jedes Bauteil vor der Montage. Besonderes Augenmerk ist auf die Abmessung wie Form und Lagertoleranz zu achten. Werden gedichtete Lager eingesetzt, ist sicherzustellen, dass die Dichtung nicht in Kontakt mit der Umgebungsstruktur kommt. Die Arbeitsumgebung sowie die Hände sollten sauber und trocken sein, so dass keine Fremdkörper/Feuchtigkeit ins Lager dringen können. Die Montage sowie die Lagerluftbestimmung wurden schon besprochen. Ein gut vorbereiteter Arbeitsplatz erleichtert die Arbeit. Wenn gewünscht sollten Einstellungswerte schriftlich festgehalten werden.

Abb. 20: Gehäuse und Wellenradien sowie Schulterdurchmesser



2. Montage

2.7 Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen für die Montage

Tabelle 6: Empfohlene Anschlussmaße für Welle und Gehäuse für metrische Radiallager

Nennmaß Kantenkürzung r (min) oder r ₁ (min)	Welle oder Gehäuse		
	Übergangsradius r _a (max)	Schulterhöhe h (min)	
		Rillenkugellager ⁽¹⁾ , Pendelkugellager, Zylinderrollenlager ⁽¹⁾ , einteilige Nadelrollenlager	Schräggugellager, Kegelrollenlager ⁽²⁾ , Pendelrollenlager
0,05	0,05	0,20	—
0,08	0,08	0,30	—
0,10	0,10	0,40	—
0,15	0,15	0,60	—
0,20	0,20	0,80	—
0,30	0,30	1,00	1,25
0,60	0,60	2,00	2,50
1,00	1,00	2,50	3,00
1,10	1,00	3,25	3,50
1,50	1,50	4,00	4,50
2,00	2,00	4,50	5,00
2,10	2,00	5,50	6,00
2,50	2,00	—	6,00
3,00	2,50	6,50	7,00
4,00	3,00	8,00	9,00
5,00	4,00	20,00	11,00
6,00	5,00	13,00	14,00
7,50	6,00	16,00	18,00
9,50	8,00	20,00	22,00
12,00	10,00	24,00	27,00
15,00	12,00	29,00	32,00
19,00	15,00	38,00	42,00

Hinweise: (1) Bei hohen Axialbelastungen kommen erhöhte Schulterabmessungen zum Einsatz.
(2) Kommen Axialbelastungen zum Einsatz, muss mit größeren Schulterabmessungen gearbeitet werden.

Anm.: 1. Der Übergangsradius gilt auch für Axiallager.
2. Achtung: hier ist die Schulterhöhe angegeben. In den Lagertabellen des Hauptkataloges wird der Schulterdurchmesser verwendet.

2. Montage

2.8 Schmierung

Tabelle 7: Fettsorten und Vergleich der Eigenschaften

Fettsorten/NSK-Code	Verdicker	Grundöl	Tropf- punkt (°C)	Konsis- tenz	Betriebs- temperatur- bereich (1) (°C)	Für hohe Lasten	Einsatzgrenze im Vergleich zu den aufgeführten Grenz- drehzahlen(2) (%)	Kinematische Viskosität (mm ² /s)	
								40°	100°
ADLEX/U47	Lithium	Mineralöl	198	300	0--+110	empfohlen	70	197	15
APOLLOIL AUTOLEX A/ALA	Lithium	Mineralöl	198	280	-10--+110	geeignet	60	185	15
Arapen RB 300/R30	Lithium/Kalzium	Mineralöl	177	294	-10--+ 80	geeignet	70	99	10
EA2 Grease/EA2	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl	≥ 260	243	-40--+150	geeignet	100	47	7
EA3 Grease/EA3	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl	≥ 260	230	-40--+150	geeignet	100	47	8
EA5 Grease/EA5	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl	≥ 260	251	-40--+160	empfohlen	60	239	26
EA7 Grease/EA7	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl	≥ 260	243	-40--+160	geeignet	100	46	7
ENC Grease/ENC	Harnstoff	Polyol-Esteröl + Mineralöl	≥ 260	262	-40--+160	geeignet	70	51	7
ENS Grease/ENS	Harnstoff	Polyol-Esteröl	≥ 260	264	-40--+160	geeignet	100	33	5
ECZ Grease/ECZ	Lithium + Ruß	Poly- α -Olefinöl	≥ 260	243	-10--+120	geeignet	100	30	5
ISOFLEX NBU 15/NB5	Barium-Komplex	Diesteröl + Mineralöl	≥ 260	280	-30--+120	nicht geeignet	100	20	4
ISOFLEX SUPER LDS 18/D85	Lithium	Diesteröl	195	280	-50--+110	nicht geeignet	100	15	3
ISOFLEX TOPAS NB52/TN5	Barium-Komplex	Poly- α -Olefinöl	≥ 260	280	-40--+130	nicht geeignet	90	30	5
Aero Shell Fett 7/AG7	Mikrogel	Diesteröl	≥ 260	288	-55--+100	nicht geeignet	100	10	3
Dow Corning(R) SH 33 L Grease/D3L	Lithium	Silikonöl	210	310	-60--+120	nicht geeignet	60	75	25
Dow Corning(R) SH 44 M Grease/DM4	Lithium	Silikonöl	210	260	-30--+130	nicht geeignet	60	80	20
NS HI-Lube/NS7	Lithium	Polyol-Esteröl + Diesteröl	192	250	-40--+130	geeignet	100	26	5
NSA Grease/NSA	Lithium	Poly- α -Olefinöl + Esteröl	201	311	-40--+130	geeignet	70	115	15
NSC Grease/NSC	Lithium	Alkyldiphenyl-Etheröl+ Polyol-Esteröl	192	235	-30--+140	geeignet	70	53	8
NSK Clean Grease LG2/LG2	Lithium	Poly- α -Olefinöl + Mineralöl	201	199	-40--+130	nicht geeignet	100	32	5
EMALUBE 8030/E80	Harnstoff	Mineralöl	≥ 260	280	0--+130	empfohlen	60	415	31
MA8 Grease/MA8	Harnstoff	Alkyldiphenyl-Etheröl + Poly- α -Olefinöl	≥ 260	283	-30--+160	geeignet	70	76	11
KRYTOX GPL-524/K24	PTFE	Perfluoropolyetheröl	≥ 260	265	0--+200	geeignet	70	90	10
KP1/KP1	PTFE	Perfluoropolyetheröl	≥ 260	280	-30--+200	geeignet	60	420	36
Cosmo Wide Grease WR No.3/WR3	Natriumterephthalat	Polyol-Esteröl + Mineralöl	≥ 230	227	-40--+130	nicht geeignet	100	29	
G-40M/G4M	Lithium	Silikonöl	223	252	-30--+130	nicht geeignet	60	220	42
Shell Alvania EP 2/AP2	Lithium	Mineralöl	187	276	0--+ 80	empfohlen	60	220	15
Shell Alvania S1/AS1	Lithium	Mineralöl	182	323	-10--+110	geeignet	70	130	12
Shell Alvania S2/AS2	Lithium	Mineralöl	185	275	-10--+110	geeignet	70	130	12
Shell Alvania S3/AS3	Lithium	Mineralöl	185	242	-10--+110	geeignet	70	130	12
Shell Cassida RLS 2/RLS	Aluminium-Komplex	Poly- α -Olefinöl	≥ 260	280	0--+120	geeignet	70	150	18
SHELL SUNLIGHT 2/SL2	Lithium	Mineralöl	200	274	-10--+110	geeignet	70	182	15
WPH/WPH	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl	259	240	-40--+150	geeignet	70	95	14
Demnum TM Grease L-200/DL2	PTFE	Perfluoropolyetheröl	≥ 260	280	-30--+200	geeignet	60	200	35
NIGACE WR-S/WRS	Harnstoff	Gemixtes Öl	≥ 260	230	-30--+150	nicht geeignet	70	56	11
NIGLUB RSH/RSH	Natrium-Komplex	Polyalkylen-Glykolöl	≥ 260	270	-20--+120	geeignet	60	340	51
PYRONOC UNIVERSAL N6B/PN6	Harnstoff	Mineralöl	238	290	0--+130	geeignet	70	108	
PALMAX RBG/PMK	Lithium-Komplex	Mineralöl	216	300	-10--+130	empfohlen	70	177	17
Beacon 325/B3N	Lithium	Diesteröl	190	274	-50--+100	nicht geeignet	100	11	3
MULTEMP PS No.2/PS2	Lithium	Mineralöl + Diesteröl	190	275	-50--+110	nicht geeignet	100	15	4
MOLYKOTE FS-3451/FS3	PTFE	Fluorosilikonöl	≥ 260	285	0--+180	geeignet	70	580	74
UME/UME	Harnstoff	Mineralöl	≥ 260	268	-10--+130	geeignet	70	75	9
UMM Fett 2/UMM	Harnstoff	Mineralöl	≥ 260	267	-10--+130	geeignet	70	74	9
RAREMAX AF-1/RA1	Harnstoff	Mineralöl	≥ 260	300	-10--+130	geeignet	70	74	9

- Hinweise:** (1) Wenn Fette im oberen oder unteren Temperaturbereich oder in einer speziellen Umgebung, z.B. einem Vakuum, eingesetzt werden, wenden Sie sich bitte an NSK.
(2) Bei kurzzeitigem Betrieb oder bei Kühlung kann Fett auch jenseits obiger Grenzdrehzahlen betrieben werden, vorausgesetzt, es steht genug Fett zur Verfügung.

2. Montage

2.8 Schmierung

Die Schmiermethoden für Wälzlager lassen sich grob in Öl- und Fettschmierungen einteilen.

Die gebräuchlichste Methode für Wälzlager ist die Fettschmierung. Sie ermöglicht eine Schmierung unter Verwendung einer einfachen Lagerabdichtung. Durch die ständige Weiterentwicklung der Schmierstoffe wird der Einsatzbereich für Fette immer größer. Zur Wahl des geeigneten Fettes muss besonders auf die Drehzahl, die Betriebstemperatur, die Fettmenge sowie die Haltbarkeit des Fettes geachtet werden.

Die Fettschmierung wird mit zunehmender Lagerdrehzahl schwieriger. Die Obergrenze für die Drehzahl hängt vom Lagertyp, der Lagergröße, den Schmiermethoden und den Betriebsbedingungen ab. In den Lagertabellen des NSK-Wälzlagerkatalogs sind die Drehzahlgrenzen der Lager unter Normalbedingungen aufgeführt.

Die zulässige Betriebstemperatur des Fettes hängt von der Art des verwendeten Fettes ab. In **Tabelle 7** sind allgemeine Temperaturempfehlungen angegeben. Wenn Fett außerhalb dieses Temperaturbereichs verwendet wird, sollten kürzere Nachschmierfristen zur Anwendung kommen.

Es muss die entsprechende Menge Fett in das Lager und in den Bereich der Käfige gegeben werden. Abhängig von der maximalen Betriebsdrehzahl sind folgende Fettfüllmengen für den freien Lagerraum (inklusive Gehäuse) anzustreben:

- › **1/2 bis 2/3 des freien Lagerraums**
(unter 50 % der Drehzahlgrenze)
- › **1/3 bis 1/2 des freien Lagerraums**
(über 50 % der Drehzahlgrenze)

Da sich die Qualität und die Eigenschaften des Fettes mit der Benutzung verändern, muss dieses nach einer gewissen Zeit ersetzt werden. Es lassen sich keine festen Gebrauchsdauern für alle Anwendungen festlegen, weil die Veränderungen der Qualität und der Eigenschaften vom Betrieb und von externen Faktoren abhängen. Die Schmierstoffalterung kann nur sehr vage an Hand des Aussehens ermittelt werden.

Im Zweifelsfall sollte das Fett ersetzt werden. Unter der Annahme normaler Betriebsbedingungen gelten die in **Abb. 22** und **Abb. 23** (Seite 29) angegebenen Zeitintervalle für den Fettaustausch.

Die Ölschmierung ist weit verbreitet. Öl hat eine hervorragende Fließ- und Wärmeleitfähigkeit und ist zur Ölumlaufl- wie Einspritzschmierung geeignet. Durch entsprechende Filter lassen sich Fremdkörper leicht entfernen. Öl wirkt sich zudem positiv auf die Schwingung und die akustischen Eigenschaften aus und ist daher die beste Wahl als Schmiermittel. Eine Ölschmierung ist konstruktiv aufwändiger als eine Fettschmierung. Um Leckagen zu vermeiden, ist eine regelmäßige Wartung der Dichtungen unerlässlich.

Bei der Wahl des richtigen Schmieröls ist die Viskosität bei der Betriebstemperatur des jeweiligen Lagers zu bedenken. In der Regel wird am besten ein Öl mit der folgenden oder einer höheren Viskosität bei der jeweiligen Betriebstemperatur des entsprechenden Lagertyps eingesetzt:

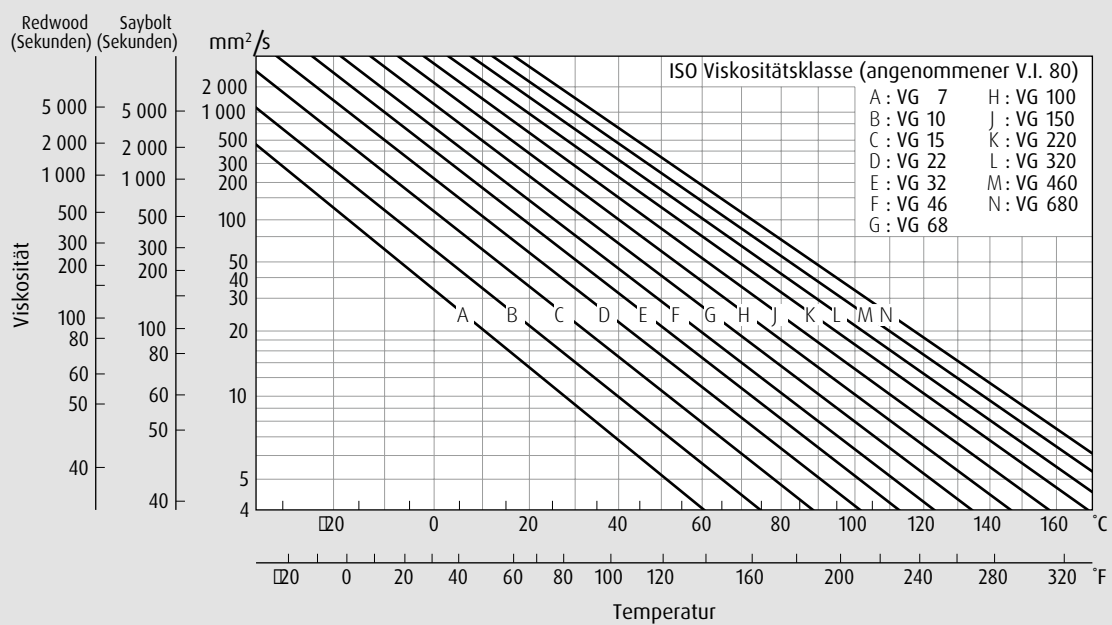
Kugellager und Zylinderrollenlager:
13 mm²/S oder höher

Pendelrollenlager und Kegelrollenlager:
20 mm²/S oder höher

Axialpendelrollenlager:
32 mm²/S oder höher

In **Abb. 21** ist das allgemeine Verhältnis zwischen Ölviskosität und Temperatur dargestellt. Mögliche Schmiermethoden sind die Ölbad Schmierung, die Tauchschmierung, die Ölumlaufrschmierung und die Ölluftschrnung (Ölnebelschrnung). Die Wahl der richtigen Schmiermethode hängt von den Betriebsbedingungen, der Lagerbauform und der Umgebungsstruktur ab. Die im Wälzagerkatalog angegebene Drehzahlgrenze in Öl, ist bezogen auf die Ölbad Schmierung.

Abb. 21: Diagramm Temperatur – Viskosität



2. Montage

2.9 Testlauf

Nach der Montage sollte ein Testlauf durchgeführt werden. Zu den während des Tests zu überprüfenden Aspekten gehören ungewöhnliche Geräusche und ein übermäßiger Anstieg der Lagertemperatur. Das Lager muss sich natürlich während des Testlaufs leicht drehen.

Bei Abweichungen während des Testlaufs ist dieser zu unterbrechen. Eine Überprüfung der gesamten Lagerung sollte dann vorgenommen werden. Ein Testlauf an schnell laufenden Wellen sollte mit niedriger Drehzahl beginnen und langsam gesteigert werden. Eine Abschätzung der Lagertemperatur kann über das Gehäuse erfolgen. Um genaue Werte zu erhalten, sollte die Temperatur direkt am Lager gemessen werden. Gegebenenfalls kann eine Schmierstoffbohrung temporär zur Messsondenaufnahme benutzt werden. Ebenfalls kann eine relative Temperaturüberwachung über die Temperatur des Schmierstoffes erfolgen. Üblicherweise steigt die Lagertemperatur langsam an, bis sie an einem Punkt verharrt (Verharrungstemperatur).

Bei Fettschmierung wird auch ein leichter Rückgang der Temperatur nach dem Einlaufen bemerkbar sein. Sollte eine Verharrung nicht einsetzen, ist der Testlauf ebenfalls abzubrechen und die Ursache zu erforschen.

Die Verharrungstemperatur eines Lagers hängt von der Wärmekapazität, Wärmeabgabe, Drehzahl und Belastung der aufnehmenden Maschine ab. Normalerweise liegt der Temperaturanstieg zwischen 20 °C und 30 °C.

Mögliche Ursachen für einen Temperaturanstieg könnten sein:

- › Zu viel Fett oder Öl
- › Übermäßige Belastung des Lagers
- › Zu starke Reibung der Lagerdichtungen
- › Anlaufen des Lagers an der Umgebungsstruktur
- › Unzureichendes Lagerspiel
- › Zu hohe Drehzahl für den Lagertyp und die Schmiermethode
- › Defekte Lager u. a.

Darüber hinaus kann eine unsachgemäße Montage, ein Fabrikationsfehler oder eine falsche Lagerwahl zugrunde liegen.

Das Geräusch eines Lagers lässt sich mit einem Stethoskop oder einem anderen Hörinstrument, das an das Gehäuse gehalten wird, überprüfen. Abweichungen, wie ein lautes metallisches Geräusch oder ungewöhnliche Geräusche, können auf zu wenig Schmiermittel, Unrundheit der Wellen oder Gehäuse, das Eindringen von Fremdkörpern in das Lager oder ein defektes Lager zurückgehen. Zur Orientierung sind in **Tabelle 8** mögliche Ursachen für verschiedene Lagerschäden und die entsprechenden Gegenmaßnahmen aufgeführt.

Die Ergebnisse des Testlaufs müssen nach der Montage stets zum späteren Nachschlagen bei der Fehlersuche und -behebung aufgeschrieben werden.

Tabelle 8: Ursachen und Gegenmaßnahmen bei Unregelmäßigkeiten im Betrieb

Störungen		Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Geräusch-entwicklung	Lautes, metallisches Geräusch ⁽¹⁾	Übermäßige Belastung	Den Sitz, die Lagerluft, die Vorspannung, die Position des Gehäuseansatzes etc. verbessern.
		Falsche Montage	Die Bearbeitungsgenauigkeit und Ausrichtung von Welle und Gehäuse und die Genauigkeit des Montagevorgehens verbessern.
		Zu wenig oder ungeeignetes Schmiermittel	Das Schmiermittel auffrischen oder ein anderes Schmiermittel wählen.
		Kontakt rotierender Teile	Die Labyrinthdichtung etc. verändern.
	Lautes, regelmäßiges Geräusch	Risse, Korrosion oder Kratzer an den Laufringen	Lager austauschen oder reinigen, Dichtungen verbessern und sauberes Schmiermittel verwenden.
		Stillstandsmarken	Lager austauschen (Montageprozess prüfen).
		Abblätterung am Laufring	Lager austauschen.
	Unregelmäßiges Geräusch	Zu viel Spiel	Sitz, Spiel und Vorspannung verbessern.
		Eindringen von Fremdkörpern	Lager austauschen oder reinigen, Dichtungen verbessern und sauberes Schmiermittel verwenden.
Sprünge oder Abblätterungen an den Kugeln		Lager austauschen.	
Übermäßiger Temperaturanstieg	Zu viel Schmiermittel	Schmiermittelmenge verringern, hochviskoses Fett verwenden.	
	Zu wenig oder ungeeignetes Schmiermittel	Schmiermittel auffrischen oder ein besseres Schmiermittel wählen.	
	Übermäßige Belastung	Sitz, Lagerluft, Vorspannung und Position des Gehäuseansatzes verbessern.	
	Falsche Montage	Bearbeitungsgenauigkeit und Ausrichtung von Welle und Gehäuse, Montagegenauigkeit oder Montageverfahren verbessern.	
	Gleiten auf der Passfläche, zu viel Dichtungsreibung	Dichtungen korrigieren, Lager austauschen, Sitz oder Montagekorrigieren.	
Vibration (Planschlag)	Stillstandsmarken	Lager austauschen und vorsichtig mit den Lagern umgehen.	
	Abblätterung	Lager austauschen	
	Falsche Montage	Die rechtwinklige Ausrichtung zwischen Welle und Gehäuseansatz oder Abstandhalterseite korrigieren.	
	Eindringen von Fremdkörpern	Lager austauschen oder reinigen, Dichtungen verbessern.	
Austritt oder Farbveränderung des Schmiermittels		Zu viel Schmiermittel. Eindringen von Fremdkörpern oder Abriebspänen	Schmiermittelmenge verringern, ein hochviskoses Fett verwenden. Ersetzen des Lagers oder Schmiermittels. Reinigen von Gehäuse und anliegenden Teilen.

Hinweis: (1) Bei mittleren bis großen Zylinderrollenlagern oder Kugellagern, die in kalten Umgebungen mit Fett geschmiert arbeiten, kann ein Quietschen zu hören sein. Trotz dieses Geräuschs steigt die Lagertemperatur nicht an und der Verschleiß und die Lebensdauer des Fetts bleiben unbeeinträchtigt. Ein solches Lager kann also weiter verwendet werden.

3. Wartung und Inspektion

3.1 Wartungs- und Inspektionsarbeiten

Für einen kontinuierlichen Betrieb der Lager sind konsequente Wartung und regelmäßige Überprüfungen notwendig. Dies ist erforderlich, damit Probleme rechtzeitig erkannt und gelöst werden können und um zukünftig potentielle Wälzlagerausfälle oder unnötige Stillstandszeiten zu verhindern.

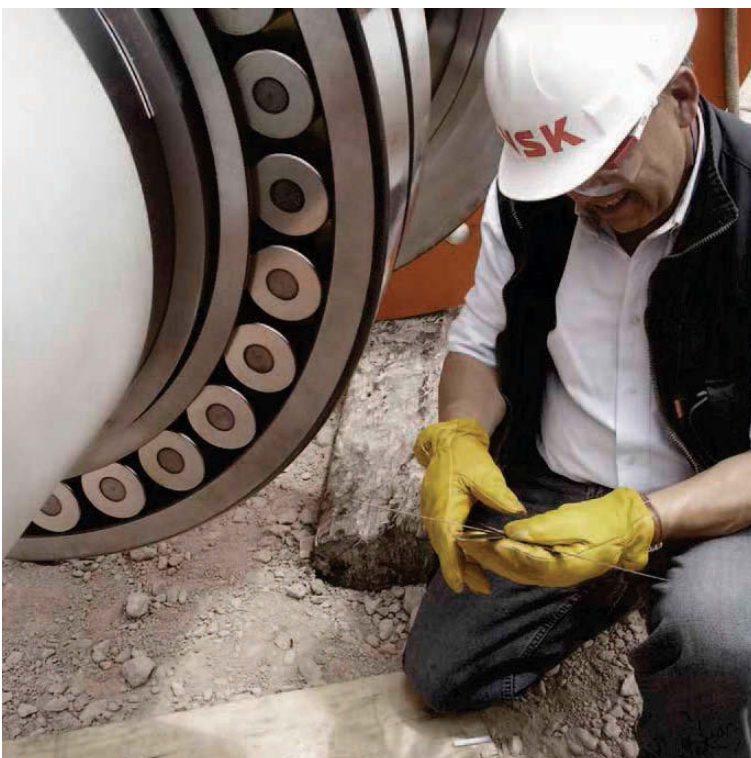
Zur Überprüfung der Lager während des Betriebs gehören Tätigkeiten wie das kontinuierliche Überprüfen des Betriebsgeräusches, der Lagertemperatur und ggf. eine Schwingungsmessung. Schon eine geringe Beschädigung der Laufbahn (Pittingbildung), führt zu einem anormalen bzw. ungewöhnlichen Geräusch, das von einem erfahrenen Arbeiter mit einem Stethoskop leicht von dem typischen Betriebsgeräusch unterschieden werden kann. Die Lagertemperatur kann grob durch das einfache Berühren der Gehäuseaußenfläche bestimmt werden. Zur Messung der Lagertemperatur wird empfohlen, ein Thermometer in eine

spezielle Bohrung (ggf. können die Schmierbohrungen benutzt werden) bis zum Lagerring einzuführen.

Lager für bewegliche Maschinen, deren Geräusche oder Temperatur sich nicht während des Betriebs kontrollieren lassen, wie Rollenlager für Fahrzeuge, müssen regelmäßig überprüft und mit frischem Schmierstoff versehen werden.

Die Untersuchung des Schmierstoffzustands während des Betriebs ist eine weitere nützliche Methode zur Bestimmung des Betriebszustands des Lagers. Rückschlüsse über den Lagerzustand können durch Untersuchung des Schmierstoffes auf Fremdkörper sowie Feuchtigkeit und Viskosität erfolgen.

Sollte bei einer solchen Untersuchung eine Abweichung oder ein Defekt des Lagers festgestellt werden, muss das Lager für eine genauere Überprüfung ausgebaut werden.



3. Wartung und Inspektion

3.2 Schmiermethoden

3.2.1 Schmierung mit Fett

Lager brauchen Schmiermittel; für den überwiegenden Teil der Anwendungen reicht eine geringe Menge Schmierstoff aus. Dieser braucht nicht besonders häufig aufgefrischt werden. Das Intervall hängt vom Lagertyp, der Größe, der Drehzahl und von den anderen Betriebsbedingungen ab. Diese Faktoren lassen sich oftmals empirisch bestimmen.

Abb. 22 und **Abb. 23** sind Richtlinien für die Schmierintervalle bei hochwertigem lithiumverseiftem Fett auf Mineralölbasis bei einer Lagertemperatur von 70 °C und einer normalen Belastung ($P/C = 0,1$) zu entnehmen. Übersteigt die Lagertemperatur 70 °C, muss für jeden Temperaturanstieg der Lager um weitere 15 °C das Schmierintervall um die Hälfte reduziert werden. Ferner hängt das Schmierintervall von der Lagerbelastung ab. Dazu muss der Wert mit dem Belastungsfaktor aus **Tabelle 9** multipliziert werden.

Besonders bei Kugellagern kann das Schmierintervall je nach eingesetztem Schmierfett verlängert werden. (Hochwertiges Lithiumseifenfett kann beispielsweise das Schmierintervall um das Zweifache verlängern, siehe **Abb. 22** und **23**.)

Die Schmierleistung nimmt durch das Eindringen von Fremdstoffen sowie durch Wasser (Emulgieren) ab. Wenn das Lager daher unter solchen rauen Bedingungen genutzt wird, muss das in **Abb. 22** und **23** aufgeführte Schmierintervall auf die Hälfte bis auf ein Zehntel reduziert werden.

Abb. 22: Schmierintervalle für Radialkugellager und Zylinderrollenlager

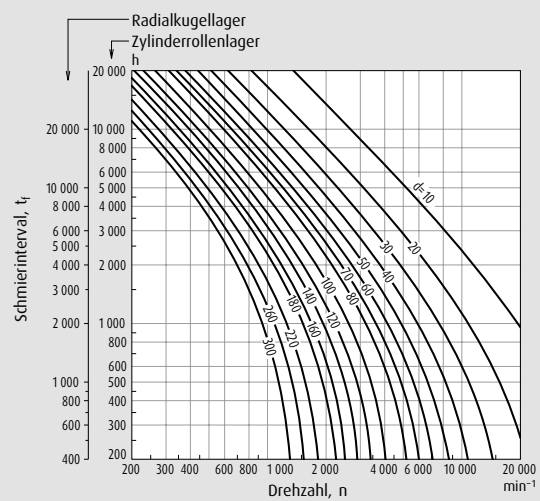


Abb. 23: Schmierintervalle für Kegelrollenlager und Pendelrollenlager

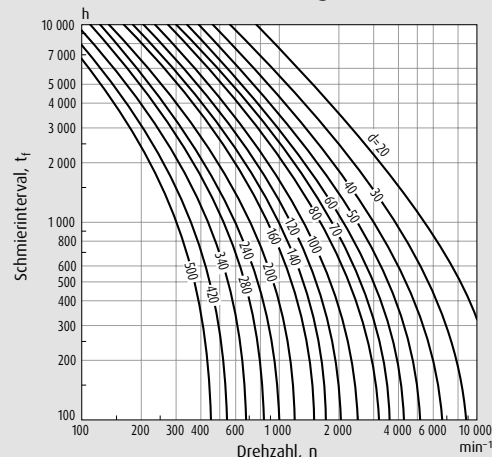


Tabelle 9: Belastungsfaktor

P/C	≤ 0,06	0,1	0,13	0,16
Belastungsfaktor	1,5	1	0,65	0,45

3. Wartung und Inspektion

3.2 Schmiermethode

Ein Gehäuse sollte unter Berücksichtigung der Nachschmierbarkeit und Austausch des Schmierfetts ausgelegt werden. Es ist empfehlenswert, dass Gehäuse für Maschinen, für die ein häufiges Nachfetten erforderlich ist, einfach zu demontieren sind. Wird davon ausgegangen, dass durch die externen Dichtungen Feuchtigkeit ins Lagerinnere eindringen kann, ist es ratsam, dass ein einfaches Reinigen des Gehäuses und des Lagers möglich ist.

Die Fettfüllmenge ist abhängig von der Betriebsdrehzahl. Allgemeingültig ist, dass mit Abnahme der Drehzahl die Fettfüllmenge erhöht werden kann. Eine 100 % Füllung ist nur bei sehr langsam drehenden Anwendungen denkbar. Die Erfahrung hat gezeigt, dass ein Nachschmieren von Lagern, die regelmäßig demontiert werden, nicht notwendig ist. Sollte dies der Fall sein, ist davon abzusehen, Schmierbohrungen vorzusehen. Ein ungünstiger Betriebsverlauf durch zuviel Schmierstoff ist sehr häufig die Folge.

Größere Lager oder Lager für Hochgeschwindigkeitsanwendungen erfordern ein regelmäßiges, gezieltes

Nachschmieren. In diesem Fall sollten entsprechende Schmierbohrungen zur richtigen Nachschmierung vorgesehen werden. Es empfiehlt sich, den Gehäuseraum an der Seite der Schmierbohrung in mehrere Fettkammern aufzuteilen (**Abb. 24**), um neues Fett in das Lager geben zu können, ohne das Gehäuse zu füllen. An der gegenüberliegenden Seite der Schmierbohrung sollte ein Gehäuseraum vorgesehen werden, um das alte Fett zu sammeln, das gelegentlich durch Öffnen des Deckels abgelassen werden kann.

Lager für Hochgeschwindigkeitsanwendungen sind einfacher mit einem Schmiernippel zu schmieren. Dies gilt für Lager, die lange anhaltend im Betrieb sind, wie elektrische Motoren oder Turbinen. Der Schmiernippel ist dazu gedacht, dass ein Komplettaustausch des Schmierstoffes nicht notwendig ist.

In **Abb. 25** wird ein komplettes Lagergehäuse mit einem Schmiernippel dargestellt, bei dem eine dünne Eisenplatte (b) verschiedene Fettbereiche abtrennt.

In **Abb. 26** sind die Fettbereiche und der Ort für einen möglichen Schmiernippel an einem Gehäuse dargestellt.

Abb. 24: Fettbereiche

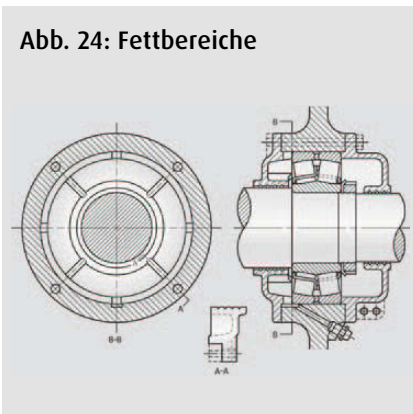


Abb. 25: Lagergehäuse

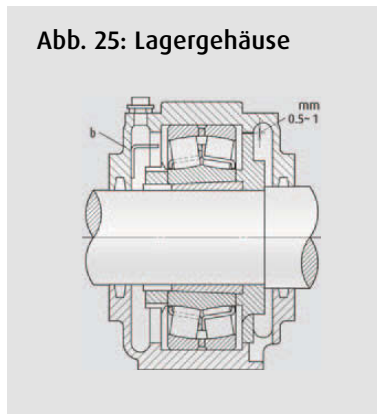
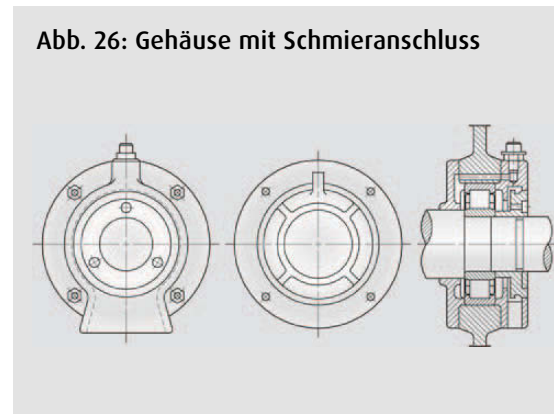


Abb. 26: Gehäuse mit Schmieranschluss



3.2.2 Schmierung mit Öl

Bei ölgeschmierten Lagern werden sehr häufig Ölbad-schmierungen eingesetzt. Der Ölstand ist am Ölauge (ggf. Messstab) im Stillstand zu kontrollieren. Sollte das Öl unterhalb des MIN-Pegels abgesunken sein, muss Öl zugefügt werden. Es ist nicht unüblich, dass ein gut funktionierendes Dichtungssystem ein Nachfüllen des Öls überflüssig macht. Die Notwendigkeit des Auffüllens ist von den Betriebsbedingungen abhängig. Ein jährlicher Ölwechsel ist für Lager, die bei einer Temperatur von unter 50 °C mit geringem Schmutz- und Staubaufkommen verwendet werden, empfehlenswert.

Öle die dauerhaft über 100 °C eingesetzt werden, sollten alle zwei bis drei Monate ausgetauscht werden. Dies gilt auch, wenn es sich um wärmestabiles Öl handelt.

Ölumlaufschmierung sowie Ölluftschmierung sollten auf die in der Schmieranweisung vorgegebenen Werte eingestellt werden. Öleinspritzschmierung wird für sehr schnelllaufende Lager eingesetzt. Hierbei wird die Ölmenge über den Düsenquerschnitt und den Druck geregelt. Alle Ablaufbohrungen müssen so ausgelegt werden, dass sich das Schmieröl nicht im Lager anstauen kann. Bei der Wartung sind diese zu überprüfen.



3. Wartung und Inspektion

3.3 Lagerschäden

Die genaue Untersuchung der Ausfallursache des Lagers ist besonders wichtig. Die Überprüfung der Einbausituation und Analyse des Schmierstoffes kann wichtige Anhaltspunkte liefern. Mögliche Ursachen können sein: eine unsachgemäße Montage, Behandlung oder Schmierung. Fehler durch falsche oder defekte Dichtungen können sehr starken Einfluss auf das Schmiersystem haben.

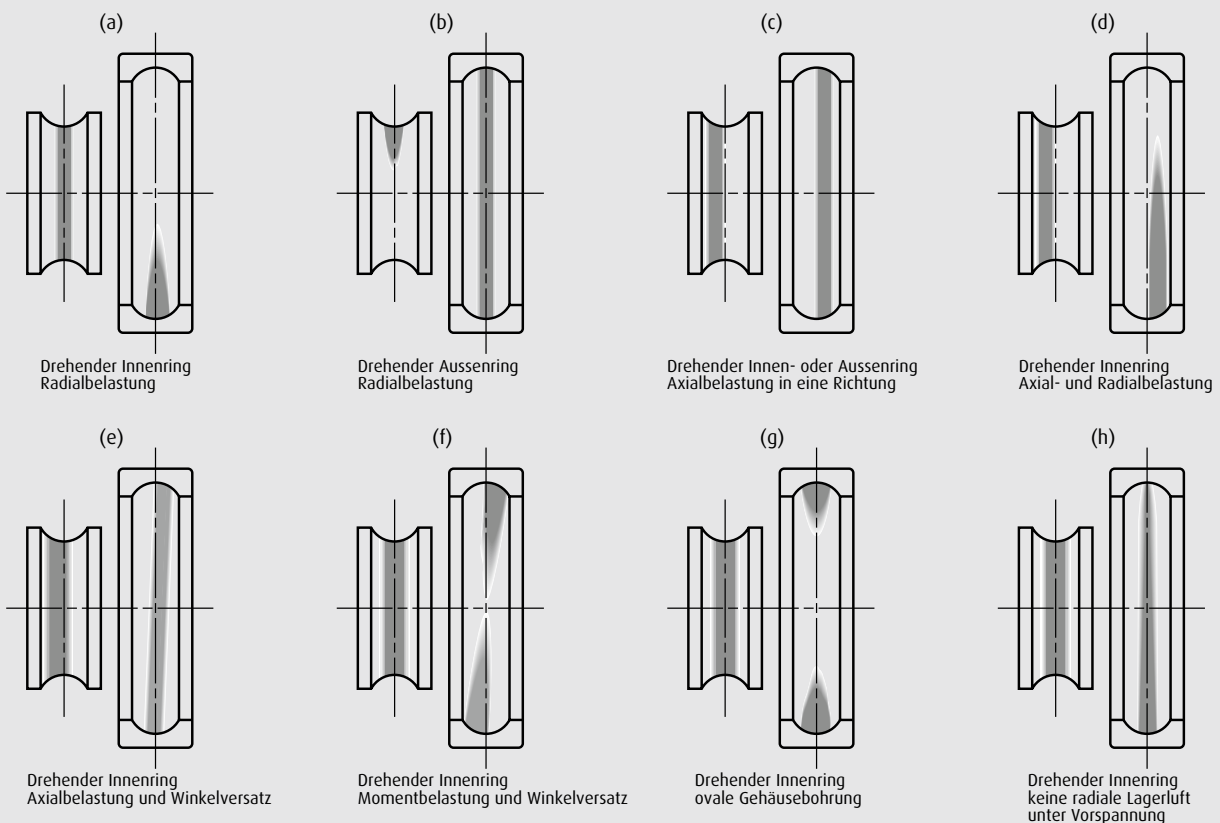
So kann z. B. Riefenbildung im Kontakt der Bordscheibe ein Grund für einen vorzeitigen Lagerschaden sein. Dies kann als Folge eines generellen Schmiersystemfehlers, Schmierstoffmangels, verunreinigtem Schmierstoff, sowie einer unzulässigen Verkipfung zwischen Innen- und Außenring auftreten. Verkipfung kann durch eine falsche Montage, übermäßige Wellendurchbiegung oder einer Kombination aus beidem, entstanden sein.

Die tatsächliche Ursache lässt sich also nicht allein durch die Untersuchung des defekten Lagers selbst herausfinden. Durch eine Protokollierung der Betriebsbedingungen vor und nach dem Eintreten des Lagerschadens und nach dem Prüfen der Anlage und des Betriebsverlaufs lassen sich jedoch verschiedene mögliche Ursachen bestimmen. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Auftretens des Lagerschadens verringert. Die schnellste Möglichkeit, die Ursache zu bestimmen, ist das sorgfältige Notieren aller Aspekte des ausgefallenen Lagers, wie u. a. Kontaktkorrosion oder Absätze am Wellen- oder Gehäusesitz. Des Weiteren sollten die Laufbahnen und, wenn vorhanden, die Gleitbereiche der Borde begutachtet werden. Auch die Untersuchung nicht beschädigter Lager, die unter ähnlichen Betriebsbedingungen im Einsatz sind, ist häufig sinnvoll. Kurz gesagt, ist die umfassende Untersuchung des gesamten Prozesses, in der das Lager eingesetzt wird, wichtig. Als Referenz werden nachfolgend typische Fälle von Lagerausfällen dargestellt.





Abb. 27: Typische Laufspuren von Rillenkugellagern



Laufspuren und einwirkende Belastungen

Beim Drehen des Lagers kommt die Laufbahn des Innenrings und die des Außenrings mit den Wälzkörpern in Berührung. Dies führt zu einem Verschleiß an den Wälzkörpern und den Laufbahnen. Es ist normal, dass sich die Laufspur am Laufring abzeichnet. Das Ausmaß und die Form dieser Laufspur geben nützliche Hinweise auf die Belastungsbedingungen. Aus einer sorgfältigen Betrachtung der Laufspuren lässt sich ablesen, ob das Lager einer radialen Belastung, einer großen Achsbelastung oder einer Momentbelastung ausgesetzt ist, sowie die Steifigkeit des Gehäuses. Außerdem kann eine unerwartete Belastung des Lagers oder ein großer Montagefehler o. ä. bestimmt werden und uns zu den Ursachen eines Lagerausfalls führen. Typische Laufspuren

von Rillenkugellagern sind in **Abb. 27** dargestellt. In **Abb. 27** (a) bis (d) werden allgemeine Laufspuren unter radialer oder axialer Belastung gezeigt. Die Laufspur ist abhängig von den Lastfällen, wie z. B. ob Umfanglast oder Punktlast am Innen- oder Außenring vorherrschte. In **Abb. 27** (e) ist zu erkennen, dass ein axialer Versatz in Kombination mit einer Schiefstellung vorgelegen hat, (f) zeigt die Laufspur einer Schiefstellung unter Momentlast, (g) entspricht einer Laufspur in einem ovalen Gehäuse und einer unzureichenden Wellenpassung, und (h) zeigt eine Laufspur in einem Lager mit zu wenig Lagerluft. Die Laufspuren (e) bis (h) führen häufig zu Lagerausfällen und müssen daher genau beobachtet werden.

3. Wartung und Inspektion

3.3 Lagerschäden



Abb. 28: Abblätterung



Abb. 29: Abblätterung



Abb. 30: Ausbruch



Abb. 31: Riss



Abb. 32: Plastische Eindrücke

Ermüdung

Obwohl sich Grübchenbildungen (Pitting) an einem Lager zunächst nur in sehr geringem Maße einstellen, breiten sie sich in relativ kurzer Zeit stark aus (**Abb. 28**). Man unterscheidet zwei generelle Mechanismen des Ermüdungsschadens. Der eine ist ein Schadenshergang, der durch die einwirkende Last unter der Laufbahnoberfläche und der andere durch Fremdkörpereindrücke, wie auch durch Mangelschmierung in der Laufbahn, entsteht. Da sich die Schadensbilder sehr gleichen, ist ein Rückschluss auf den Hergang nur schwer möglich. Abblätterungen sind im Gegensatz zu anderen Fehlern häufig eine Folge der komplexen Wechselwirkung zwischen Schmierung, Belastung und Schwingung und damit schwer auf eine einzige Ursache zurückzuführen. Da bei richtiger Auslegung der Belastung und Schmierung, eine vorzeitige Schadensbildung unwahrscheinlich ist, sollte im Schadensfall eine genaue Untersuchung der tatsächlichen Lasten und der vorhandenen Schmierung durchgeführt werden. In **Abb. 29** ist eine frühe Abblätterungsstufe zu sehen, die nur an einer Seite eines Pendelrollenlagers infolge einer übermäßigen Axiallast einsetzt. Außer einer solchen übermäßigen Belastung können Gründe eines frühen Abblätterns eine Schiefstellung, ein falsch eingestelltes Lagerspiel und die geringe Genauigkeit der Umgebungsstruktur sein.

Bruch und Risse

In **Abb. 30** ist der Ausbruch der großen Lagerschulter des Innenrings eines Kegelrollenlagers zu sehen. Dies geschieht bei einer übermäßigen Axialbelastung oder einer Stoßbelastung oder wenn beim Ein- oder Ausbau des Lagers eine zu große Kraft auf den Bord einwirkt. Zu den Ursachen, die zur Rissbildung führen, gehört die Einwirkung einer starken Stoßbelastung (**Abb. 31**) und einer zu straffen Passung. Wenn das Lager nur von den beiden Kanten des Außenrings getragen wird, kann es in Umfangsrichtung brechen. Besteht die Möglichkeit, dass durch eine falsch gewählte Passung der Innenring auf der Welle gleitet, ist ein Verschleiß, wie er in der **Abb. 31** zu sehen ist, möglich. Dieser Verschleiß neigt sehr stark zu Rissbildung, die sich in Umfangsrichtung fortsetzt.

Plastische Eindrücke

Eindrücke in den Laufbahnen (Brinell-Eindrücke) können infolge eines unsachgemäßen Umgangs mit dem Lager, überrollte Partikel oder einer starken Stoßbelastung am stillstehenden Lager eintreten. Ein ähnlicher Eindruck wie ein Brinell-Eindruck kann durch einen starken Abrieb in dem Bereich, in dem sich der Wälzkörper und die Laufbahn infolge von Schwingungen oder Oszillationsbewegungen berühren, eintreten. Dieses als Stillstandsmarken bekannte Phänomen tritt besonders dann auf, wenn ein in eine Maschine eingebautes Lager durch den Transport fortwährend Erschütterungen ausgesetzt war (**Abb. 32**).

Riefen

Bei den verschiedenen Bauformen von Rollenlagern gibt es unterschiedliche Bereiche, in denen Gleitreibung entstehen kann. Üblicherweise findet man deren Spuren an den Stirnflächen der Wälzkörper. Bei fortschreitendem Schadensbild kann dieses Erscheinungsbild auch im Wälzkontakt sichtbar werden.

Abb. 33: Riefen im Bord des Pendelrollenlagers



Abb. 34: Riefen am Rollenende



Verschleiß

Verschleißfördernde Faktoren sind u. a. Verschmutzung, unzureichende Schmierung und das falsche Schmiermittel (**Abb. 35**) oder das Eindringen von Wasser, was zu einem Korrosionsverschleiß an der Reibfläche oder am Wälzkontakt führt. Darüber hinaus kann in der Wellenpassung durch Kontaktkorrosion Abrieb entstehen, der auf eine falsche Passung zurückzuführen ist.



Abb. 35: Verschleiß

Rost

Rost im Gehäuseinneren entsteht durch das Eindringen von Luftfeuchtigkeit oder durch falsche Schmiermittel. **Abb. 36** zeigt ein Beispiel für Rost durch eine schlechte Schmierung, da Luftfeuchtigkeit eingedrungen ist. Passungsrost wird häufig an den Passflächen in Form von rotbraunem oder schwarzem Abrieb festgestellt. Der Rost entsteht durch die Oxidierung der Wellenpassfläche infolge von Mikrobewegung in den Passflächen. Vermehrt ist dies zu beobachten, wenn die Lager schwerer Belastung und Vibration ausgesetzt werden. Dieses als Passungsrost bekannte Phänomen sieht auf den ersten Blick wie Rost aus.



Abb. 36: Rost

3. Wartung und Inspektion

3.3 Lagerschäden



Abb. 37: Elektrokorrosion

Elektrokorrosion

Wenn elektrischer Strom durch ein laufendes Lager fließt, schmilzt der Berührungsbereich zwischen den Wälzkörpern und der Laufbahn örtlich durch den Lichtbogen. Dieser Lichtbogen entsteht aufgrund des extrem dünnen Ölfilms und bildet rillenartige Riffelungen. Im deutlichsten Fall treten diese Rillen als körnige oder als geriffelte, unebene Oberfläche auf (**Abb. 37**). Bei starker elektrischer Korrosion entstehen Ablätterungen oder die Härte der Laufbahnen verringert sich, was zu verstärktem Verschleiß führt.



Abb. 38: Gleitungen

Gleitungen

Gleitungen sind eine Beschädigung der Oberfläche, die während des Betriebs aufgrund der Ansammlung von kleinen Reibungverschleißerscheinungen durch metallischen Kontakt entsteht. Dies geschieht, wenn ein unzureichender Ölfilm einen metallischen Kontakt zwischen den Wälzkörpern und der Laufbahn zulässt. Die defekte Fläche wird durch das Anhäufen winziger Ablagerungen wie in **Abb. 38** dargestellt rau. Das Schmiermittel und die Schmiermethode müssen verbessert werden.



Abb. 39: Gleiten

Drehende Lagerringe

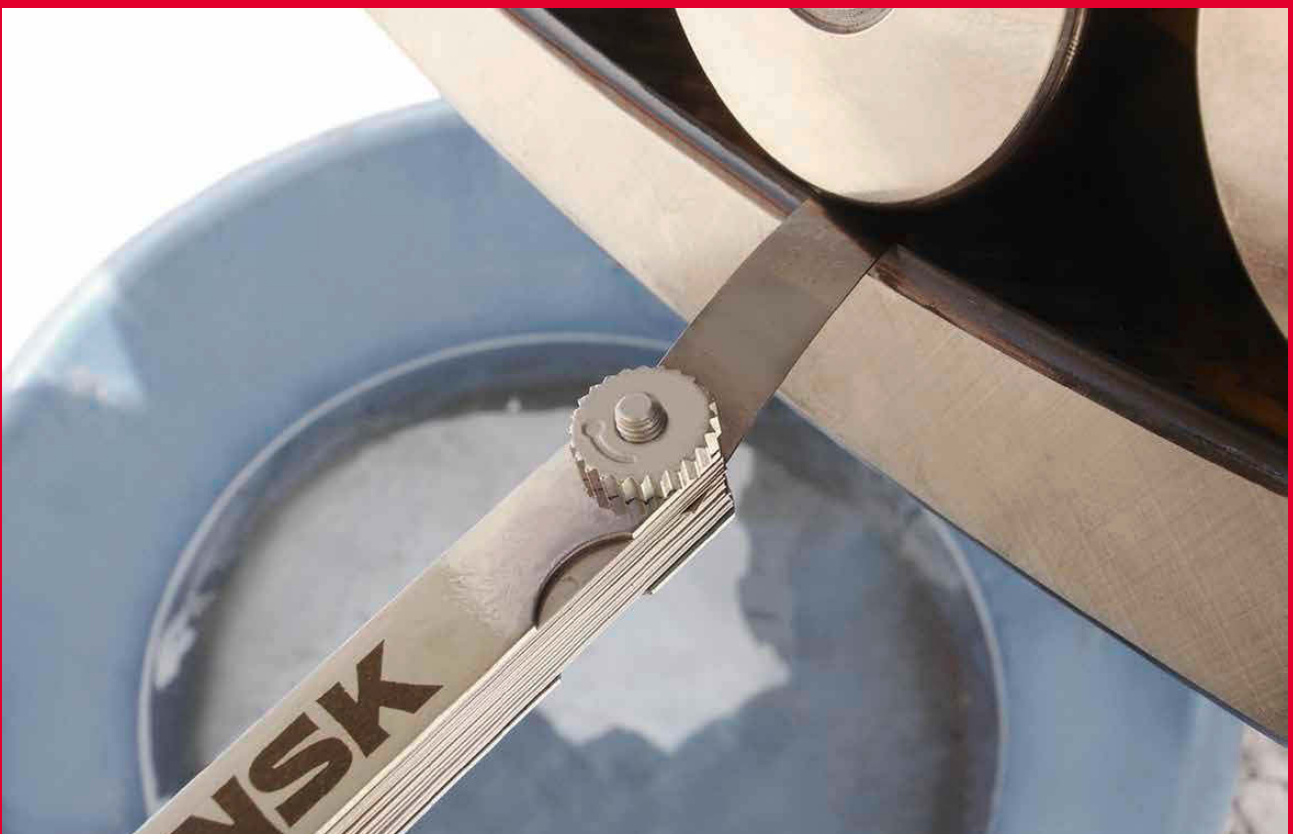
Das Wandern der Lagerringe ist ein Phänomen, bei dem sich an den Passflächen (zwischen der Innenringbohrung und der Welle bzw. zwischen der Mantelfläche des Außenrings und dem Gehäuse) eine Relativbewegung einstellt, so dass Spiel in der Passung entsteht. Ein Wandern der Ringe führt zu einer glänzenden oder rauchigen Oberfläche, die bisweilen Riefen oder Verschleiß zeigt. In **Abb. 39** ist ein Beispiel dargestellt. Die Prüfung des Übermaßes der Wellenpassung und das axiale Verspannen des Außenrings sind wirksame Maßnahmen, um ein Wandern der Ringe zu vermeiden. Ist konstruktiv bedingt ein Fixieren der Ringe nicht möglich, empfiehlt es sich, die Passflächen mit einem geeigneten Schmiermittel zu versehen. Dies kann den Verschleiß minimieren und somit einer Rissbildung vorbeugen.

4. Demontage

Lager werden für regelmäßige Überprüfungen oder zum Austauschen ausgebaut. Wenn das entfernte Lager erneut verwendet werden soll bzw. nur zur Überprüfung ausgebaut wird, muss der Ausbau ebenso vorsichtig wie der Einbau vorgenommen werden, damit weder das Lager noch einzelne Teile beschädigt werden. Da Lager mit Presspassung besonders schwer auszubauen sind, muss bei der Konstruktion besonderer Wert auf die Umgebungskonstruktion gelegt werden, damit das Lager später einfach demontiert werden kann. Außerdem ist es wichtig, bei Bedarf entsprechende Demontagewerkzeuge zu entwickeln und zu fertigen.

Der Ausbau des Lagers muss weitgehend vorbereitet werden, indem im Vorfeld das Ausbauverfahren, der Ablauf der einzelnen Schritte und die Passbedingungen des Lagers anhand der Zeichnungen festgelegt wird.

Für die Ursachenforschung eines Lagerschadens muss das Lager wie oben angesprochen ebenfalls vorsichtig demontiert werden, um den Zustand des Lagers weitestgehend zu erhalten. Achten Sie beim Ausbau eines Lagers darauf, dieses nicht zubeschädigen, kein Fett abzuwischen und weder Staub, Schmutz noch Eisenspäne zu entfernen, da dies die Fehlerursachenforschung im Nachhinein unmöglich machen kann. Eine Fotodokumentation der Demontage und der Einbaurichtungen können im Nachhinein sehr hilfreich sein.



4. Demontage

4.1 Demontage der Außenringe

Abb. 40 zeigt eine einfache, wirksame Methode zum Ausbau eines Lagers mit einem fest gepassten Außenring. Bei dieser Methode wird über die Demontagebohrungen unter Zuhilfenahme der Gewindestifte das Lagerschild abgezogen. Bei Nichtgebrauch müssen die Gewindebohrungen verschlossen sein. Sonst kann das Lager verunreinigt werden.

Die in **Abb. 41** dargestellte Methode empfiehlt sich für Gehäuse mit Lagerschildern auf beiden Seiten, die mit Durchgangsschrauben am Gehäuse befestigt sind. Es ist wichtig, dass die Spezialmutter plan an der Stirnfläche des Innen- und Außenringes anliegt. Andererseits können Beschädigungen in den Laufbahnen während der Demontage auftreten.

Eventuell muss das Lager durch die Erwärmung des Gehäuses demontiert werden. Auf jeden Fall muss das Gehäuse am gesamten Umfang gleichmäßig erwärmt werden, damit eine gleichmäßige Ausdehnung gewährleistet wird. Achten Sie auch darauf, dass das Lager, wenn das Gehäuse zu lange erwärmt wird, sich ausdehnen kann und sich dann nur schwer herausdrücken lässt. Soll das Lager wiederverwendet werden, darf die Anwärmtemperatur am Lager nicht höher als 120 °C sein.

Abb. 40: Ausbau des Außenrings

Drei Gewindestrauben zum Abdrücken des Lagerschildes

Die Gewindebohrung bei Nichtgebrauch verschließen

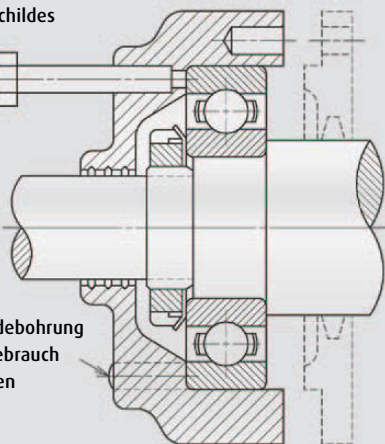
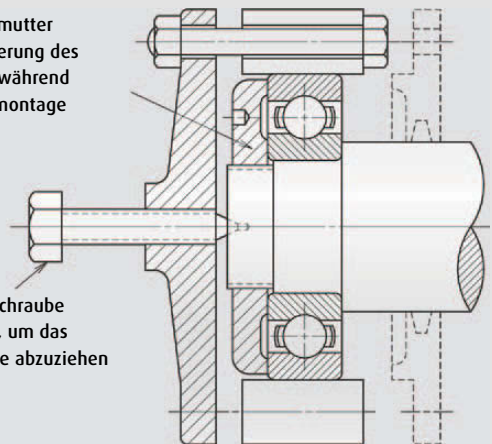


Abb. 41: Ausbau des Außenrings

Spezialmutter zur Fixierung des Lagers während der Demontage

Diese Schraube drehen, um das Gehäuse abzuziehen

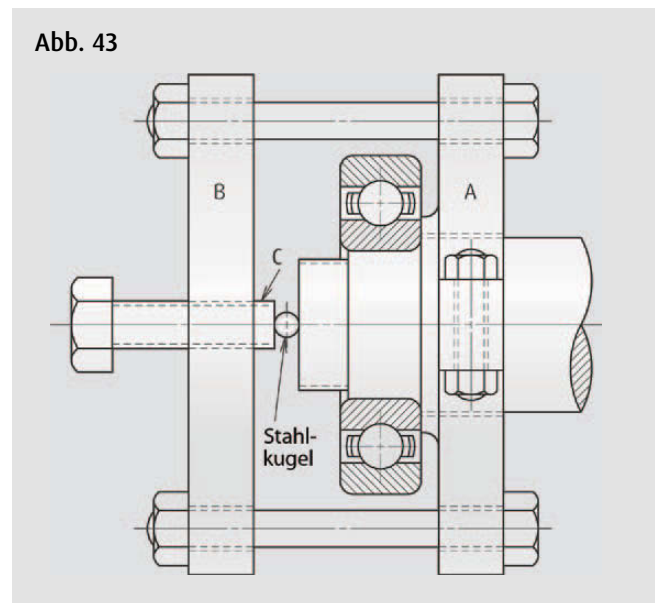
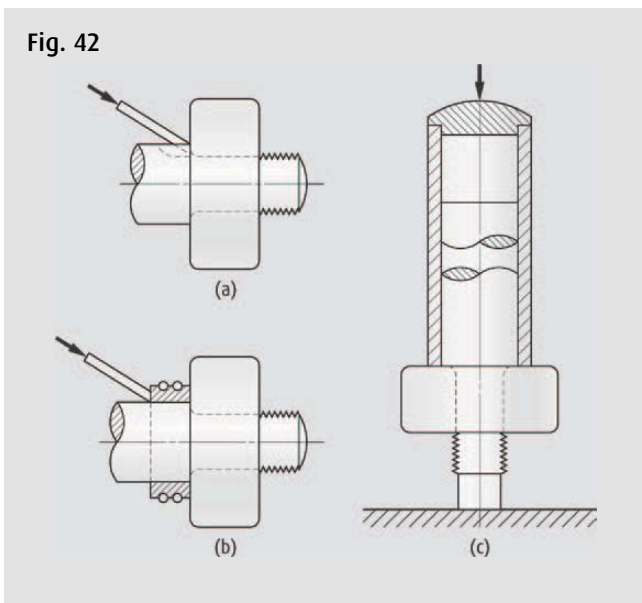


4. Demontage

4.2 Demontage der Innenringe

Der Ausbau des Innenrings ist schwieriger als der Einbau, wenn der Ring straff gepasst ist. Häufig wird ein Spezialabzieher zum Einhaken und zum anschließenden Ausbau des Innenrings verwendet. Das gleiche Werkzeug kann jedoch beim Herausdrücken eines Außenrings die Laufbahn des Lager beschädigen. Eine einfache Methode, die häufig bei relativ kleinen Übermaßen eingesetzt wird (**Abb. 42-a**), besteht darin, zwei oder drei Einkerbungen am Wellenansatz vorzunehmen und dann den Innenring mit einem Hammer und einem Dorn herunterzutreiben. Mit einem Demontagering wie dem in **Abb. 42-b** dargestellten, ist das Schlagen mit dem Hammer sicherer, weil sonst unter Umständen eine Beschädigung des Lagerringes durch Abrutschen des Dornes möglich ist. Wenn anwendbar, kann unter Zuhilfenahme einer Schlagbuchse ein leichtes Demontieren der Innenringe, wie in **Abb. 42-c** dargestellt ist, durchgeführt werden. Anstelle eines Hammers kann auch eine Presse oder ein Abzieher mit Gewinde zum Einsatz kommen. Das in **Abb. 43** gezeigte Werkzeug ist auch zum Abziehen eines Innenrings geeignet. Die aus zwei Hälften bestehende Rückplatte A wird mit Schrauben verspannt. Durch das Einfügen einer Stahlkugel zwischen Wellenende B

und Schraube C wird eine zentrische Krafteinteilung sichergestellt. Es müssen je nach Größe des jeweiligen Lagers entsprechende dimensionierte Spannschrauben verwendet werden. Welche Kraft zum Ausdrücken des Innenrings erforderlich ist, lässt sich durch die zuvor genannte Gleichung (5) und **Tabelle 3** und **4** berechnen. Je nach den spezifischen Gegebenheiten kann anstelle der Rückplatte A die Rückseite des Lagerschildes verwendet werden. Große Rollenlager mit einer straffen Passung lassen sich einfacher ohne Beschädigung des Innenrings nach der o. g. Ein- und Ausbaumethode durch induktives Anwärmen ausbauen. Wenn keine entsprechende Vorrichtung zur Verfügung steht, kann der Innenring durch Erwärmung des Umfangs mit einem Brenner o. ä. demontiert werden. Dieses Vorgehen soll Beschädigungen an der Welle ohne Rücksicht auf eine eventuelle Wiederverwendung des Lagers vermeiden. Der Ausbau der Lager muss im Vorfeld, während der Konstruktion gut überlegt werden und vor dem Einbau muss bereits die beste Methode gewählt und vorbereitet werden. Das bedeutet, dass erst dann alle Aspekte der Lagerauslegung abgedeckt sind, wenn auch der Ein- und Ausbau berücksichtigt wurde.



4. Demontage

4.3 Reinigung der Lager

4.4 Überprüfung der Lager

Reinigung der Lager

Wenn Lager nach einem bestimmten Zeitraum zur Prüfung ausgebaut werden, müssen sie gereinigt werden. Untersuchen Sie zuerst das alte Fett im Lager, und reinigen Sie anschließend das Lager und untersuchen Sie seinen Zustand.

Ausgebaute Lager sollten zunächst vorgereinigt und danach abgespült werden. Für die Vorreinigung nutzt man eine Bürste, um Fett mit Staub und Schmutz vorsichtig, ohne Drehen des Lagers, abzubürsten.

Neue Lager werden stets vor dem Verpacken mit einem Rostschutzmittel beschichtet. In der Regel brauchen diese Lager nicht gereinigt zu werden. Da die Lagersoberfläche nur mit einer dünnen Rostschuttschicht bedeckt ist, sollte sich das Schmiermittel selbst nicht negativ auf das Lager auswirken, wenn es mit einem anderen Schmierstoff gemischt ist. Ein größerer Schaden kann dem Lager durch die Reinigung in einer kontaminierten Umgebung entstehen.

Eine Reinigung des Rostschutzmittels kleiner Lager für Hochgeschwindigkeitsanwendungen oder für Lager mit einer Schmierung mit geringer Viskosität oder Ölluftschmierung ist möglich.

Verschmutzte Lager sollten gründlichst gereinigt werden. Die Reinigung sollte je nach Größe und Art der Anwendung entsprechend durchgeführt werden.

In der Regel wird Kerosin als Reinigungsmittel verwendet. Es kann auch Spindelöl mit geringer Viskosität aufgesprüht werden. Druckluft eignet sich ebenso zum Entfernen von Staub und Schmutz von dem Lager, sofern die angewendete Luft keine Feuchtigkeit oder Staub bzw. Schmutz enthält. Luft enthält oft Feuchtigkeit, die häufig zu Wassertropfen an der Düsenspitze kondensiert. Darum muss beim Einsatz von Druckluft sehr vorsichtig vorgegangen werden. Außerdem muss

der Innen- bzw. Außenring vor Verdrehen gesichert werden, damit sich das Lager bei der Reinigung durch das Blasen der Druckluft nicht dreht und die Laufbahn nicht beschädigt wird.

Vor dem Aufbewahren eines gereinigten Lagers muss es gut getrocknet und mit einem Rostschutzmittel gründlich eingeölt werden. Achten Sie beim Auftragen von Fett darauf, das Lager zu drehen, damit sich das Fett gleichmäßig an allen Stellen des Lagers verteilt.

Überprüfung der Lager

Das Wort „Überprüfung“ bezieht sich in diesem Zusammenhang nicht auf eine quantitative Messung der Maß- oder Rundlaufgenauigkeit des Wälzlagers, sondern lediglich auf dessen visuelle Untersuchung.

Wenn der Zustand eines Wälzlagers nach einer bestimmten Betriebszeit kontrolliert werden soll, ist zuerst durch genaue Prüfung festzustellen, ob es etwaige Schäden aufweist und problemlos wieder verwendet werden kann. Danach ist es gemäß den oben stehenden Anweisungen vollständig zu säubern und auf sichtbare Schäden wie Rost, Kerben oder Ablätterungen in der Rollbahn oder auf den Rollkörpern abzusuchen. Überprüfen Sie sorgfältig die Leichtgängigkeit der Kugellager.

Prüfen Sie außerdem, ob ein „Wandern“ des Innen- bzw. Außenrings auf der Sitzfläche vorliegt oder Anzeichen für ernstzunehmenden Abrieb erkennbar sind.

Eine Prüfung des Käfigverschleißes und des Zustandes der Vernietung wird empfohlen. Am häufigsten treten Schäden auf, wenn die Drehzahl des Wälzlagers zu hoch für den Käfig oder das Schmiermittel minderwertig ist bzw. nicht in ausreichender Menge aufgetragen wurde. Es besteht zwar die Möglichkeit, die Lagerluft bei relativ großen Rollenlagern mit einer Fühlerblattlehre zu messen. Bei kleinen Wälzlager, wie Kugellagern, kann diese Messung so aber nicht durchgeführt

5. Aufbewahrung der Lager

werden, da eine Bewegung der Wälzlager mit der Hand nicht möglich ist. Daher ist ein geeignetes Verfahren zur zuverlässigen Messung der korrekten Lagerluft anzuwenden. Informieren Sie sich diesbezüglich in ISO 1132-2.

Aufbewahrung der Lager

Da Lager nicht für den ständigen Betrieb gedacht sind, sondern in bestimmten Abständen ausgetauscht werden müssen, sind Ersatzlager in einer Umgebung aufzubewahren, die den Betriebsbedingungen entspricht, damit sie sofort eingesetzt werden können.

Achten Sie bei der Lageraufbewahrung besonders darauf, Eindringen von Feuchtigkeit zu vermeiden. Wenngleich Lager normalerweise mit einem Rostschutzmittel beschichtet und verpackt sind, bietet das Packpapier keinen vollständigen Schutz vor der zirkulierenden Umgebungsluft. Darum sollten Lager an einem trockenen Ort aufbewahrt werden.

Darüber hinaus sollten Lager möglichst an einem sauberen und gut gelüfteten Ort mit geringer Feuchtigkeit und Sonneneinstrahlung in einem Schrank oder Regal, mindestens 30 cm über dem Boden aufbewahrt werden. Die Lager sollten erst kurz vor der Verwendung aus der Verpackung genommen werden. Somit wird das Risiko einer Verschmutzung minimiert.

Wenn Lager zur Untersuchung vor der Montage ausgepackt werden, muss bei ihrer Einlagerung auf das anschließende Auftragen eines Rostschutzmittels und das erneute Einpacken geachtet werden.



6. Anhänge

Anhang Tabelle 1 „Toleranzen für Wellendurchmesser“

Durchmesser Einteilung (mm)		Δd_{mp} (*)	d6	e6	f6	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	js5	js6
über	bis einschl.														
3	6	0 - 8	- 30 - 38	- 20 - 28	- 10 - 18	- 4 - 9	- 4 - 12	0 - 5	0 - 8	0 - 12	0 - 18	0 - 30	0 - 48	± 2,5	± 4,0
6	10	0 - 8	- 40 - 49	- 25 - 34	- 13 - 22	- 5 - 11	- 5 - 14	0 - 6	0 - 9	0 - 15	0 - 22	0 - 36	0 - 58	± 3,0	± 4,5
10	18	0 - 8	- 50 - 61	- 32 - 43	- 16 - 27	- 6 - 14	- 6 - 17	0 - 8	0 - 11	0 - 18	0 - 27	0 - 43	0 - 70	± 4,0	± 5,5
18	30	0 - 10	- 65 - 78	- 40 - 53	- 20 - 33	- 7 - 16	- 7 - 20	0 - 9	0 - 13	0 - 21	0 - 33	0 - 52	0 - 84	± 4,5	± 6,5
30	50	0 - 12	- 80 - 96	- 50 - 66	- 25 - 41	- 9 - 20	- 9 - 25	0 - 11	0 - 16	0 - 25	0 - 39	0 - 62	0 - 100	± 5,5	± 8,0
50	80	0 - 15	- 100 - 119	- 60 - 79	- 30 - 49	- 10 - 23	- 10 - 29	0 - 13	0 - 19	0 - 30	0 - 46	0 - 74	0 - 120	± 6,5	± 9,5
80	120	0 - 20	- 120 - 142	- 72 - 94	- 36 - 58	- 12 - 27	- 12 - 34	0 - 15	0 - 22	0 - 35	0 - 54	0 - 87	0 - 140	± 7,5	± 11,0
120	180	0 - 25	- 145 - 170	- 85 - 110	- 43 - 68	- 14 - 32	- 14 - 39	0 - 18	0 - 25	0 - 40	0 - 63	0 - 100	0 - 160	± 9,0	± 12,5
180	250	0 - 30	- 170 - 199	- 100 - 129	- 50 - 79	- 15 - 35	- 15 - 44	0 - 20	0 - 29	0 - 46	0 - 72	0 - 115	0 - 185	± 10,0	± 14,5
250	315	0 - 35	- 190 - 222	- 110 - 142	- 56 - 88	- 17 - 40	- 17 - 49	0 - 23	0 - 32	0 - 52	0 - 81	0 - 130	0 - 210	± 11,5	± 16,0
315	400	0 - 40	- 210 - 246	- 125 - 161	- 62 - 98	- 18 - 43	- 18 - 54	0 - 25	0 - 36	0 - 57	0 - 89	0 - 140	0 - 230	± 12,5	± 18,0
400	500	0 - 45	- 230 - 270	- 135 - 175	- 68 - 108	- 20 - 47	- 20 - 60	0 - 27	0 - 40	0 - 63	0 - 97	0 - 155	0 - 250	± 13,5	± 20,0
500	630	0 - 50	- 260 - 304	- 145 - 189	- 76 - 120	-	- 22 - 66	-	0 - 44	0 - 70	0 - 110	0 - 175	0 - 280	-	± 22,0
630	800	0 - 75	- 290 - 340	- 160 - 210	- 80 - 130	-	- 24 - 74	-	0 - 50	0 - 80	0 - 125	0 - 200	0 - 320	-	± 25,0
800	1000	0 - 100	- 320 - 376	- 170 - 226	- 86 - 142	-	- 26 - 82	-	0 - 56	0 - 90	0 - 140	0 - 230	0 - 360	-	± 28,0
1000	1250	0 - 125	- 350 - 416	- 195 - 261	- 98 - 164	-	- 28 - 94	-	0 - 66	0 - 105	0 - 165	0 - 260	0 - 420	-	± 33,0
1250	1600	0 - 160	- 390 - 468	- 220 - 298	- 110 - 188	-	- 30 - 108	-	0 - 78	0 - 125	0 - 195	0 - 310	0 - 500	-	± 39,0
1600	2000	0 - 200	- 430 - 522	- 240 - 332	- 120 - 212	-	- 32 - 124	-	0 - 92	0 - 150	0 - 230	0 - 370	0 - 600	-	± 46,0



	j5	j6	j7	k5	k6	k7	m5	m6	n6	p6	r6	r7	Durchmesser Einteilung (mm)	
													über	bis einschl.
	+ 3 - 2	+ 6 - 2	+ 8 - 4	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+ 13 + 1	+ 9 + 4	+ 12 + 4	+ 16 + 8	+ 20 + 12	+ 23 + 15	+ 27 + 15	3	6
	+ 4 - 2	+ 7 - 2	+ 10 - 5	+ 7 + 1	+ 10 + 1	+ 16 + 1	+ 12 + 6	+ 15 + 6	+ 19 + 10	+ 24 + 15	+ 28 + 19	+ 34 + 19	6	10
	+ 5 - 3	+ 8 - 3	+ 12 - 6	+ 9 + 1	+ 12 + 1	+ 19 + 1	+ 15 + 7	+ 18 + 7	+ 23 + 12	+ 29 + 18	+ 34 + 23	+ 41 + 23	10	18
	+ 5 - 4	+ 9 - 4	+ 13 - 8	+ 11 + 2	+ 15 + 2	+ 23 + 2	+ 17 + 8	+ 21 + 8	+ 28 + 15	+ 35 + 22	+ 41 + 28	+ 49 + 28	18	30
	+ 6 - 5	+ 11 - 5	+ 15 - 10	+ 13 + 2	+ 18 + 2	+ 27 + 2	+ 20 + 9	+ 25 + 9	+ 33 + 17	+ 42 + 26	+ 50 + 34	+ 59 + 34	30	50
	+ 6 - 7	+ 12 - 7	+ 18 - 12	+ 15 + 2	+ 21 + 2	+ 32 + 2	+ 24 + 11	+ 30 + 11	+ 39 + 20	+ 51 + 32	+ 60 + 41	+ 71 + 41	50	80
	+ 6 - 9	+ 13 - 9	+ 20 - 15	+ 18 + 3	+ 25 + 3	+ 38 + 3	+ 28 + 13	+ 35 + 13	+ 45 + 23	+ 59 + 37	+ 73 + 51	+ 86 + 51	80	120
	+ 7 - 11	+ 14 - 11	+ 22 - 18	+ 21 + 3	+ 28 + 3	+ 43 + 3	+ 33 + 15	+ 40 + 15	+ 52 + 27	+ 68 + 43	+ 88 + 63	+ 103 + 63	120	180
	+ 7 - 13	+ 16 - 13	+ 25 - 21	+ 24 + 4	+ 33 + 4	+ 50 + 4	+ 37 + 17	+ 46 + 17	+ 60 + 31	+ 79 + 50	+ 106 + 77	+ 123 + 77	180	250
	+ 7 - 16	± 16	± 26	+ 27 + 4	+ 36 + 4	+ 56 + 4	+ 43 + 20	+ 52 + 20	+ 66 + 34	+ 88 + 56	+ 126 + 94	+ 146 + 94	250	315
	+ 7 - 18	± 18	+ 29 - 28	+ 29 + 4	+ 40 + 4	+ 61 + 4	+ 46 + 21	+ 57 + 21	+ 73 + 37	+ 98 + 62	+ 144 + 108	+ 165 + 108	315	400
	+ 7 - 20	± 20	+ 31 - 32	+ 32 + 5	+ 45 + 5	+ 68 + 5	+ 50 + 23	+ 63 + 23	+ 80 + 40	+ 108 + 68	+ 150 + 126	+ 171 + 126	400	500
	-	-	-	-	+ 44 0	+ 70 0	-	+ 70 + 26	+ 88 + 44	+ 122 + 78	+ 194 + 150	+ 220 + 150	500	630
	-	-	-	-	+ 50 0	+ 80 0	-	+ 80 + 30	+ 100 + 50	+ 138 + 88	+ 225 + 175	+ 255 + 175	630	800
	-	-	-	-	+ 56 0	+ 90 0	-	+ 90 + 30	+ 112 + 46	+ 156 + 100	+ 235 + 210	+ 265 + 210	800	1000
	-	-	-	-	+ 66 0	+ 105 0	-	+ 106 + 40	+ 132 + 66	+ 186 + 120	+ 266 + 250	+ 300 + 250	1000	1250
	-	-	-	-	+ 78 0	+ 125 0	-	+ 126 + 48	+ 156 + 78	+ 218 + 140	+ 326 + 316	+ 365 + 250	1250	1600
	-	-	-	-	+ 92 0	+ 150 0	-	+ 150 + 58	+ 184 + 92	+ 262 + 170	+ 425 + 370	+ 520 + 370	1600	2000
											+ 492 + 400	+ 550 + 400		

6. Anhänge

Anhang Tabelle 2 „Toleranzen für Gehäusebohrungsdurchmesser“

Durchmesser Einteilung (mm)		Δd_{mp} (°)	E6	F6	F7	G6	G7	H6	H7	H8	J6	J7
über	bis einschl.											
10	18	0 - 8	+ 43 + 32	+ 27 + 16	+ 34 + 16	+ 17 + 6	+ 24 + 6	+ 11 0	+ 18 0	+ 27 0	+ 6 - 5	+ 10 - 8
18	30	0 - 9	+ 53 + 40	+ 33 + 20	+ 41 + 20	+ 20 + 7	+ 28 + 7	+ 13 0	+ 21 0	+ 33 0	+ 8 - 5	+ 12 - 9
30	50	0 - 11	+ 66 + 50	+ 41 + 25	+ 50 + 25	+ 25 + 9	+ 34 + 9	+ 16 0	+ 25 0	+ 39 0	+ 10 - 6	+ 14 - 11
50	80	0 - 13	+ 79 + 60	+ 49 + 30	+ 60 + 30	+ 29 + 10	+ 40 + 10	+ 19 0	+ 30 0	+ 46 0	+ 13 - 6	+ 18 - 12
80	120	0 - 15	+ 94 + 72	+ 58 + 36	+ 71 + 36	+ 34 + 12	+ 47 + 12	+ 22 0	+ 35 0	+ 54 0	+ 16 - 6	+ 22 - 13
120 150	150 180	0 - 18 0 - 25	+ 110 + 85	+ 68 + 43	+ 83 + 43	+ 39 + 14	+ 54 + 14	+ 25 0	+ 40 0	+ 63 0	+ 18 - 7	+ 26 - 14
180	250	0 - 30	+ 129 + 100	+ 79 + 50	+ 96 + 50	+ 44 + 15	+ 61 + 15	+ 29 0	+ 46 0	+ 72 0	+ 22 - 7	+ 30 - 16
250	315	0 - 35	+ 142 + 110	+ 88 + 56	+ 108 + 56	+ 49 + 17	+ 69 + 17	+ 32 0	+ 52 0	+ 81 0	+ 25 - 7	+ 36 - 16
315	400	0 - 40	+ 161 + 125	+ 98 + 62	+ 119 + 62	+ 54 + 18	+ 75 + 18	+ 36 0	+ 57 0	+ 89 0	+ 29 - 7	- 39 - 18
400	500	0 - 45	+ 175 + 135	+ 108 + 68	+ 131 + 68	+ 60 + 20	+ 83 + 20	+ 40 0	+ 63 0	+ 97 0	+ 33 - 7	- 43 - 20
500	630	0 - 50	+ 189 + 145	+ 120 + 76	+ 146 + 76	+ 66 + 22	+ 92 + 22	+ 44 0	+ 70 0	+ 110 0	-	-
630	800	0 - 75	+ 210 + 160	+ 130 + 80	+ 160 + 80	+ 74 + 24	+ 104 + 24	+ 50 0	+ 80 0	+ 125 0	-	-
800	1000	0 - 100	+ 226 + 170	+ 142 + 86	+ 176 + 86	+ 82 + 26	+ 116 + 26	+ 56 0	+ 90 0	+ 140 0	-	-
1000	1250	0 - 125	+ 261 + 195	+ 164 + 98	+ 203 + 98	+ 94 + 58	+ 133 + 28	+ 66 0	+ 105 0	+ 165 0	-	-
1250	1600	0 - 160	+ 298 + 220	+ 188 + 110	+ 235 + 110	+ 108 + 30	+ 155 + 30	+ 78 0	+ 125 0	+ 195 0	-	-
1600	2000	0 - 200	+ 332 + 240	+ 212 + 120	+ 270 + 120	+ 124 + 32	+ 182 + 32	+ 92 0	+ 150 0	+ 230 0	-	-
2000	2500	0 - 250	+ 370 + 260	+ 240 + 130	+ 305 + 130	+ 144 + 34	+ 209 + 34	+ 110 0	+ 175 0	+ 280 0	-	-



	J56	J57	K5	K6	K7	M5	M6	M7	N5	N6	N7	P6	P7	Durchmesser Einteilung (mm)	
														über	bis einschl.
	± 5,5	± 9	+2 -6	+2 -9	+6 -12	- 4 -12	- 4 -15	0 -18	- 9 -17	- 9 -20	- 5 -23	- 15 -26	- 11 -29	10	18
	± 6,5	± 10,5	+1 -8	+2 -11	+6 -15	- 5 -14	- 4 -17	0 -21	-12 -21	-11 -24	- 7 -28	-18 -31	-14 -35	18	30
	± 8	± 12,5	+2 -9	+3 -13	+7 -18	- 5 -16	- 4 -17	0 -25	-13 -24	-12 -28	- 8 -33	-21 -37	-17 -42	30	50
	± 9,5	± 15	+3 -10	+4 -15	+9 -21	- 6 -19	- 5 -24	0 -30	-15 -28	-14 -33	- 9 -39	-26 -45	-21 -51	50	80
	± 11	± 17,5	+2 -13	+4 -18	+10 -25	- 8 -23	- 6 -28	0 -35	-18 -33	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	80	120
	± 12,5	± 20	+3 -15	+4 -21	+12 -28	- 9 -27		0 -40	-21 -39	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	120 150	150 180
	± 14,5	± 23	+2 -18	+5 -24	+13 -33	-11 -31	- 8 -33	0 -46	-25 -45	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	180	250
	± 16	± 26	+3 -20	+5 -27	+16 -36	-13 -36	- 8 -37	0 -52	-27 -50	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	250	315
	± 18	± 28,5	+3 -22	+7 -29	+17 -40	-14 -39	- 9 -41	0 -57	-30 -55	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	315	400
	± 20	± 31,5	+2 -25	+8 -32	+18 -45	-16 -43	-10 -50	0 -63	-33 -60	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	400	500
	± 22	± 35	-	0 -44	0 -70	-	-26 -70	-26 -96	-	-44 -88	-44 -114	-78 -122	-78 -148	500	630
	± 25	± 40	-	0 -50	0 -80	-	-30 -80	-30 -110	-	-50 -100	-50 -130	-88 -138	-88 -168	630	800
	± 28	± 45	-	0 -56	0 -90	-	-34 -90	-34 -124	-	-56 -112	-56 -246	-100 -156	-100 -190	800	1000
	± 33	± 52,5	-	0 -66	0 -100	-	-40 -106	-40 -145	-	-66 -132	-66 -272	-120 -186	-120 -225	1000	1250
	± 39	± 62,5	-	0 -78	0 -125	-	-48 -126	-48 -173	-	-78 -156	-78 -203	-140 -218	-140 -265	1250	1600
	± 46	± 75	-	0 -92	0 -150	-	-58 -150	-58 -208	-	-92 -184	-92 -242	-170 -262	-170 -320	1600	2000
	± 55	± 87,5	-	0 -110	0 -175	-	-68 -178	-68 -243	-	-110 -220	-110 -285	-195 -305	-195 -370	2000	2500

Notizen



A series of horizontal lines for writing, consisting of 20 evenly spaced lines.

NSK Vertriebsniederlassungen – Europa, Mittlerer Osten und Afrika

**Deutschland, Benelux,
Österreich, Schweiz,
Skandinavien**

NSK Deutschland GmbH
Harkortstraße 15
40880 Ratingen
Tel. +49 (0) 2102 4810
Fax +49 (0) 2102 4812290
info-de@nsk.com

Frankreich

NSK France S.A.S.
Quartier de l'Europe
2, rue Georges Guynemer
78283 Guyancourt Cedex
Tel. +33 (0) 1 30573939
Fax +33 (0) 1 30570001
info-fr@nsk.com

Großbritannien

NSK UK LTD.
Northern Road, Newark,
Nottinghamshire NG24 2JF
Tel. +44 (0) 1636 605123
Fax +44 (0) 1636 643276
info-uk@nsk.com

Italien

NSK Italia S.p.A.
Via Garibaldi, 215
20024 Garbagnate
Milanese (MI)
Tel. +39 02 995 191
Fax +39 02 990 25 778
info-it@nsk.com

Mittlerer Osten

NSK Bearings Gulf Trading Co.
JAFZA View 19, Floor 24 Office 2/3
Jebel Ali Downtown,
PO Box 262163
Dubai, UAE
Tel. +971 (0) 4 804 8205
Fax +971 (0) 4 884 7227
info-me@nsk.com

Polen & CEE

NSK Polska Sp. z o.o.
Warsaw Branch
Ul. Migdałowa 4/73
02-796 Warszawa
Tel. +48 22 645 15 25
Fax +48 22 645 15 29
info-pl@nsk.com

Rusland

NSK Polska Sp. z o.o.
Russian Branch
Office I 703, Bldg 29,
18th Line of Vasilievskiy Ostrov,
Saint-Petersburg, 199178
Tel. +7 812 3325071
Fax +7 812 3325072
info-ru@nsk.com

Spanien

NSK Spain, S.A.
C/ Tarragona, 161 Cuerpo Bajo
2ª Planta, 08014 Barcelona
Tel. +34 932 89 27 63
Fax +34 934 33 57 76
info-es@nsk.com

Südafrika

NSK South Africa (Pty) Ltd.
25 Galaxy Avenue
Linbro Business Park
Sandton 2146
Tel. +27 (011) 458 3600
Fax +27 (011) 458 3608
nsk-sa@nsk.com

Türkei

NSK Rulmanları Orta Doğu Tic. Ltd. Şti.
Cevizli Mah. D-100 Güney Yan Yol
Kuriş Kule İş Merkezi No:2 Kat:4
Kartal - Istanbul
Tel. +90 216 5000 675
Fax +90 216 5000 676
turkey@nsk.com

**Bitte besuchen Sie auch unsere Website: www.nskeurope.de
NSK weltweit: www.nsk.com**

