

MOTION & CONTROL

NSK

Wälzlager



Technische Informationen

Seiten
A7 ~A143

Techn.
Info.

Rillenkugellager

B4 ~B49



Schrägkugellager

B50 ~B81



Pendelkugellager

B82 ~B101



Zylinderrollenlager

B102 ~B127



Kegelrollenlager

B128 ~B199



Pendelrollenlager

B200 ~B223



Axiallager

B224 ~B261



Nadellager

B262 ~B293



Gehäuselager

B294 ~B317



Zylinderrollenlager für Seilscheiben

B318 ~B325



Walzenzapfenlager

B326 ~B335

Walzenzapfen

Lager für Schienenfahrzeuge

B336 ~B337

Schienenfahrzeuge

Stahlkugeln und Rollen

B338 ~B347



Zubehör für Wälzlager

B348 ~B371



NSK-Produkte und Anhänge

C1 ~C31

Anhänge

Wälzlager

Referenz: RB/A/D/0907

Vorwort zum NSK Wälzlagerkatalog

Wir freuen uns über Ihr Interesse an unserem neuen Wälzlagerkatalog. Bei der Überarbeitung stand der Nutzen für unsere Kunden im Vordergrund und wir hoffen, dass der Katalog Ihren Anforderungen entspricht.

In den letzten Jahren haben sich Technologien in einem bemerkenswerten Tempo weiter entwickelt und in vielen Bereichen ist eine Fülle neuartiger Produkte entstanden. Hierzu gehören Windkraftanlagen, Unterhaltungselektronik, Medizintechnik, Werkzeugmaschinen und vieles mehr. Diese innovativen Produkte stellen für Wälzlagerhersteller eine Herausforderung dar, da die Nachfrage nach Lagern mit höherer Leistungsfähigkeit, Genauigkeit und Betriebssicherheit stark belebt wird. Hersteller von Geräten, Maschinen und Anlagen stellen die vielfältigsten Anforderungen an Wälzlager, darunter höhere ertragbare Drehzahlen, geringe Reibung, leiser und vibrationsarmer Betrieb, Wartungsfreiheit, Einsatz unter rauen Umgebungsbedingungen, einfache Integration in Anlagen und vieles mehr.

Diese Überarbeitung berücksichtigt die stetige Erweiterung unseres Produktpportfolios und die Änderungen, die sich bei ISO- und JIS Normen ergeben haben. Im ersten Teil finden Sie allgemeine Informationen über Wälzlager, die Ihnen bei der Auswahl der passenden Lager helfen. Dann folgen zusätzliche technische Informationen zu Lagerlebensdauer, Tragzahlen, Grenzdrehzahlen, Handhabung sowie Schmierung. Im letzten und größten Teil des Kataloges finden sich ausführliche Lagertabellen mit Lagerbezeichnung, Abmessungen und den dazugehörigen Konstruktionsdaten, die nach aufsteigendem Bohrungsnennmaß geordnet sind. Die Tabellendaten stehen sowohl im internationalen Einheitenystem (SI) wie auch dem technischen Einheitenystem (Gravitational System of Units) zur Verfügung.

Wir hoffen, Sie finden mit diesem Katalog das geeignete Hilfsmittel für Ihre Lagerauslegung. Falls Sie dennoch Unterstützung benötigen, wenden Sie sich bitte an NSK. Unsere Ingenieure geben Ihnen gerne Auskunft.

Haftungsausschluss:

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und geprüft. Änderungen, insbesondere wenn sie dem Fortschritt dienen, behalten wir uns vor. Hinweise auf eine Anwendung unserer Produkte besagen nicht, dass wir eine Haftung für tatsächliche Eignung übernehmen. Sämtliche Haftungsansprüche gegen uns sind ausgeschlossen, insbesondere auch für materielle oder immaterielle Schäden, auch soweit sie auf einer unmittelbaren oder mittelbaren Verwendung der Angaben und Hinweise gestützt werden.

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung zulässig.

INHALTSVERZEICHNIS

TECHNISCHE INFORMATIONEN

	Seiten		Seiten	
1 WÄLZLAGERBAUARTEN UND -MERKMALE		5.4.2	Axiallastkomponenten in Schräg-kugellagern und Kegelrollenlagern	A33
1.1 Konstruktion und Einordnung	A 7	5.5	Statische Tragzahl und äquivalente statische Lagerbelastung	A34
1.2 Wälzlagereigenschaften	A 7	5.5.1	Statische Tragzahl	A34
		5.5.2	Äquivalente statische Lagerbelastung	A34
2 LAGERAUSWAHLVERFAHREN	A16			
3 AUSWAHL DER LAGEBAUART	A18	5.5.3	Zulässige statische Tragfähigkeit	A34
3.1 Zulässiger Bauraum	A18	5.6	Maximal zulässige Axialbelastungen für Zylinderrollenlager	A35
3.2 Tragfähigkeit und Lagerarten	A18			
3.3 Zulässige Drehzahlen und Lagerarten	A18	5.7	Beispiele für Lagerberechnungen	A36
3.4 Schieffstellung der Innen-/Außenringe und Lagerarten	A18	6	GRENZDREHZAHL	A39
3.5 Steifigkeit und Lagerarten	A19	6.1	Anpassung der Grenzdrehzahl	A39
3.6 Laufgeräusche und Reibmomente verschiedener Lagerarten	A19	6.2	Grenzdrehzahlen für Kugellager mit berührenden Dichtungen	A39
3.7 Laufgenauigkeit und Lagerarten	A19			
3.8 Ein- und Ausbau verschiedener Lagerarten	A19	7	LAGERABMESSUNGEN UND -BEZEICHNUNG	A40
		7.1	Lagerabmessungen und Abmessungen von Sicherungsringnuten	A40
4 AUSWAHL DER LAGERANORDNUNG	A20	7.1.1	Lagerabmessungen	A40
4.1 Festlager und Loslager	A20	7.1.2	Abmessungen Sicherungsringnuten und -befestigungen	A40
4.2 Beispiele für die Anordnung von Lagern	A21	7.2	Zusammensetzung der Lagerbezeichnung	A56
5 AUSWAHL DER LAGERGRÖSSE	A24	8	LAGERTOLERANZEN	A60
5.1 Lagerlebensdauer	A24	8.1	Normwerte der Lagertoleranzen	A60
5.1.1 Ermüdungslebensdauer und nominelle Lebensdauer	A24	8.2	Auswahl der Genauigkeitsklasse	A83
5.2 Dynamische Tragzahl und Lebensdauer	A24	9	PASSUNGEN UND LAGERSPIEL	A84
5.2.1 Dynamische Tragzahl	A24	9.1	Passungen	A84
5.2.2 Lageranwendungen und geplante Lebensdauer	A24	9.1.1	Die Wichtigkeit geeigneter Passungen	A84
5.2.3 Auswahl der Lagergröße nach der Tragzahl	A25	9.1.2	Auswahl der Passungen	A84
5.2.4 Temperaturkorrektur der Tragzahl	A26	9.1.3	Empfohlene Passungen	A85
5.2.5 Modifizierung der nominellen Lebensdauer	A27	9.2	Lagerspiel	A90
5.3 Berechnung der Lagerbelastung	A30	9.2.1	Lagerspiel und seine Normen	A90
5.3.1 Betriebsfaktor	A30	9.2.2	Auswahl des Lagerspiels	A96
5.3.2 Lagerbelastungen in Anwendungen mit Riemen- oder Kettenantrieb	A30	10	VORSPANNUNG	A98
5.3.3 Lagerbelastungen in Anwendungen mit Zahnrädergetrieben	A31	10.1	Zweck der Vorspannung	A98
5.3.4 Lastverteilung auf die Lagerstellen	A31	10.2	Vorspannarten	A98
5.3.5 Mittlere Last bei veränderlicher Belastung	A31	10.2.1	Starre Vorspannung	A98
5.4 Äquivalente Belastung	A32	10.2.2	Federvorspannung	A98
5.4.1 Berechnung äquivalenter Belastungen	A33	10.3	Vorspannung und Steifigkeit	A98
		10.3.1	Starre Vorspannung und Steifigkeit	A98
		10.3.2	Federvorspannung und Steifigkeit	A99
		10.4	Auswahl der Vorspannart und -größe	A99
		10.4.1	Vergleich der Vorspannarten	A99
		10.4.2	Größe der Vorspannung	A100

		Seiten		Seiten
11	GESTALTUNG VON WELLEN UND GEHÄUSEN		15	TECHNISCHE DATEN
11.1	Genauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit von Wellen und Gehäusen	A102	15.1	Axiale Lagerverschiebung
11.2	Schulter- und Hohlkehlenradius	A102	15.2	Passungen
11.3	Lagerdichtungen	A104	15.3	Radiales und axiales Lagerspiel
11.3.1	Berührungsreie Dichtungen	A104	15.4	Vorspannung und Anlaufmoment
11.3.2	Berührende Dichtungen	A106	15.5	Reibungszahlen und andere Lagerdaten
			15.6	Sorten und Eigenschaften von Schmierfetten
				A138
				A140
12	SCHMIERUNG	A107		
12.1	Zweck der Schmierung	A107		
12.2	Schmierungsarten	A107		
12.2.1	Fettschmierung	A107		
12.2.2	Ölschmierung	A109		
12.3	Schmierstoffe	A112		
12.3.1	Schmierfette	A112		
12.3.2	Schmieröle	A114		
13	LAGERWERKSTOFFE	A116		
13.1	Werkstoffe für Lagerringe und Wälzkörper	A116		
13.2	Käfigwerkstoffe	A117		
14	HANDHABUNG VON LAGERN	A118		
14.1	Vorsichtsmaßnahmen für die richtige Handhabung von Lagern	A118		
14.2	Einbau	A118		
14.2.1	Einbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung	A118		
14.2.2	Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung	A120		
14.3	Probelauf	A120		
14.4	Ausbau	A123		
14.4.1	Ausbau der Außenringe	A123		
14.4.2	Ausbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung	A123		
14.4.3	Ausbau von Lagern mit kegeliger Bohrung	A123		
14.5	Lagerüberprüfung	A124		
14.5.1	Lagerreinigung	A125		
14.5.2	Überprüfung und Beurteilung der Lager	A125		
14.6	Wartung und Inspektion	A126		
14.6.1	Abweichungen erkennen und korrigieren	A126		
14.6.2	Lagerschäden und Gegenmaßnahmen	A126		
				C1
				C2
				C6
				C8
				C9
				C10
				C11
				C12
				C14
				C15
				C16
				C18
				C20
				C22
				C23
				C24
				C26
				C28
				C30
				C32
				C34
				C36
				C38
				C40
				C42
				C44
				C46
				C48
				C50
				C52
				C54
				C56
				C58
				C60
				C62
				C64
				C66
				C68
				C70
				C72
				C74
				C76
				C78
				C80
				C82
				C84
				C86
				C88
				C90
				C92
				C94
				C96
				C98
				C100
				C102
				C104
				C106
				C108
				C110
				C112
				C114
				C116
				C118
				C120
				C122
				C124
				C126
				C128
				C130
				C132
				C134
				C136
				C138
				C140
				C142
				C144
				C146
				C148
				C150
				C152
				C154
				C156
				C158
				C160
				C162
				C164
				C166
				C168
				C170
				C172
				C174
				C176
				C178
				C180
				C182
				C184
				C186
				C188
				C190
				C192
				C194
				C196
				C198
				C200
				C202
				C204
				C206
				C208
				C210
				C212
				C214
				C216
				C218
				C220
				C222
				C224
				C226
				C228
				C230
				C232
				C234
				C236
				C238
				C240
				C242
				C244
				C246
				C248
				C250
				C252
				C254
				C256
				C258
				C260
				C262
				C264
				C266
				C268
				C270
				C272
				C274
				C276
				C278
				C280
				C282
				C284
				C286
				C288
				C290
				C292
				C294
				C296
				C298
				C300
				C302
				C304
				C306
				C308
				C310
				C312
				C314
				C316
				C318
				C320
				C322
				C324
				C326
				C328
				C330
				C332
				C334
				C336
				C338
				C340
				C342
				C344
				C346
				C348
				C350
				C352
				C354
				C356
				C358
				C360
				C362
				C364
				C366
				C368
				C370
				C372
				C374
				C376
				C378
				C380
				C382
				C384
				C386
				C388
				C390
				C392
				C394
				C396
				C398
				C400
				C402
				C404
				C406
				C408
				C410
				C412
				C414
				C416
				C418
				C420
				C422
				C424
				C426
				C428
				C430
				C432
				C434
				C436
				C438
				C440
				C442
				C444
				C446
				C448
				C450
				C452
				C454
				C456
				C458
				C460
				C462
				C464
				C466
				C468
				C470
				C472
				C474
				C476
				C478
				C480
				C482
				C484
				C486
				C488
				C490
				C492
				C494
				C496
				C498
				C500
				C502
				C504
				C506
				C508
				C510
				C512
				C514
				C516
				C518
				C520
				C522
				C524
				C526
				C528
				C530
				C532
				C534
				C536
				C538
				C540
				C542
				C544
				C546
				C548
				C550
				C552
				C554
				C556
				C558
				C560
				C562
				C564
				C566
				C568
				C570
				C572
				C

1. WÄLZLAGERBAUARTEN UND -MERKMALE

1.1 Konstruktion und Einordnung

Wälzlagern bestehen im Allgemeinen aus zwei Ringen, Wälzkörpern und einem Käfig und werden je nach Richtung der Hauptbelastung in Radiallager und Axiallager unterteilt. Zusätzlich werden sie abhängig von der Art der Wälzkörper in Kugellager oder Rollenlager und entsprechend ihrer Konstruktion oder ihrem besonderen Verwendungszweck weiter unterteilt.

Die gängigsten Lagerarten und die Bezeichnung ihrer Einzelteile sind unter Abb. 1.1 aufgeführt, eine allgemeine Einordnung der Wälzlagern befindet sich unter Abb. 1.2.

1.2 Wälzlagereigenschaften

Im Vergleich zu Gleitlagern haben Wälzlagern die folgenden großen Vorteile:

(1) Anlaufmoment und Reibung sind niedrig und die Differenz zwischen dem Anlaufmoment und dem Betriebsreibmoment ist gering.

- (2) Mit der Ausweitung der weltweiten Standardisierung sind Wälzlagern international verfügbar und austauschbar.
- (3) Wartung, Ersatz und Prüfung sind einfach, weil der Aufbau um die Wälzlagern einfach ist.
- (4) Viele Wälzlagern können sowohl radiale als auch axiale Belastungen gleichzeitig oder unabhängig voneinander aufnehmen.
- (5) Wälzlagern können in einem großen Temperaturbereich eingesetzt werden.
- (6) Wälzlagern können vorgespannt werden, um ein negatives Spiel und größere Steifigkeit zu erreichen.

Darüber hinaus haben die verschiedenen Wälzlagertypen ihre eigenen Vorteile. Die Merkmale der gebräuchlichsten Wälzlagern sind auf den Seiten A10 bis A12 und in der Tabelle 1.1 (Seiten A14 und A15) beschrieben.

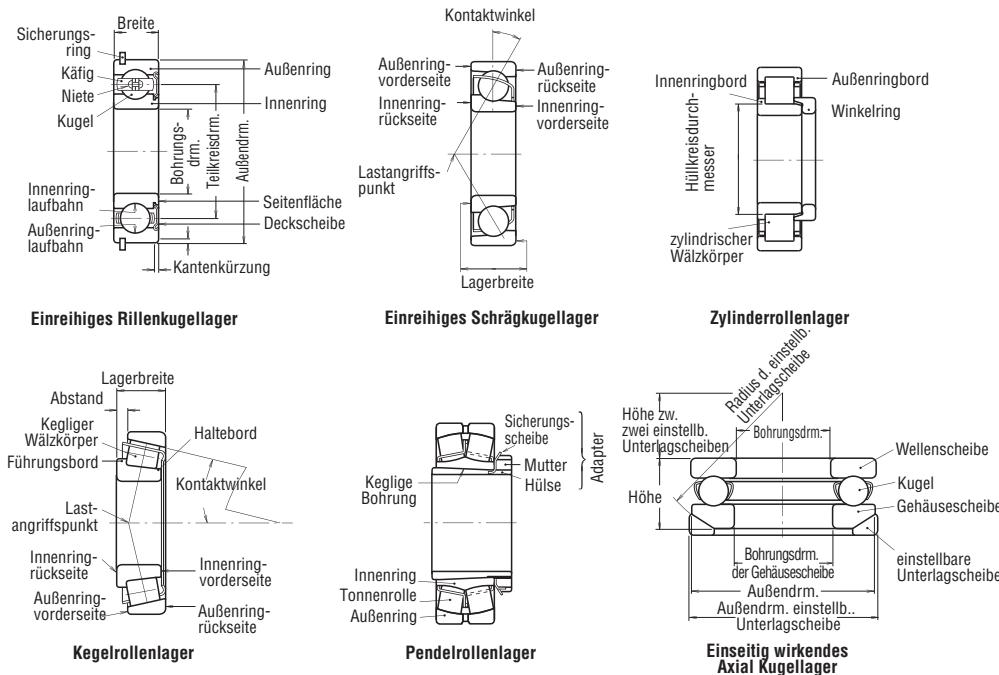


Abb. 1.1 Bezeichnungen der Lagerteile

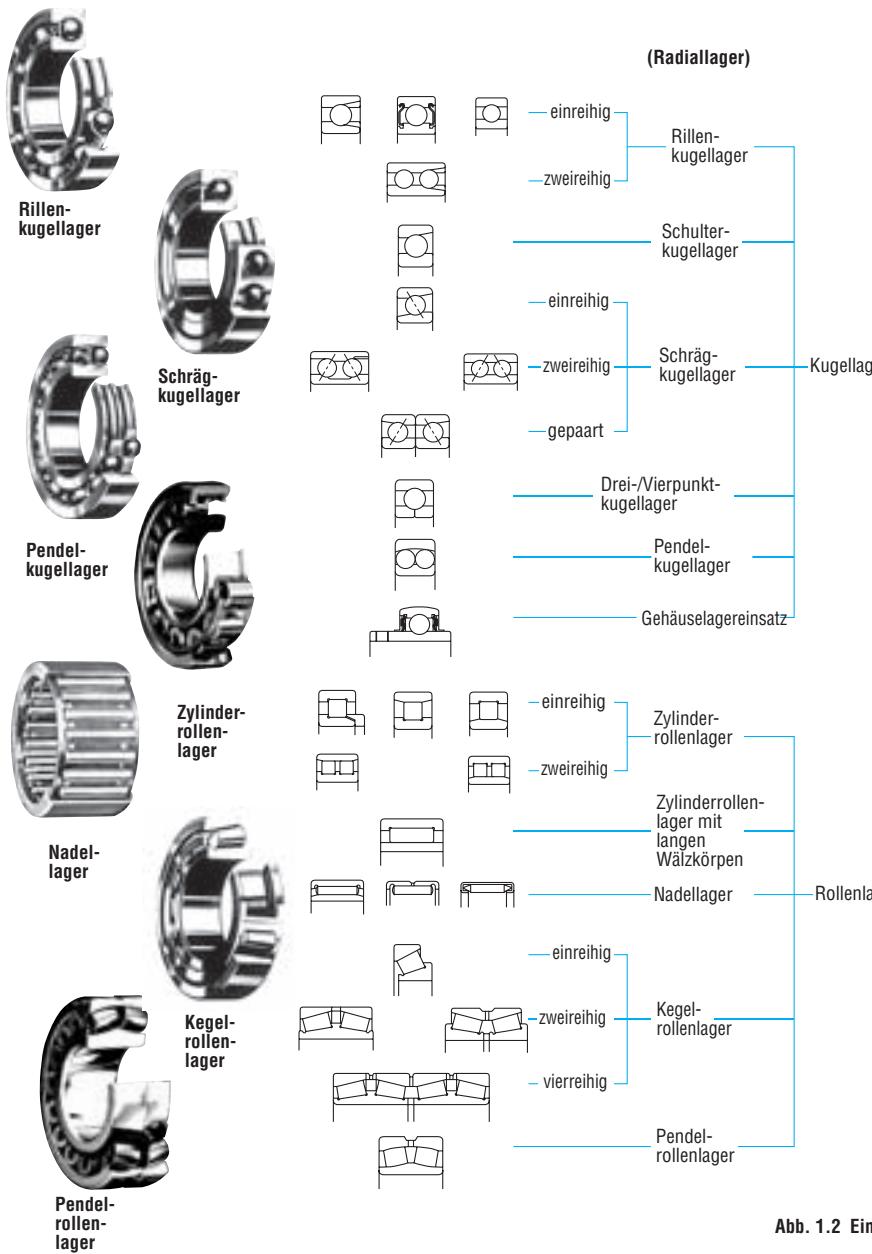
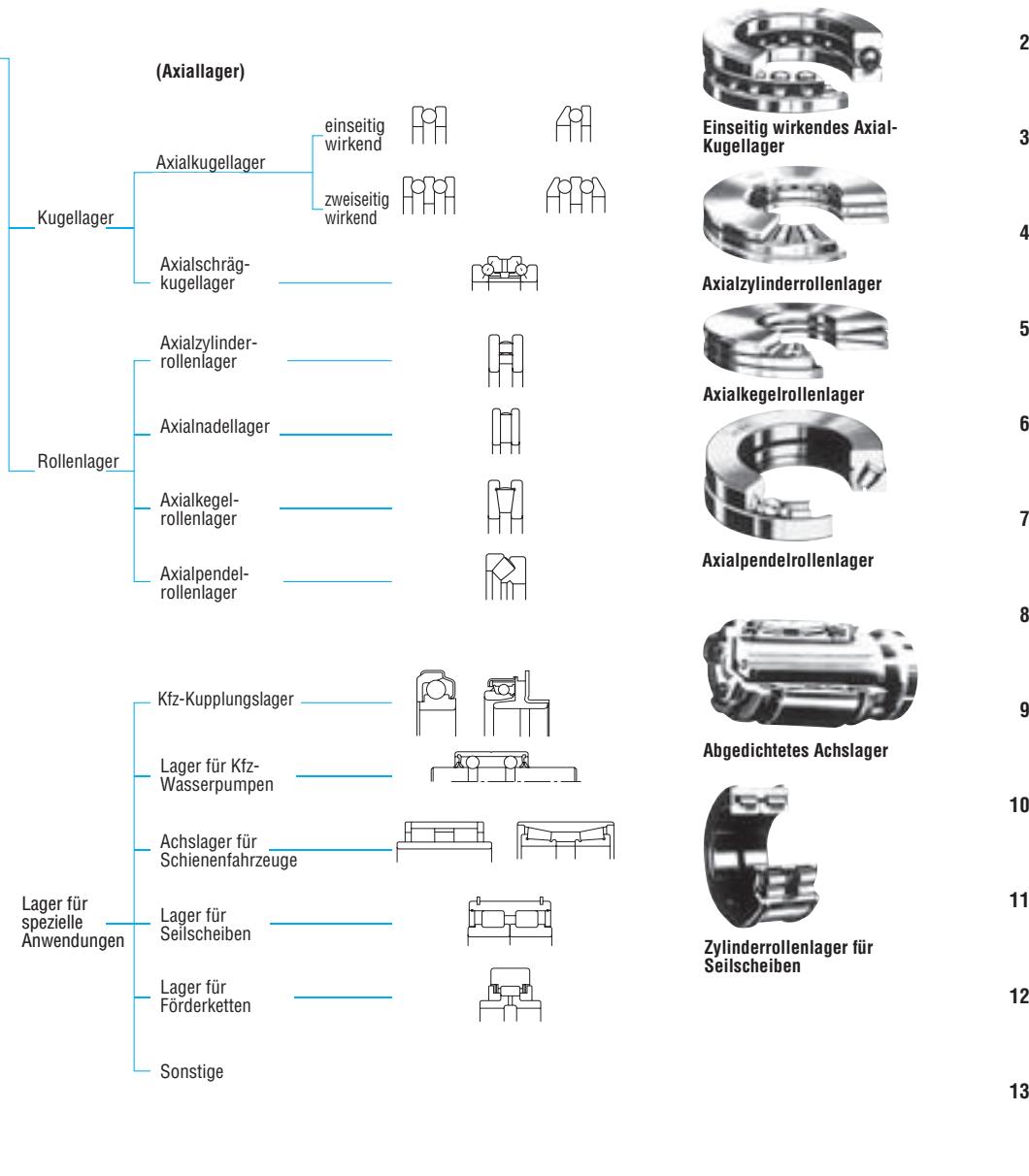
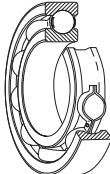


Abb. 1.2 Einordnung der Wälzlager



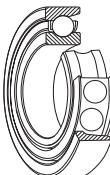
Einreihige Rillenkugellager



Einreihige Rillenkugellager ist die gebräuchlichste Art von Wälzlagern. Ihre Verwendung ist sehr weit verbreitet. Die Laufrillen auf den Innen- und Außenringen sind kreisbogenförmig und weisen einen etwas größeren Radius als den der Kugeln auf. Zusätzlich zur Radiallast können auch Axiallasten in beiden Richtungen aufgebracht werden. Wegen ihres geringen Reibmomentes sind sie besonders für Anwendungen geeignet, in denen hohe Drehzahlen und geringe Reibungsverluste erforderlich sind.

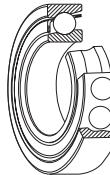
Zusätzlich zu den offenen Typen haben diese Lager oft Deckscheiben aus Stahlblech oder Dichtscheiben aus Kautschuk auf einer oder beiden Seiten und sind dann bereits befestigt. Auch werden manchmal Sicherungsringe am Außenring eingesetzt. Käfige aus Stahlblech sind am gängigsten.

Schulterkugellager



Die Innenringlaufbahn von Schulterkugellagern ist etwas flacher als bei Rillenkugellagern. Da der Außenring nur an einer Seite eine Schulter hat, kann dieser entnommen werden. Dies ist beim Einbau oft von Vorteil. Im Allgemeinen werden zwei dieser Lager gepaart eingesetzt. Schulterkugellager sind kleine Lager mit einem Bohrungsdurchmesser von 4 bis 20 mm, sie werden hauptsächlich für kleine Magneten, Kreisel, Werkzeuge, usw. verwendet. Es werden für gewöhnlich Messingblechkäfige eingesetzt.

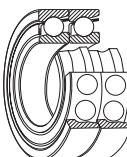
Einreihige Schräkgugellager



Einzelne Lager dieses Typs können sowohl Radial- als auch Axiallasten in einer Richtung aufnehmen. Es gibt vier Kontaktwinkel; 15°, 25°, 30° und 40°. Je größer der Kontaktwinkel desto höher ist die mögliche Axiallast. Jedoch sind für den Hochgeschwindigkeitsbetrieb kleinere Kontaktwinkel vorteilhafter. Normalerweise werden zwei Lager gepaart verwendet und das Spiel zwischen diesen beiden muss korrekt eingestellt sein.

Für gewöhnlich kommen Stahlblechkäfige zum Einsatz, jedoch werden für Spindellager mit einem Kontaktwinkel unter 30° oft Hartgewebe- oder Kunststoffkäfige verwendet.

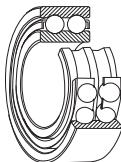
Lagersätze



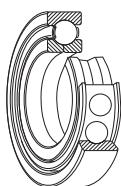
Der Einsatz zweier oder mehrerer Radiallager wird „Lagerpaar“ oder „Lagersatz“ genannt. Normalerweise setzen sie sich aus Schräkgugellagern oder Kegelrollenlagern zusammen. Lagersätze können sowohl Radial- als auch Axiallasten in beiden Richtungen aufnehmen. Die DT-Anordnung (Tandem-Anordnung) wird bei einseitigen hohen Axiallasten verwendet, dadurch kann die Last auf beide Lager gleich verteilt werden.

Zweireihige Schrägkugellager

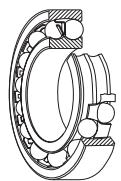
Zweireihige Schrägkugellager sind eigentlich zwei einreihige Schrägkugellager in O-Anordnung, die jedoch einen gemeinsamen Innen- und Außenring haben. Sie können Axiallasten in beiden Richtungen aufnehmen.

**Vierpunkt-kugellager**

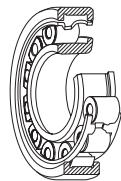
Vierpunkt-Kugellager sind zerlegbar, weil der Innenring aus zwei Teilringen besteht. Sie können Axiallasten in beiden Richtungen aufnehmen. Die Kugeln haben mit jedem Ring einen Kontaktwinkel von 35° . Schon ein Lager dieses Typs kann ein Paar von Schrägkugellagern in X- oder O-Anordnung ersetzen. Hier werden im Allgemeinen Massivkäfige aus Messing eingesetzt.

**Pendel-kugellager**

Der Innenring dieses Lagertyps hat zwei Laufbahnen und der Außenring eine hohlkugelige Laufbahn, deren Mittelpunkt auf der Lagerachse liegt. Deshalb sind Innenring, die Kugeln und der Käfig bis zu einem gewissen Grad um das Lagerzentrum herum schwenkbar. Folglich können kleinere Schiefstellungen der Welle und des Gehäuses, z.B. durch einen Bearbeitungs- oder Einbaufehler, kompensiert werden. Dieser Lagertyp ist oft mit einer kegeligen Bohrung für den Einbau mit einer Spannhülse ausgestattet.

**Zylinder- rollenlager**

Bei diesen Lagertypen haben die zylindrischen Wälzkörper eine Linienberührung mit den Laufbahnen. Sie sind radial hoch belastbar und eignen sich für hohe Drehzahlen. Es gibt sie in verschiedenen Ausführungen: NU, NJ, NUP, N, NF für einreihige Lager und NNU, NN für zweireihige Lager, je nach Konstruktionsdetail und Lage der Seitenborde. Zylinderrollenlager sind zerlegbar.



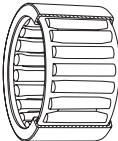
Einige Zylinderrollenlager haben entweder am Innen- oder am Außenring keine Borde, so dass hier eine axiale Bewegung der Lagerringe zueinander möglich ist. Diese können als Loslager verwendet werden. Zylinderrollenlager, bei denen entweder der Innen- oder der Außenring zwei Borde hat und der andere Ring einen Bord, können axiale Belastungen in einer Richtung aufnehmen. Zweireihige Zylinderrollenlager bieten eine hohe radiale Steifigkeit und werden vor allem für Präzisionswerkzeugmaschinen eingesetzt.

Hier kommen normalerweise Stahlblechkäfige oder massive Käfige aus Messing zum Einsatz, jedoch werden auch Kunststoffkäfige verwendet.

Nadellager

Nadellager enthalten viele längliche Rollen mit einer Länge des 3 - 10fachen ihres Durchmessers. Die Differenz des Lageraußendurchmessers zum Lagerinnendurchmesser ist klein und die Lager können hohe Radiallasten aufnehmen.

Es stehen verschiedene Varianten zu Verfügung, viele davon haben keinen Innenring. Diese sog. Nadelhülsen haben einen Außenring aus Stahlblech, bzw. die massiven Ausführungen einen massiven Außenring. Es gibt auch sog. Nadelkränze komplett ohne Ringe. Die meisten Lager haben Käfige aus Stahlblech, einige haben aber auch keine Käfige.

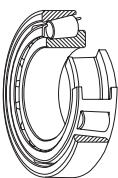


Kegel- rollenlager

Bei dieser Lagerart werden kegelige Rollen von einem Führungsring am Innenring geführt. Diese Lager können hohe axiale und radiale Belastungen in einer Richtung aufnehmen. Die HR-Baureihe hat größere und zusätzliche Rollen, durch die eine noch höhere Tragzahl erreicht wird.

Sie werden für gewöhnlich paarweise, ähnlich wie eine Reihe von Schräkgugellagern eingebaut. Hier wird das korrekte Lagerspiel über den axialen Abstand zwischen den Innen- oder Außenringen der zwei gegenüberliegenden Lager eingestellt. Die Lager sind zerlegbar. Die Innen- und Außenringe können unabhängig voneinander eingebaut werden.

Je nach Kontaktwinkel lassen sich Kegelrollenlager in drei Typen unterteilen; mit normalem, mittlerem und steilem Winkel. Zwei- und vierreihige Kegelrollenlager sind ebenfalls verfügbar. Es kommen Käfige aus Stahlblech zum Einsatz.



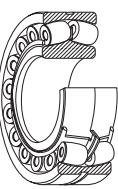
Pendel- rollenlager

Diese Lager haben tonnenförmige Rollen als Wälzkörper. Der Innenring hat zwei Laufbahnen, der Außenring eine hohlkugelige Laufbahn. Da der Mittelpunkt der Laufbahn des Außenrings auf der Lagerachse liegt, richten sich die Pendelrollenlager ähnlich wie ein Pendelkugellager selbst aus. Wenn also eine Verformung der Welle oder des Gehäuses oder eine Schiefstellung ihrer Achsen auftritt, wird diese kompensiert, so dass am Lager keine zusätzlichen Belastungen auftreten.

Pendelrollenlager können nicht nur große Radiallasten sondern auch axiale Belastungen in beiden Richtungen aufnehmen. Ihre Aufnahmefähigkeit von Radiallasten ist hervorragend und sie sind für große Belastungen oder bei Stößen gut geeignet.

Es gibt auch Varianten mit kegeligen Bohrungen. Diese können direkt auf konische Wellen oder mit Hilfe von Hülsen auf zylindrischen Wellen montiert werden.

Es werden Käfige aus Stahlblech und massive Messingkäfige verwendet.



Einseitig wirkende Axialkugellager



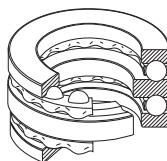
Einseitig wirkende Axial-Kugellager bestehen aus scheibenartigen Lagerringen mit Laufrillen. Der an der Welle angebrachte Ring ist die Wellenscheibe (oder Innenring), der am Gehäuse angebrachte Ring ist die Gehäusescheibe (oder Außenring).

Zweiseitig wirkende Axial-Kugellager bestehen aus drei Ringen; der mittlere (oder die Wellenscheibe) ist an der Welle befestigt.

Zweiseitig wirkende Axialkugellager

Es gibt auch Axial-Kugellager mit einstellbaren Unterlagscheiben unter den Gehäusescheiben um einen Wellenversatz oder Einbaufehler auszugleichen.

Käfige aus Stahlblech werden in kleineren Lagern und Massivkäfige in größeren Lagern verwendet.



Axialpendelrollenlager

Diese Lager haben eine hohlkugelige Laufbahn in der Gehäusescheibe und winkelig angeordnete Tonnenrollen. Da die Laufbahn in der Gehäusescheibe hohlkugelig ist, stellen sich diese Lager selbst ein. Sie erlauben sehr hohe Axiallasten und können bei axialer Belastung auch moderate Radiallasten aufnehmen.

Es werden Stahlblechkäfige oder massive Messingkäfige verwendet.

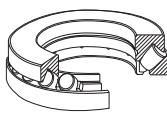


Tabelle 1.1 Bauarten und Eigenschaften

Lagerarten		Rillenkugellager	Schulterkugellager	Schrägkugellager	Zweireihige Kugellager	Kombinierte Schrägkugellager	Vierpunkt-Kugellager	Pendelkugellager	Zylinderrollenlager	Zweireihige Zylinderrollenlager	Zylinderrollenlager mit Borden
Merkmale											
Lasttragfähigkeit	Radialbelastungen										
	Axialbelastungen										
	Kombinierte Belastungen										
Hohe Drehzahlen											
Hohe Genauigkeit											
Geräuscharm und niedriges Reibmoment											
Steifigkeit											
Schiefstellung											
Winkel-einstellbarkeit											
Zerlegbarkeit											
Festlager											
Loslager											
Kegelige Bohrung im Innenring											
Anmerkungen			Zwei Lager werden normalerweise gegenüberliegend eingebaut. Kupplungswinkel von 15°, 25°, 30° und 40°. Zwei Lager werden normalerweise gegenüberliegend eingebaut. Einstellung des Spals erforderlich.			Kombination von DF- und DT-Paaren ist möglich, Verwendung als Loslager jedoch nicht möglich.	Kontaktwinkel von 35°		einschließlich N-Typ	einschließlich NNU-Typ	einschließlich NF-Typ
Seite	B5 B34	B5 B30	B51	B51 B72	B51	B51 B78	B83	B103	B103 B124	B103	B103

ausgezeichnet

gut

ausreichend

schlecht

Nicht möglich

nur einseitig wirkend

zweiseitig wirkend

Anwendbar

Anwendbar, aber eine Wellenausdehnung/-schrumpfung muss über die Lagersitze möglich sein.

von Wälzlagern

	Zylinder- rollenlager mit Winkel- ring	Nadellager	Kegel- rollenlager	Zwei- und mehrreihige Kegelrollen- lager	Pendel- rollenlager	Axialkugel- lager	Axialkugel- lager mit Unterlag- scheibe	Zweiseitig wirkende Axialschräg- kugellager	Axial- zylinder- rollenlager	Axial- kegel- rollenlager	Axial- pendel- rollenlager	Seite Nr.
1												
2												
3												
4												
5												A18 A39
6												A19 A60 A83
7												A19 A98
8												A18 Blaue Seiten jedes Lager- typs
9												A18
10												A19 A20
11												A20 ~A21
12												A20 ~A27
13												A82 A120 A124
	einschließlich NUP-Typ											
B103	B263	B129	B129 B190 B327	B200	B225	B253	B256	B225 B242	—	B225 B246		
14												

Zwei Lager werden
normalerweise gegen-
überliegend eingebaut.
Ausstellung des Spals
erfordertich.
Die Typen KH, KV sind
ebenfalls verfügbar,
können jedoch nicht
für Loslager
verwendet werden.

einschließlich Axial-
radiallager

zur Verwendung mit
Ölschmierung

2. LAGERAUSWAHLVERFAHREN

Die Einsatzmöglichkeiten für Wälzlager sind nahezu unbegrenzt und die Betriebsbedingungen und -umgebungen sind ebenfalls äußerst unterschiedlich. Dazu kommt, dass die Vielfalt der Betriebsbedingungen und Lageranforderungen durch den schnellen Technologiefortschritt weiter zunehmen. Deshalb ist es notwendig, Lager aus verschiedenen Blickwinkeln zu beurteilen, um das beste aus der Vielzahl der verfügbaren unterschiedlichen Bauarten und Größen auszuwählen.

Gewöhnlich wird ein Lagertyp unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen, Einbau-Anordnungen, des einfachen Einbaus in die Maschine, des zulässigen Bauraumes, Kosten, Verfügbarkeit und anderer Faktoren ausgewählt.

Dann wird die Lagergröße gewählt, die der gewünschten

Lebensdaueranforderung entspricht. Dabei muss man, zusätzlich zur Lebensdauer, Faktoren wie Fettgebrauchsdauer, Geräuschentwicklung und Vibration, Verschleiß, usw. berücksichtigen.

Es gibt keine vorgeschriebene Vorgehensweise für die Auswahl eines Lagers. Es empfiehlt sich immer, Erfahrungen mit ähnlichen Anwendungen oder Studien zu besonderen Anforderungen entsprechend Ihres Anwendungsfalles zu berücksichtigen. Bei der Lagerauswahl für neue Maschinen, bei ungewöhnlichen Betriebsbedingungen oder rauen Umgebungsbedingungen wenden Sie sich bitte an NSK.

Das folgende Schaubild (Abb. 2.1) zeigt ein Beispiel eines Lagerauswahlverfahrens.

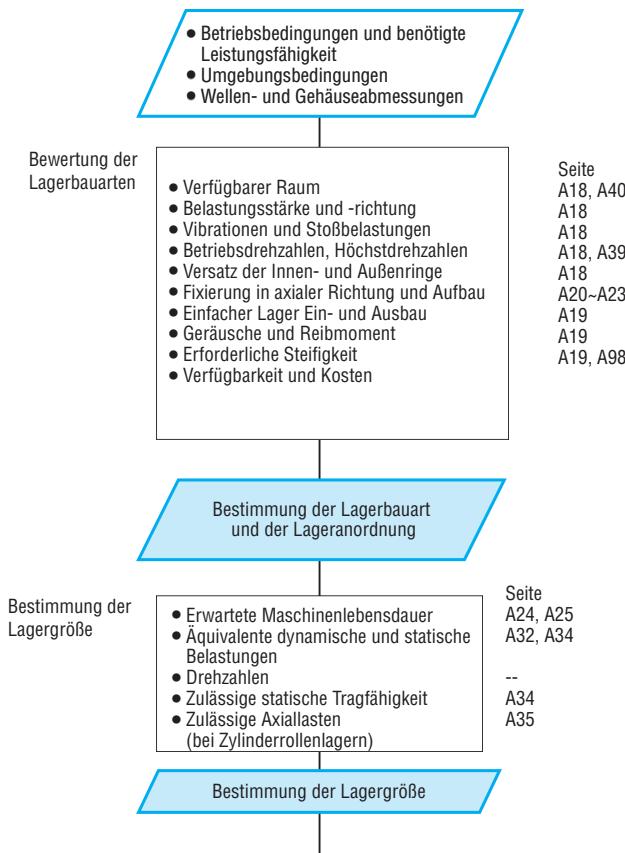
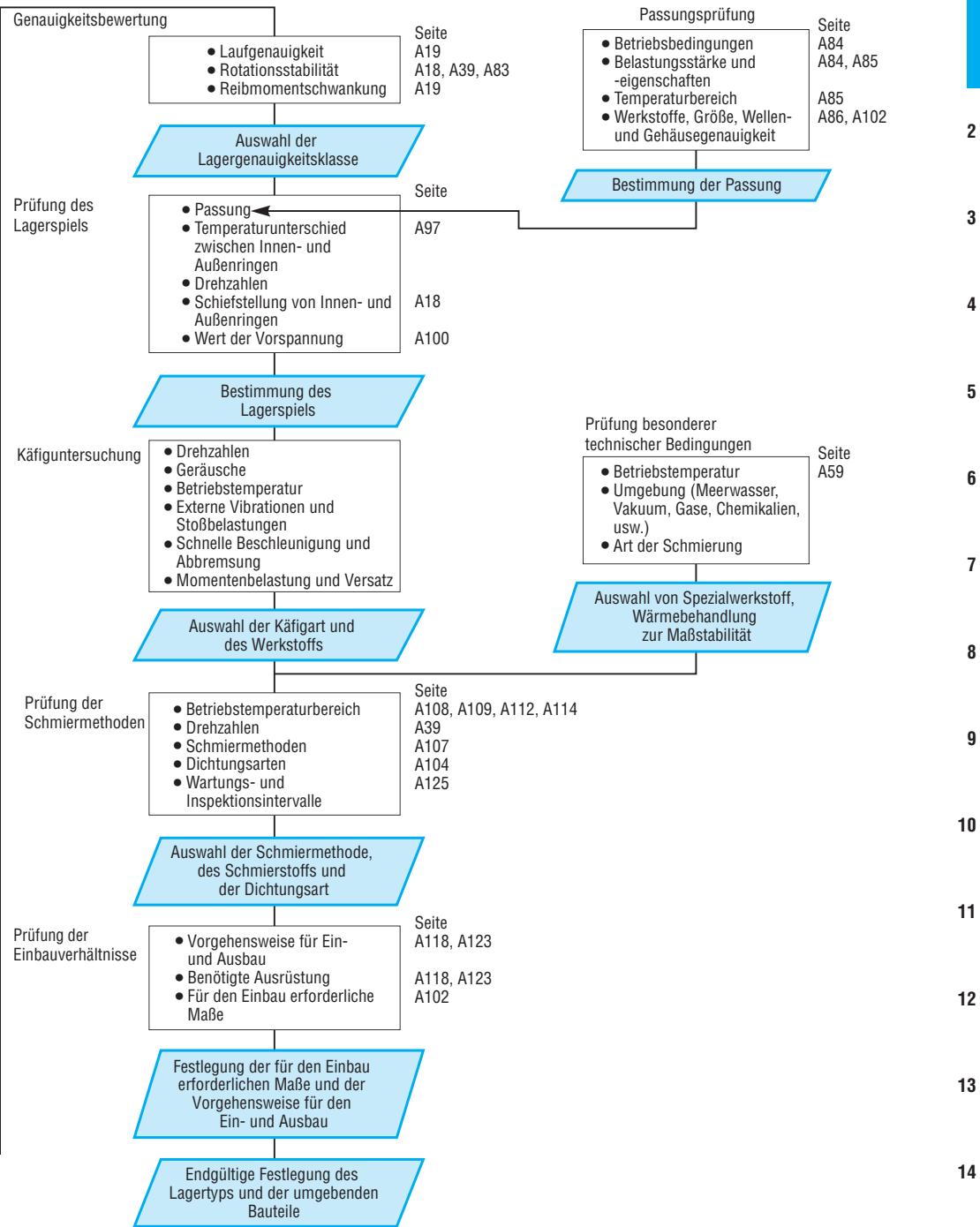


Abb. 2.1 Ablaufplan für die Auswahl von Wälzlagern



3. AUSWAHL DER LAGERBAUART

3.1 Zulässiger Bauraum

Der Bauraum für Wälzlager und ihre angrenzenden Teile ist grundsätzlich begrenzt, so dass der Lagertyp und die Lagergröße innerhalb dieser Grenzen liegen muss. In den meisten Fällen wird der Wellendurchmesser zuerst durch die Maschinenkonstruktion vorgegeben; deshalb wird das Lager oft auf der Basis seiner Bohrungsgröße ausgewählt. Für Wälzlager gibt es viele genormte Baureihen und Typen verschiedener Abmessungen und es ist notwendig, unter ihnen das am besten geeignete Lager auszuwählen. Abb. 3.1 zeigt die Maßreihen für Radiallager und entsprechende Lagerarten.

3.2 Tragfähigkeit und Lagerarten

Die axiale Tragfähigkeit eines Lagers ist eng mit der radialen Tragfähigkeit (siehe Seite A24) verknüpft und hängt von der Lagerkonstruktion wie in Abb. 3.2 gezeigt, ab. Diese Abbildung zeigt, dass beim Vergleich von Lagern derselben Maßreihe Rollenlager eine höhere Tragzahl als Kugellager aufweisen und besser für Stoßbelastungen geeignet sind.

3.3 Zulässige Drehzahlen und Lagerarten

Die maximale Drehzahl von Wälzlagern variiert nicht nur nach Lagerart sondern hängt auch von Größe, Käfigtyp, Schmiermethode, Wärmeverlust, usw. ab. Die übliche Methode der Ölbadbeschmierung vorausgesetzt, zeigt Abb. 3.3 die Lagertypen grob in der Reihenfolge der höheren zu den niedrigeren Drehzahlen.

3.4 Schiefstellung der Innen-/Außenringe und Lagerarten

Wegen der Verformung der Welle durch aufgebrachte Belastungen, Maßfehler der Welle und des Gehäuses oder Einbaufehlern sind die Innen- und Außenringe leicht schief gestellt. Die zulässige Schiefstellung variiert je nach Lagerart und Betriebsbedingungen, aber für gewöhnlich ist es ein kleiner Winkel mit einem Bogenmaß von 0.0012 (4°). Wenn von einer großen Schiefstellung ausgegangen wird, sollten Lager mit der Fähigkeit zur Winkeleinstellbarkeit, wie z.B. Pendelkugellager, Pendelrollenlager oder besondere Lagerreihen ausgewählt werden (Abb. 3.4 und 3.5).

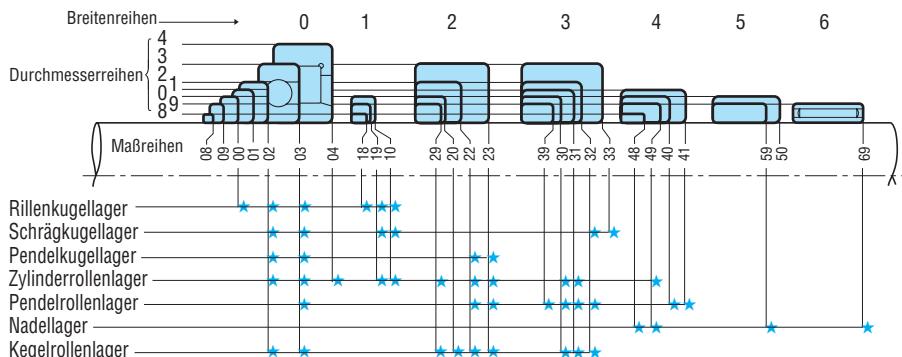
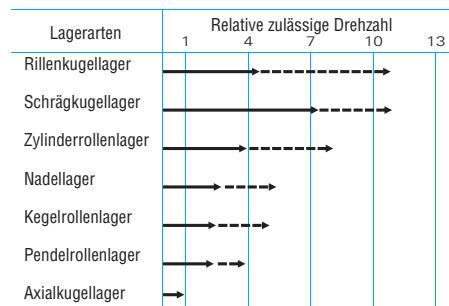


Abb. 3.1 Maßreihen für Radiallager

Lagerart	Radiale Tragfähigkeit				Axiale Tragfähigkeit			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Einreihiges Rillenkugellager	—	—	—	—	—	—	—	—
Einreihiges Schräkgugellager	—	—	—	—	—	—	—	—
Zylinderrollenlager(‘)	—	—	—	—	—	—	—	—
Kegelrollenlager	—	—	—	—	—	—	—	—
Pendelrollenlager	—	—	—	—	—	—	—	—

(‘) Hinweis: Lager mit Borden können ein gewisses Maß an Axiallasten aufnehmen

Abb. 3.2 Relative Tragfähigkeit verschiedener Lagertypen



Anmerkungen: — Ölbadbeschmierung
 — mit speziellen Maßnahmen zur Erweiterung der Drehzahlbegrenzung

Abb. 3.3 Relative zulässige Drehzahlen verschiedener Lagertypen

Die zulässige Lagerschiefstellung wird in den Lagertabellen zu Beginn eines jeden Kapitels für die einzelnen Lagerbauarten angegeben.

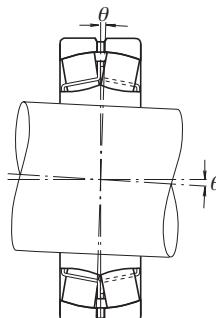


Abb. 3.4 Zulässige Schieflage von Pendelrollenlagern

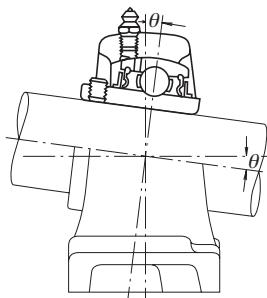


Abb. 3.5 Zulässige Schieflage von Kugellagereinheiten

Lagerarten	Höchste festgelegte Genauigkeit	Toleranzvergleich des Radialschlags des Innenrings				
		1	2	3	4	5
Rillenkugellager	Klasse 2	→				
Schrägkugellager	Klasse 2	→				
Zylinderrollenlager	Klasse 2	→				
Kegelrollenlager	Klasse 4	→				
Pendelrollenlager	Normal	→				

Abb. 3.6 Relativer Radialschlag des Innenrings der höchsten Genauigkeitsklasse verschiedener Lagerarten

3.5 Steifigkeit und Lagerarten

Wenn Wälzlagereinheiten Belastungen aufnehmen, führt das zu elastischen Verformungen in den Kontaktbereichen zwischen den Wälzkörpern und den Laufbahnen. Die Lagersteifigkeit wird durch das Verhältnis der Lagerbelastung zur elastischen Verformung der Innen- und Außenringe, sowie der Wälzkörper bestimmt. Bei Hauptspindeln von Werkzeugmaschinen ist eine hohe Gesamtsteifigkeit erforderlich. Somit muss auch die Einzelkomponente Spindellager sehr steif sein. Für extreme Anforderungen an die Steifigkeit werden Rollenlager verwendet. Zur Erhöhung der Steifigkeit werden Lager auch vorgespannt, d.h. sie haben negatives Spiel. Schrägkugellager und Kegelrollenlager sind meist vorgespannt.

3.6 Laufgeräusche und Reibmomente verschiedener Lagerarten

Da Wälzlagereinheiten mit sehr hoher Präzision gefertigt werden, sind die Laufgeräusche und Reibmomente minimal. Besonders bei Rillenkugellagern und Zylinderrollenlagern wird der Geräuschpegel manchmal abhängig vom jeweiligen Einsatz spezifiziert. Bei Hochpräzisions-Miniaturlagern wird das Anlaufmoment festgelegt. Rillenkugellager werden für Anwendungen empfohlen, die Geräuscharmut und ein geringes Reibmoment erfordern, wie z.B. Elektromotoren und Messgeräte.

3.7 Laufgenauigkeit und Lagerarten

Für Hauptspindeln von Werkzeugmaschinen, die eine hohe Laufgenauigkeit erfordern oder für Hochgeschwindigkeitsmaschinen wie Kompressoren werden normalerweise Hochgenauigkeitslager der Klassen 5, 4 oder 2 verwendet. Die Laufgenauigkeit der Wälzlagereinheiten wird auf verschiedene Weise festgelegt und die angegebenen Genauigkeitsklassen unterscheiden sich je nach Lagerart. In Abbildung 3.6. ist ein Vergleich des Radialschlags für Innenringe zur höchsten Laufgenauigkeit aller Lagerarten aufgeführt.

Für Anwendungen, die eine hohe Laufgenauigkeit erfordern, eignen sich am besten Rillenkugellager, Schrägkugellager und Zylinderrollenlager.

3.8 Ein- und Ausbau verschiedener Lagerarten

Zerlegbare Lagerarten wie Zylinderrollenlager, Nadellager und Kegelrollenlager können einfach ein- und ausgebaut werden. Diese Lagerarten empfehlen sich für Maschinen, in denen Lager oft zur regelmäßigen Inspektion ein- und ausgebaut werden. Auch können Pendelkugellager und Pendelrollenlager (kleine Ausführungen) mit kegeligen Bohrungen mit Hilfe von Hülsen relativ einfach ein- und ausgebaut werden.

4. AUSWAHL DER LAGERANORDNUNG

Meist werden Wellen nur von zwei Lagerstellen getragen. Bei der Ermittlung einer vorteilhaften Lageranordnung sollten die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- (1) Ausdehnung und Schrumpfung der Welle durch Temperaturchwankungen.
- (2) Einfacher Lagereinbau und -ausbau.
- (3) Schiefstellung der Innen- und Außenringe durch Verformung der Welle oder Einbaufehler.
- (4) Steifigkeit des gesamten Systems einschließlich der Lager und Vorspannmethoden.
- (5) Die Fähigkeit, Belastungen standzuhalten, sie korrekt aufzunehmen und weiterzuleiten.

4.1 Festlager und Loslager

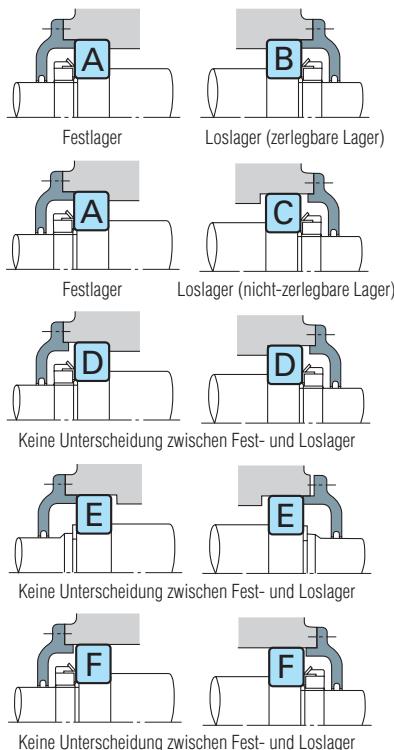
Im Falle der am häufigsten gewählten statisch bestimmten Konstruktion kann nur eine der beiden Lagerstellen ein „Festlager“ sein, mit dem die Welle axial fixiert wird. Für dieses Festlager muss ein Lagertyp ausgewählt werden, der sowohl radiale als auch axiale Belastungen aufnehmen kann. Die anderen Lager neben dem Festlager sind dann „Loslager“, die nur Radiallasten aufnehmen und somit unempfindlich gegenüber axialen Wärmedehnungen bzw. Schrumpfungen der Welle sind.

Wenn die konstruktiven Pufferräume für die Maßänderungen durch Wärmeausdehnung und Schrumpfung einer Welle nicht ausreichen, kommt es am Lager zu extremen Axiallasten. Dies kann zu vorzeitigen Ausfällen führen.

Für Loslager werden Zylinderrollenlager oder Nadellager mit zerlegbarem Innen- und Außenring, die sich axial frei verschieben können (NU-, N-Typen, usw.) empfohlen. Mit diesen Typen ist der Ein- und Ausbau einfach.

Wenn nicht zerlegbare Typen als Loslager eingesetzt werden, wird meist der Sitz zwischen dem Außenring und dem Gehäuse lose ausgeführt, um eine axiale Bewegung der Welle zusammen mit dem Lager zuzulassen. In selteneren Fällen kann eine solche Axialbewegung auch durch eine lose Passung zwischen dem Innenring und der Welle erreicht werden.

Wenn der Abstand zwischen den Lagern gering und die Auswirkung der Wellenausdehnung und -schrumpfung nebensächlich ist, werden zwei oft gegeneinander angestellte Schräkgugellager oder Kegelrollenlager verwendet. Das axiale Spiel (mögliche axiale Beweglichkeit) wird beim Einbau mit Hilfe von Muttern oder Beilagen justiert.



LAGER A

- Rillenkugellager
- Gepaartes Schräkgugellager
- Zweireihiges Schräkgugellager
- Pendelkugellager
- Zylinderrollenlager mit Borden (NH-, NUP-Typen)
- Zweireihiges Kegelrollenlager
- Pendelrollenlager

LAGER B

- Zylinderrollenlager (NU-, N-Typen)
- Nadellager (NA-Typ, usw.)

LAGER C(1)

- Rillenkugellager
- Gepaartes Schräkgugellager (O-Anordnung)
- Zweireihiges Schräkgugellager
- Pendelkugellager
- Zweireihiges Kegelrollenlager (KBE-Typ)
- Pendelrollenlager

LAGER D, E(2)

- Schräkgugellager
- Kegelrollenlager
- Schulerkugellager
- Zylinderrollenlager (NJ-, NF-Typen)

LAGER F

- Rillenkugellager
- Pendelkugellager
- Pendelrollenlager

Hinweise: (1) In der Abbildung werden Wellenausdehnung und -schrumpfung durch lose gepasste Außenringe im Gehäuse ausgeglichen. Dies kann auch durch lose gepasste Innenringe auf der Welle erfolgen.

(2) Für jeden Typ werden zwei gegeneinander angestellte Lager verwendet.

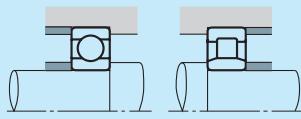
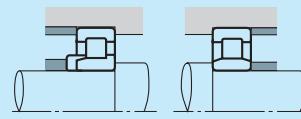
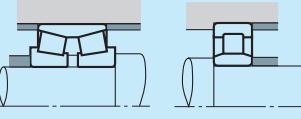
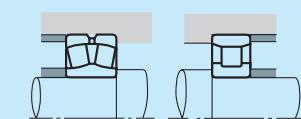
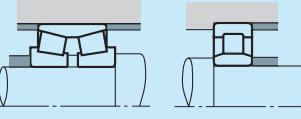
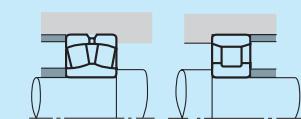
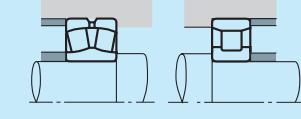
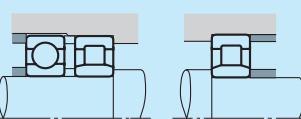
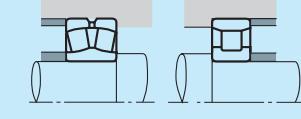
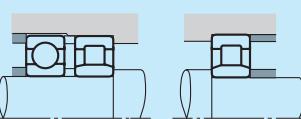
Abb. 4.1 Lagereinbaumöglichkeiten und Lagertypen

Abb. 4.1 zeigt Unterschiede zwischen Los- und Festlagerungen sowie einige mögliche Einbauvarianten verschiedener Lagertypen.

4.2 Beispiele für die Anordnung von Lagern

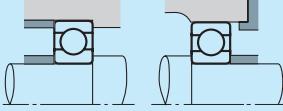
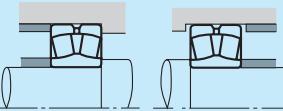
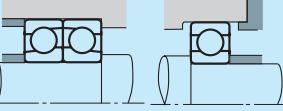
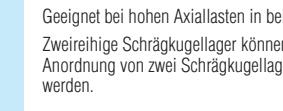
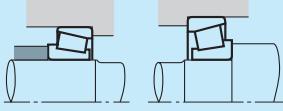
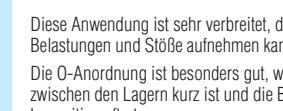
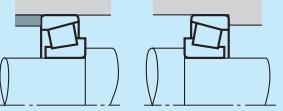
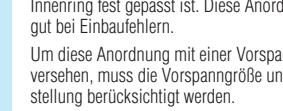
Einige typische Lageranordnungen, die Vorspannung und Steifigkeit der gesamten Baugruppe, Wellenausdehnung und -schrumpfung, Einbaufehler, etc. berücksichtigen, sind in Tabelle 4.1 aufgeführt.

Tabelle 4.1 Typische Lageranordnungen und Anwendungsbeispiele

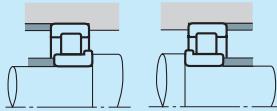
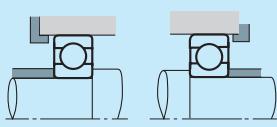
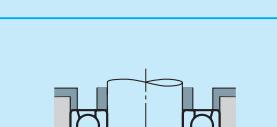
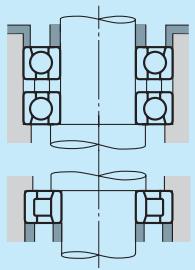
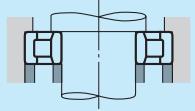
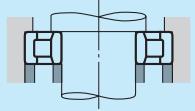
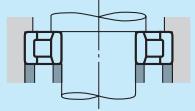
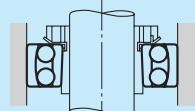
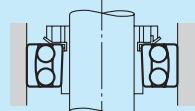
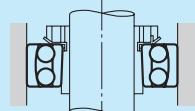
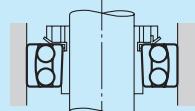
Lageranordnungen		Anmerkungen	Anwendungsbeispiele
Festlager	Loslager		
		<p>Gebräuchliche Anordnung, bei der keine unnormalen Belastungen auf die Lager übertragen werden auch dann nicht, wenn die Welle sich ausdehnt oder schrumpft.</p> <p>Wenn der Einbaufehler nur klein ist, ist diese Anordnung auch für hohe Drehzahlen geeignet.</p>	Mittelgroße Elektromotoren, Ventilatoren
		<p>Es können hohe Belastungen, Stöße und in begrenztem Maße Axiallasten aufgenommen werden.</p> <p>Jeder Typ der Zylinderrollenlager ist zerlegbar. Das ist hilfreich, wenn Übermaße sowohl für die Innen- als auch Außenringe erforderlich sind.</p>	Traktionsmotoren für Schienenfahrzeuge
		<p>Wird verwendet, wenn die Belastungen relativ hoch sind.</p> <p>Um dem Festlager maximale Steifigkeit zu geben, wird es in O-Anordnung eingebaut.</p> <p>Sowohl die Welle als auch das Gehäuse müssen hochpräzise und der Einbaufehler darf nur klein sein.</p>	Rollengänge in Walzwerken, Hauptspindeln für Drehmaschinen.
		<p>Das ist hilfreich, wenn feste Passungen sowohl für die Innen- als auch Außenringe erforderlich sind. Hohe Axiallasten können nicht aufgenommen werden.</p>	Kalanderalzwalzen in Papiermaschinen, Achsen von Diesellokomotiven
		<p>Geeignet für hohe Drehzahlen und hohe Radiallasten. Moderate Axiallasten können ebenfalls aufgenommen werden.</p> <p>Es muss etwas Spiel zwischen dem Außenring des Rillenkugellagers und der Gehäusebohrung vorgesehen werden, um die Aufnahme von Radiallasten zu vermeiden.</p>	Untersetzungsgetriebe in Diesellokomotiven

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tabelle 4.1 Typische Lageranordnungen und Anwendungsbeispiele (Fortsetzung)

Lageranordnungen		Anmerkungen	Anwendungsbeispiele
Festlager	Loslager		
		Das ist die gängigste Anordnung. Sie kann nicht nur Radiallasten sondern auch moderate axiale Lasten aufnehmen.	Großpumpen, Kfz-Getriebe
		Das ist die passendste Anordnung bei Einbaufehlern oder Wellenverformung. Kommt oft zum Einsatz für allgemeine Anwendungen und Industrie-Anwendungen, die schwere Belastungen aufnehmen müssen.	Getriebe, Rollengänge in Walzwerken, Kranbahnlager
		Geeignet bei hohen Axiallasten in beiden Richtungen. Zweireihige Schräkgugellager können an Stelle einer Anordnung von zwei Schräkgugellagern verwendet werden.	Schneckengetriebe
Wenn es keine Unterscheidung zwischen Fest- und Loslagern gibt.		Anmerkungen	Anwendungsbeispiele
		Diese Anwendung ist sehr verbreitet, da sie hohe Belastungen und Stöße aufnehmen kann. Die O-Anordnung ist besonders gut, wenn der Abstand zwischen den Lagern kurz ist und die Belastungen kurzzeitig auftreten. Die X-Anordnung erleichtert den Einbau, wenn der Innenring fest gepasst ist. Diese Anordnung eignet sich gut bei Einbaufehlern. Um diese Anordnung mit einer Vorspannung zu versehen, muss die Vorspanngröße und die Spieleinstellung berücksichtigt werden.	Ritzelwellen von Kfz-Differentialgetrieben, Kfz-Vorder- und Hinterachsen, Schneckengetriebe
		Wird für hohe Drehzahlen bei geringeren Radiallasten und relativ hohen Axiallasten verwendet. Durch Vorspannung lässt sich eine gute Wellensteifigkeit erreichen. Für kurzzeitige Belastungen empfiehlt sich anstelle einer X-Anordnung der Einbau mit O-Anordnung.	Schleifspindeln

Fortsetzung auf der nächsten Seite

	Wenn es keine Unterscheidung zwischen Fest- und Loslager gibt	Anmerkungen	Anwendungsbeispiele
4		<p>Geeignet für hohe Belastungen und Stöße. Kann verwendet werden, wenn sowohl für Innen- als auch Außenringe feste Passungen benötigt werden. Es ist zu beachten, dass das axiale Spiel während des Betriebes nicht zu klein wird. Ein gepaarter Einbau des Typs NF ist ebenfalls möglich.</p>	Abtriebsstufen in Getrieben für Baumaschinen
5		Manchmal wird ein Federring auf der Seite des Außenrings eines Lagers verwendet.	Kleine Elektromotoren, Kleingetriebe, kleine Pumpen
6			
7		Anmerkungen	Anwendungsbeispiele
8		Die gepaarten Schräkgugellager bilden das Festlager. Das Zylinderrollenlager bildet das Loslager.	Elektromotoren mit senkrechter Welle
9			
10			
11		Der Kugelmittelpunkt der Unterlagscheibe muss mit dem Mittelpunkt des unteren Pendelkugellagers übereinstimmen. Das obere Lager befindet sich am freien Wellenende.	Spinn- und Webmaschinen
12			
13			
14			

5. AUSWAHL DER LAGERGRÖSSE

5.1 Lagerlebensdauer

Je nach Einsatzart müssen Wälzlager unterschiedliche Funktionen erfüllen, die über einen langen Zeitraum hinweg gewährleistet sein müssen. Auch wenn Lager richtig eingebaut und korrekt betrieben werden, kann es vorkommen, dass sie auf Grund zunehmender Geräusche und Schwingungen, Abnehmen der Laufgenauigkeit, Schmierstoffverschleiß oder wegen Ermüdungsausbrüchen der Wälzoberflächen nicht länger zufriedenstellend arbeiten.

Die Lagerlebensdauer ist im weitesten Sinne der Zeitraum während dem die Lager in Betrieb sind und ihre geforderte Funktion erfüllen. Diese Lagerlebensdauer kann auch als Geräuschebensdauer, Verschleißlebensdauer, Fettgebrauchs-dauer oder Ermüdungslebensdauer definiert werden, abhängig von dem Faktor, welcher die Lagerlebensdauer begrenzt.

Abgesehen von einem Ausfall der Lager durch natürlichen Verschleiß können Lager auch auf Grund von Schäden durch starke Temperatureinwirkung, Brüche, Mangelschmierungen, Beschädigungen der Dichtelemente oder des Käfigs oder anderer Schäden ausfallen.

Solche Umstände sollten nicht als normale Wälzlagerverschäden betrachtet werden, da sie oft das Ergebnis falscher Lagerauswahl, Ungenauigkeiten in Konstruktion oder Fertigung der Lagerumgebungen, falschen Einbaus oder unzureichender Wartung sind.

5.1.1 Ermüdungslebensdauer und nominelle Lebensdauer

Wenn Wälzlager unter Belastung betrieben werden, sind die Laufbahnen der Innen- und Außenringe und Wälzkörper einer Wechselbeanspruchung ausgesetzt. Durch die Ermüdung der metallischen Oberflächen der Laufbahnen und Wälzkörper im Wälzkontakt können sich kleine, flache Teilchen vom Lagerwerkstoff lösen (Abb. 5.1). Diese Erscheinung wird „Ermüdungsschaden“ genannt. Die Ermüdungslebensdauer wird durch die Anzahl der Umdrehungen definiert, die ein Lager erreicht, bis sich erste Ermüdungsschäden aufgrund der Beanspruchung zeigen. Wie in Abb. 5.2 zu erkennen ist, schwankt die Ermüdungslebensdauer enorm, selbst unter denselben Betriebsbedingungen. Dies gilt für Lager derselben Ausführung und Baugröße aus demselben Material mit gleicher Wärmebehandlung und anderen gleichen Prozessparametern. Das liegt daran, dass die Materialermüdungen von vielen weiteren Größen abhängt. Folglich wird die „nominelle Lebensdauer“, bei der die Ermüdungslebensdauer statistisch berücksichtigt wird, gegenüber der eigentlichen Ermüdungslebensdauer zu Berechnungszwecken bevorzugt verwendet.

Angenommen, eine bestimmte Anzahl von Lagern des selben Typs wird einzeln unter den gleichen Bedingungen betrieben. Nach einem bestimmten Zeitraum sind 10% der Lager aufgrund von Ermüdungsschäden ausgefallen. Die Gesamtanzahl der Umdrehungen bis zu diesem Zeitpunkt wird als nominelle Lebensdauer bezeichnet. Wenn die Drehzahl konstant ist, wird sie aber auch durch die Gesamtzahl der Betriebsstunden beschrieben, die bis zum Ausfall von 10 % der Lager aufgrund von Ermüdungsschäden vergangen sind.

Um die Lagerlebensdauer zu bestimmen, wird oft als einziger Faktor nur die nominelle Lebensdauer berücksichtigt, jedoch

müssen auch andere Faktoren in Betracht gezogen werden. Beispielsweise kann die Fettgebrauchs dauer von fettgeschmierten Lagern (siehe Abschnitt 12, Schmierung, Seite A107) abgeschätzt werden. Da Geräusch- bzw. Verschleißlebensdauer entsprechend der individuellen Anforderungen für verschiedene Anwendungen beurteilt werden, müssen spezifische Werte für Geräusch und Verschleiß empirisch bestimmt werden.

5.2 Dynamische Tragzahl und Lebensdauer

5.2.1 Dynamische Tragzahl

Die dynamische Tragzahl ist definiert als die konstante Belastung auf Lager mit stehenden Außenringen, bei welcher die Innenringe eine nominelle Lebensdauer von einer Million Umdrehungen (10^6 Umdrehungen) aushalten. Die dynamische Tragzahl für Radiallager wird als Radiallast gleichbleibender Richtung und Größe definiert, während die dynamische Tragzahl von Axiallagern als konstante Axiallast in Richtung der Lagerachse definiert wird. Die Tragzahlen sind in den Maßtabellen unter C_r für Radiallager und C_a für Axiallager aufgeführt.

5.2.2 Lageranwendungen und geplante Lebensdauer

Es ist nicht ratsam, Lager mit unnötig hohen Tragzahlen zu wählen, da solche Lager zu groß und unwirtschaftlich sein können. Darüber hinaus sollte die Lagerlebensdauer allein nicht der entscheidende Faktor für die Lagerauswahl sein. Die Festigkeit, Steifigkeit und Gestalt der Welle, auf der die Lager montiert werden, sollten ebenfalls berücksichtigt werden. Für Lager gibt es viele



Abb. 5.1 Beispiel für Ermüdung

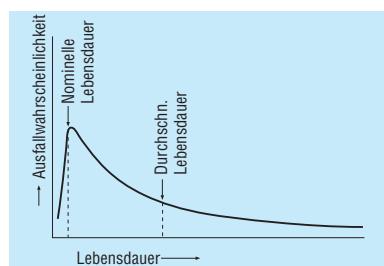


Abb. 5.2. Ausfallwahrscheinlichkeit und Lagerlebensdauer

Tabelle 5.1 Lebensdauerfaktor f_h verschiedener Lageranwendungen

Betriebsdauer	Lebensdauerfaktor f_h				
	~3	2~4	3~5	4~7	6~
Unregelmäßig oder nur für kurze Zeit eingesetzt	Kleinmotoren für Haushaltsgeräte wie Staubsauger und Waschmaschinen Elektrisches Werkzeug	Landwirtschaftliche Geräte			
Wird nur gelegentlich verwendet, Zuverlässigkeit ist aber wichtig		Motoren für Heiz- und Klimageräte Baugeräte	Förderanlagen Aufzugskabel-Seilscheiben		
Wird periodisch für relativ lange Zeiträume eingesetzt	Walzwerkslager	Kleinmotoren Deckenkranne Allgemeine Stückgutkranne Zahnradgetriebe PKW	Fabrikmotoren Werkzeugmaschinen Getriebe Schwingsiebe Brecher	Laufrollen für Krane Kompressoren Sondergetriebe	
Wird periodisch für mehr als acht Stunden täglich verwendet		Aufzüge	Zentrifugalabscheider Klimaanlagen Gebläse Holzbearbeitungs-maschinen Großmotoren Achslager von Schienenfahrzeugen	Grubenaufzüge Pressenschwungräder Antriebsmotoren für Schienenfahrzeuge Achslager für Lokomotiven	Papiermaschinen
Wird ständig verwendet; hohe Zuverlässigkeit ist wichtig					Pumpen in Wasserwerken Elektrizitätswerke Grubenentwässerungspumpen

verschiedene Anwendungsmöglichkeiten. Deren Lebensdaueranforderungen hängen von den speziellen Einsatzgebieten und den Betriebsbedingungen ab.

Tabelle 5.1 gibt einen empirisch ermittelten Lebensdauerfaktor an, der aus üblichen Erfahrungswerten mit verschiedenen Maschinen abgeleitet wurde. Siehe auch Tabelle 5.2.

5.2.3 Auswahl der Lagergröße nach der Tragzahl

Zwischen Lagerbelastung und nomineller Lebensdauer besteht die folgende Verbindung:

$$\text{Für Kugellager} \quad L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (5.1)$$

$$\text{Für Rollenlager} \quad L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \quad (5.2)$$

mit L : Nominelle Lebensdauer (10^6 Umdrehungen)

P : Lagerbelastung (äquivalente Belastung) (N),
(kgf)(siehe Seite A30)

C : Dynamische Tragzahl (N), (kgf)

Für Radiallager wird C als C_r notiert

Für Axiallager wird C als C_a notiert

Im Falle von Lagern mit gleichbleibender Drehzahl kann die Lebensdauer der Einfachheit halber in Stunden ausgedrückt werden. Die Lebensdauer von Lagern, die in Kraftfahrzeugen und anderen Fahrzeugen eingesetzt werden, wird in der Regel als Laufleistung in Kilometern angegeben.

Bezeichnet man die nominelle Lebensdauer als L_h (h), die Lagerdrehzahl als n (U/min), den Lebensdauerfaktor als f_h und den Drehzahlfaktor als f_n , ergeben sich die Gleichungen wie in Tabelle 5.2 aufgeführt:

Tabelle 5.2 Nominelle Lebensdauer, Lebensdauerfaktor und Drehzahlfaktor

Lebensdauer-parameter	Kugellager	Rollenlager
Nominelle Lebensdauer-	$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^3 = 500f_h^3$	$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} = 500f_h^{\frac{10}{3}}$
Lebens-dauer-faktor	$f_h = f_n \frac{C}{P}$	$f_h = f_n \frac{C}{P}$
Drehzahl-faktor	$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n} \right)^{\frac{1}{3}} = (0,03n)^{-\frac{1}{3}}$	$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n} \right)^{\frac{3}{10}} = (0,03n)^{-\frac{3}{10}}$

n, f_n Abb. 5.3 (siehe Seite A26), Anhang Tabelle 12 (siehe Seite C22)

L_h, f_h Abb. 5.4 (siehe Seite A26), Anhang Tabelle 13 (siehe Seite C23)

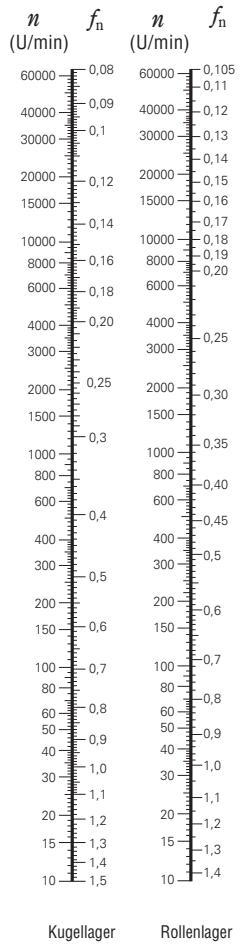


Abb. 5.3 Lagerdrehzahl und Drehzahlfaktor

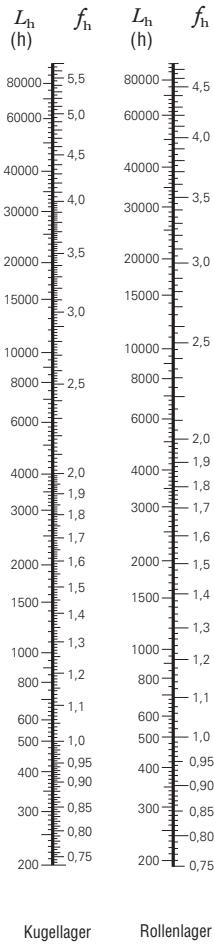


Abb. 5.4 Lebensdauerfaktor und Lebensdauer

Wenn die Lagerbelastung P und die Drehzahl n bekannt sind, wird der Lebensdauerfaktor f_h entsprechend der erforderlichen Maschinenlebensdauer festgelegt und dann die dynamische Tragzahl C mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet.

Dann sollte ein Lager, dass diesem Wert C entspricht, aus den Lagertabellen ausgewählt werden.

5.2.4 Temperaturkorrektur der Tragzahl

Wenn Wälzlager unter hohen Betriebstemperaturen eingesetzt werden, nimmt die Härte des Lagerstahls ab. Folglich sinkt auch die nominelle Tragzahl, die von den physikalischen Eigenschaften des Materials abhängt. Aus diesem Grund sollte die nominelle Tragzahl für höhere Temperaturen mit Hilfe der folgenden Gleichung angepasst werden:

mit C_t : Dynamische Tragzahl nach Temperaturanpassung (N), {kgf}

f_t : Temperaturfaktor
(siehe Tabelle 5.3.)

C: Dynamische Tragzahl von
Temperaturanpassung
(N), {kgf}

Wenn große Lager bei Temperaturen über 120°C eingesetzt werden, müssen diese einer speziellen Wärmebehandlung zur Maßstabilisierung unterzogen werden, um große Maßänderungen zu vermeiden. Die dynamische Tragzahl von Lagern, die einer solchen speziellen Wärmebehandlung zur Maßstabilisierung unterzogen wurden, kann niedriger ausfallen als die in den Lager-tabellen aufgeführten dynamischen Trag-zahlen.

Tabelle 5.3 Temperaturfaktor f

Lager-temperatur °C	125	150	175	200	250
Temperaturfaktor f_t	1,00	1,00	0,95	0,90	0,75

5.2.5 Modifizierung der nominellen Lebensdauer

Wie oben beschrieben lauten die Grundgleichungen für die Berechnung der nominellen Lebensdauer wie folgt:

Für Kugellager $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$ (5.5)

Für Rollenlager $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}}$ (5.6)

Die Lebensdauer L_{10} ist als nominelle Lebensdauer mit einer statistischen Zuverlässigkeit von 90 % definiert. Abhängig von den Maschinen, in denen die Lager eingesetzt werden, kann eine Zuverlässigkeit über 90 % erforderlich sein. Jedoch haben die jüngsten Verbesserungen in Lagerwerkstoffen die Lebensdauer erheblich verlängert. Zusätzlich beweist die Entwicklung der elastohydrodynamischen Schmierungstheorie, dass die Dicke des Schmierfilms im Kontaktbereich zwischen Ringen und Wälzkörpern großen Einfluss auf die Lagerlebensdauer hat. Um solche Verbesserungen in der Berechnung der Lebensdauer zu berücksichtigen, wird die nominelle Lebensdauer mit Hilfe der folgenden Faktoren angepasst:

mit

L_{na} : Modifizierte Lebensdauer unter Berücksichtigung der Erlebenswahrscheinlichkeit, Werkstoffverbesserungen, Schmierbedingungen, usw.

L_{10} : Nominelle Lebensdauer mit einer Zuverlässigkeit von 90 %

a_1 : Lebensdauerbeiwert für die Zuverlässigkeit

a_2 : Lebensdauerbeiwert für besondere Lagereigenschaften

a_3 : Lebensdauerbeiwert für die Betriebsbedingungen

Der Lebensdauerbeiwert für die Zuverlässigkeit α_1 für Wahrscheinlichkeiten über 90 % ist in Tabelle 5.4 aufgeführt.

Mit dem Lebensdauerbeiwert für besondere Lagereigenschaften a_2 werden Verbesserungen im Lagerwerkstoff Stahl berücksichtigt.

NSK setzt jetzt Lagerstahl ein, der im Vakuum entgast wurde. Die Testergebnisse von NSK zeigen, dass sich damit die Lebensdauer im Vergleich zu früheren Materialien erheblich verlängert. Die in den Lagertabellen aufgeführten dynamischen Tragzahlen C_r und C_a wurden unter Berücksichtigung der durch verbesserte Werkstoffe

und Produktionsmethoden verlängerten Lebensdauer berechnet. Folglich reicht es bei der Berechnung der Lebensdauer mit der Gleichung (5.7) aus, den Faktor größer 1 festzulegen.

Der Lebensdauerbeiwert für Betriebsbedingungen α_3 wird verwendet, um verschiedene Faktoren zu berücksichtigen, vor allem die Schmierbedingungen. Wenn es zwischen den Innen- und Außenringen keine Schieflistung gibt und die Dicke des Schmierfilms in den Kontaktbereichen des Lagers ausreicht, kann α_3 größer 1 sein; jedoch ist α_3 in den folgenden Fällen kleiner 1:

- Wenn die Viskosität des Schmierstoffes in den Kontaktbereichen zwischen den Laufbahnen und Wälzkörpern niedrig ist.
- Wenn die Umfangsgeschwindigkeit der Wälzkörper sehr niedrig ist.
- Wenn die Lagertemperatur hoch ist.
- Wenn der Schmierstoff durch Wasser oder durch Fremdkörper verunreinigt ist.
- Wenn die Schieflagestellung der Innen- und Außenringe zu groß ist.

Es ist schwierig, den richtigen Wert für a_3 bei spezielleren Betriebsbedingungen zu ermitteln, weil es noch viele unbekannte Faktoren gibt. Da der Lebensdauerbeiwert für Werkstoff a_2 auch von den Betriebsbedingungen beeinflusst wird, empfiehlt es sich, a_2 und a_3 in einem Wert $(a_2 \cdot a_3)$ zusammenzufassen und sie nicht unabhängig voneinander zu betrachten. In diesem Fall und unter normalen Schmier- und Betriebsbedingungen, sollte das Produkt $(a_2 \cdot a_3)$ als gleich 1 angesehen werden. Wenn jedoch die Viskosität des Schmierstoffes zu gering ist, kann dieser Wert bis auf 0,2 fallen.

Wenn keine Schieflistung vorliegt und ein Schmierstoff mit hoher Viskosität verwendet wird, sodass der Schmierfilm ausreichend dick ist, kann das Produkt von $(a_2 \cdot a_3)$ etwa bei 2 liegen.

Bei der Auswahl eines Lagers nach der nominellen Tragzahl empfiehlt es sich, einen Beiwert a_1 für die Zuverlässigkeit auszuwählen, der zur geplanten Verwendung passt, sowie einen empirisch festgelegten C/P oder f_b Wert, der von früheren Ergebnissen für Schmierung, Temperatur, Einbaubedingungen, usw. in ähnlichen Maschinen abgeleitet wurde.

Die Gleichungen zur Berechnung der nominellen Lebensdauer (5.1), (5.2), (5.5) und (5.6) liefern zufriedenstellende Ergebnisse für eine große Bandbreite von Lagerbelastungen. Jedoch können besonders hohe Belastungen schädliche, plastische Verformungen an den Kontaktstellen der Kugeln/Laufbahnen verursachen. Falls P_r größer als C_{or} (statische Tragzahl) oder 0,5 C_r ist (je nachdem, welcher Wert kleiner ist) oder, bei Axiallagern, P_a größer als 0,5 C_a ist, wenden Sie sich bitte an NSK, um die Eignung der Gleichungen für die Bestimmung der Lebensdauer zu ermitteln.

Tabelle 5.4 Lebensdauerbeiwert für die Zuverlässigkeit a_1

Zuverlässigkeit (%)	90	95	96	97	98	99
a_1	1,00	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

Die klassischen Berechnungsmethoden.

Konventionelle Berechnungsverfahren der Lebensdauer eines Lagers sind die so genannten genormten Berechnungen, auch bekannt als Katalogmethode. Sie sind festgelegt in der Norm DIN ISO 281, die Parameter sind Lagerbelastung, Drehzahl, Tragzahl und Lagerart. Als Ergebnis resultiert die Lagerlebensdauer L_{10} bzw. L_{10h} .

Klassische Methoden, genormt

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \text{ bzw. } L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

C Dynamische Tragzahl

P Dynamische Äquivalentbelastung

p Exponent (3 für Kugellager, 10/3 für Rollenlager)

n Drehzahl

Modifizierte Lagerlebensdauer

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{DIN} \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

bzw.

$$L_{na} = a_1 \cdot a_{DIN} \cdot \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

a_1 Beiwert für die Überlebenswahrscheinlichkeit

a_{DIN} Beiwert zur Berücksichtigung der

Betriebsbedingungen

Die so genannten erweiterten genormten Berechnungen nach DIN ISO 281, Beiblatt 1 und 4, berücksichtigen für eine genauere Beschreibung des Lager-Betriebszustands zusätzlich die Ermüdungsgrenzbelastung des Wälzlers, den Schmierungsparameter und die Schmierstoffreinheit. Das Ergebnis führt zur Lagerlebensdauer L_{10a} bzw. L_{10ah} . Beide Methoden sind anerkannt, aber wie so oft gilt: Das Bessere ist der Feind des Guten.

Der ABLE-Forecaster.

Eine viel genauere Aussage zur Lagerlebensdauer liefert eine von NSK neu entwickelte Software, der ABLE-Forecaster (ABLE steht für Advanced Bearing Life Equation). Auch hier handelt es sich um eine Erweiterung der genormten Berechnungen nach DIN ISO 281. Der große Unterschied – und Fortschritt – besteht jedoch darin, dass diese Methode u. a. auf der Auswertung von konkreten Anwendungsfällen und Versuchen aus einem Zeitraum von mehreren Jahrzehnten basiert.

Zudem ist die neue Lebensdauergleichung von NSK implementiert, die zahlreiche Faktoren berücksichtigt, darunter die tatsächliche Betriebsumgebung, die Ermüdungsgrenzbelastung, Schmierparameter sowie Verschmutzungsfaktor und Werkstoff.

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

5.3 Berechnung der Lagerbelastungen

Die Belastungen, die auf Lager wirken, beinhalten üblicherweise die Gewichtskraft der abgestützten und der rotierenden Bauteile, Übertragungskräfte von Getrieben und Riemeln, Belastungen, die auf Grund des Betriebs der Maschine entstehen, in der die Lager eingesetzt werden, usw. Einige Belastungen können berechnet werden, aber andere sind schwierig abzuschätzen. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Schätzungen anhand empirisch ermittelter Daten abzugleichen.

5.3.1 Betriebsfaktor

Wenn eine radiale oder axiale Belastung errechnet wurde, kann die tatsächliche Lagerbelastung wegen der Vibrations und Stoßkräfte, die während des Maschinenbetriebs entstehen, größer als die berechnete Belastung sein. Die tatsächliche Belastung kann mit der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$\left. \begin{array}{l} F_r = f_w \cdot F_{rc} \\ F_a = f_w \cdot F_{ac} \end{array} \right\} \dots \dots \dots \quad (5.8)$$

mit

F_r, F_a : Betriebsbelastung (N), {kgf}

F_{rc}, F_{ac} : Theoretische Belastung (N), {kgf}

f_w : Betriebsfaktor

Die in Tabelle 5.5 angegebenen Werte werden üblicherweise für den Betriebsfaktor f_w verwendet.

5.3.2 Lagerbelastungen in Anwendungen mit Riemen- oder Kettenantrieben

Die auf Riemenscheibe oder Kettenrad wirkende Kraft auf Grund der Kraftübertragung von Riemen oder Ketten wird mit den folgenden Gleichungen berechnet:

$$\left. \begin{aligned} M &= 9550000 H / n \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \\ &= 974000 H / n \quad \{\text{kgf} \cdot \text{mm}\} \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

mit

M : An-/Abtriebsmoment an Riemenscheibe oder Kettenrad (N mm), {kgf mm}

P_k : Übertragungskraft von Riemen oder Kette (N). {kgf}

H : Übertragene Leistung (kW)

n : Drehzahl (U/min)

r : Wirkradius von Riemenscheibe oder Kettenrad (mm)

Bei der Berechnung der Belastung auf der Riemenwelle muss die Riemenspannung berücksichtigt werden. Demnach wird zur Berechnung der tatsächlichen Belastung K_b bei einem Riemenantrieb die Übertragungskraft mit dem Riemenfaktor f_b , der für die Riemenspannung steht, multipliziert. Die Werte des Riemenfaktors f_b für verschiedene Riemenarten stehen in Tabelle 5.6.

Für Kettengetriebe sollten die für f_b eingesetzten Werte bei 1,25 bis 1,5 liegen.

Tabelle 5.5 Werte für Betriebsfaktor f_w

Betriebsbedingungen	Typische Anwendungsbereiche	f_w
Ruhiger Betrieb erschütterungsfrei	Elektromotoren, Werkzeugmaschinen, Klimageräte	1 $\sim 1,2$
Normaler Betrieb	Ventilatoren, Kompressoren, Aufzüge, Kräne, Papiermaschinen	1,2 $\sim 1,5$
Betrieb mit Stoßbelastungen und Vibrationen	Baugeräte, Brecher, Schwingsiebe Walzwerke	1,5 ~ 3

Tabelle 5.6 Riemenfaktor f_h

Riemenart	f_b
Zahnriemen	1,3 ~ 2
Keilriemen	2 ~ 2,5
Flachriemen mit Spannrolle	2,5 ~ 3
Flachriemen	4 ~ 5

Die durchschnittliche Drehzahl n_m kann wie folgt berechnet werden:

$$n_m = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad (5.19)$$

(2) Wenn sich die Belastung nahezu linear verändert (Abb. 5.8), kann die durchschnittliche Belastung wie folgt berechnet werden:

$$F_m \triangleq \frac{1}{3} (F_{\min} + 2F_{\max}) \quad (5.20)$$

mit F_{\min} : Minimum der veränderlichen Last (N, {kgf})

F_{\max} : Maximum der veränderlichen Last (N, {kgf})

(3) Wenn die Veränderung der Belastung einer Sinuskurve entspricht (Abb. 5.9) kann mit Hilfe der folgenden Gleichung ein Annäherungswert für die mittlere Belastung F_m berechnet werden:

Für den Lastfall entsprechend Abb. 5.9 (a)

$$F_m \triangleq 0,65 F_{\max} \quad (5.21)$$

Für den Lastfall entsprechend Abb. 5.9 (b)

$$F_m \triangleq 0,75 F_{\max} \quad (5.22)$$

(4) Wenn sowohl eine rotierende als auch eine stationäre Last wirken (Abb. 5.10):

F_R : Rotierende Last (N, {kgf})

F_S : Stationäre Last (N, {kgf})

Ein Annäherungswert für die mittlere Belastung F_m kann wie folgt berechnet werden:

a) Bei $F_R \geq F_S$

$$F_m = F_R + 0,3F_S + 0,2 \frac{F_S^2}{F_R} \quad (5.23)$$

b) Bei $F_R < F_S$

$$F_m = F_S + 0,3F_R + 0,2 \frac{F_R^2}{F_S} \quad (5.24)$$

5.4 Äquivalente Belastung

In wenigen Fällen sind Lagerbelastungen rein radial oder axial sondern meist eine Kombination beider Belastungsarten. Darüber hinaus sind solche Belastungen normalerweise sowohl in ihrer Stärke als auch der Richtung veränderlich. In solchen Fällen können die aufgebrachten Maximalbelastungen nicht für die Berechnung der Lagerlebensdauer verwendet werden. Aus diesem Grund sollte die Berechnung mit einer theoretischen Ersatzbelastung konstanter Kraftrichtung erfolgen, die in der Lagermitte angreift und deren errechnete Lagerlebensdauer derjenigen entspricht, die das Lager unter den wirklichen Betriebsbedingungen hat. Diese theoretische Ersatzbelastung wird äquivalente Belastung genannt.

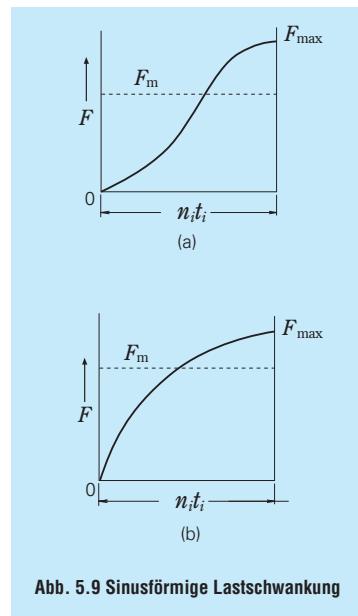


Abb. 5.9 Sinusförmige Lastschwankung

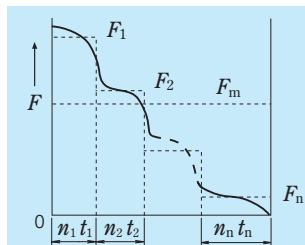


Abb. 5.7 Stufenweise Lastschwankung

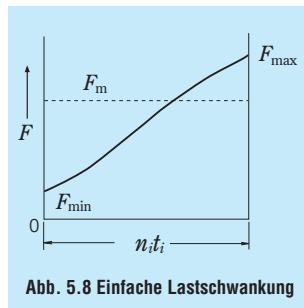


Abb. 5.8 Einfache Lastschwankung

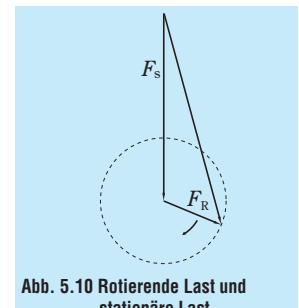


Abb. 5.10 Rotierende Last und stationäre Last

5.5 Statische Tragzahl und äquivalente statische Lagerbelastung

5.5.1 Statische Tragzahl

Übermäßige Belastungen oder starke Stöße können, bei Überschreitung der Elastizitätsgrenze, bleibende Verformungen an den Wälzkörpern und Laufbahnen der Wälzlager verursachen. Die nichtelastischen Verformungen nehmen mit steigender Belastung in Fläche und Tiefe zu. Wenn die Belastung eine bestimmte Grenze überschreitet, beeinträchtigt dies den ruhigen Lagerlauf.

Die statische Tragzahl ist die statische Belastung, bei welcher die folgende Druckspannung in der Mitte der Berührungsfläche zwischen dem Rollkörper mit der größten Belastung und der Laufbahnoberfläche entsteht.

Für Pendelkugellager	4 600MPa {469kgf/mm ² }
Für andere Kugellager	4 200MPa {428kgf/mm ² }
Für Rollenlager	4 000MPa {408kgf/mm ² }

In diesem Bereich der höchsten Druckspannung beträgt die Summe der permanenten Verformung von Rollkörper und Laufbahn ca. das 0,0001-fache des Durchmessers des Rollkörpers. Die statische Tragzahl C_o wird in den Lagertabellen für Radiallager mit C_o und für Axiallager mit C_{oa} geführt.

Des Weiteren wurden die neuen C_o -Werte entsprechend den von ISO geänderten Kriterien für statische Tragzahlen angepasst. Die neuen C_o -Werte für NSK-Kugellager liegen jetzt beim 0,8- bis 1,3-fachen der alten Werte und die für Rollenlager beim 1,5- bis 1,9-fachen. Hier ist zu beachten, dass sich in Folge dessen auch die Werte der zulässigen statischen Tragfähigkeit f_s geändert haben.

5.5.2 Äquivalente statische Lagerbelastung

Die statische äquivalente Lagerbelastung ist eine gedachte, in Größe und Richtung konstante Last, die bei stillstehenden, sehr langsam laufenden oder oszillierenden Lagerringen zu berücksichtigen ist und die gleichen Druckspannungen und Verformungen erzeugt wie unter den gegebenen Bedingungen. Für Radiallager ist die lagermittig angreifende, statische Radiallast als äquivalente statische Lagerbelastung definiert, während bei Axiallagern die achsmitig angreifende Axiallast für die äquivalente statische Lagerbelastung maßgeblich ist.

(a) Äquivalente statische Belastung auf Radiallager

Der größere der beiden aus den folgenden Gleichungen berechnete Wert sollte als äquivalente statische Belastung auf Radiallager übernommen werden.

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a \quad \dots \dots \dots (5.30)$$

$$P_o = F_r \quad \dots \dots \dots (5.31)$$

mit P_o : Äquivalente statische Belastung (N), {kgf}
 F_r : Radiallast (N), {kgf}
 F_a : Axiallast (N), {kgf}
 X_o : Statischer Radiallastfaktor des Lagers
 Y_o : Statischer Axiallastfaktor des Lagers

(b) Äquivalente statische Belastung auf Axiallagern
 $P_o = X_o F_r + F_a \quad \alpha \neq 90^\circ \dots \dots \dots (5.32)$

Mit P_o : Äquivalente statische Belastung (N), {kgf}
 α : Druckwinkel

Für $F_a < X_o F_r$ werden die Ergebnisse ungenauer. Die Werte von X_o und Y_o für die Gleichungen (5.30) und (5.32) stehen in den Lagertabellen. Die äquivalente statische Belastung für Axialrollenlager mit

$$\alpha = 90^\circ \text{ ist } P_o = F_a$$

5.5.3 Zulässige statische Tragfähigkeit

Die zulässige äquivalente statische Lagerbelastung hängt von der statischen Tragzahl und auch von der Anwendung und den Betriebsbedingungen ab.

Die zulässige statische Tragfähigkeit f_s ist ein Sicherheitsfaktor, welcher das Verhältnis aus Gleichung (5.33) angibt. Die allgemein empfohlenen Werte für f_s stehen in Tabelle 5.8. In Übereinstimmung mit den Anpassungen der statischen Tragzahl wurden die Werte für f_s bereinigt, speziell für jene Lager, für die der Wert von C_o erhöht wurde. Diese Änderungen sind bei der Lagerauswahl zu beachten.

$$f_s = \frac{C_o}{P_o} \quad \dots \dots \dots (5.33)$$

mit C_o : Statische Tragzahl (N), {kgf}
 P_o : Äquivalente statische Lagerbelastung (N), {kgf}

Für Axialpendelrollenlager sollten die Werte von f_s größer 4 sein.

Tabelle 5.8 Werte der zulässigen statischen Tragfähigkeit f_s

Betriebsbedingungen	Unterer Grenzwert von f_s	
	Kugellager	Rollenlager
Geräuscharme Anwendungen	2	3
Lager, die Vibrationen und Stoßbelastungen ausgesetzt sind	1,5	2
Normale Betriebsbedingungen	1	1,5

5.6 Maximal zulässige Axialbelastungen für Zylinderrollenlager

Zylinderrollenlager deren Innen- und Außenringe feste Borde, lose Borde oder Winkelringe haben, können gleichzeitig Radiallasten und begrenzt Axiallasten aufnehmen. Die zulässige Axialbelastung wird durch übermäßigen Temperaturanstieg oder Adhäsivverschleiß infolge von Gleitreibung zwischen den Wälzkörperstirnseiten und den Bordflächen begrenzt.

Abb. 5.13 führt die maximal zulässige Axialbelastung für Lager der Durchmesserreihe 3 auf, welche gleichmäßig belastet und mit Fett oder Öl geschmiert werden.

Fettschmierung (empirische Gleichung)

$$C_A = 9,8f \left\{ \frac{900 (k \cdot d)^2}{n + 1500} - 0,023 \cdot (k \cdot d)^{2,5} \right\} \dots (N) \\ = f \left\{ \frac{900 (k \cdot d)^2}{n + 1500} - 0,023 \cdot (k \cdot d)^{2,5} \right\} \dots \{ \text{kgf} \} \quad \dots \dots \dots (5.34)$$

Ölschmierung (empirische Gleichung)

$$C_A = 9,8f \left\{ \frac{490 (k \cdot d)^2}{n + 1000} - 0,000135 \cdot (k \cdot d)^{3,4} \right\} \dots (N) \\ = f \left\{ \frac{490 (k \cdot d)^2}{n + 1000} - 0,000135 \cdot (k \cdot d)^{3,4} \right\} \dots \{ \text{kgf} \} \quad \dots \dots \dots (5.35)$$

Mit C_A : Zulässige Axiallast (N), {kgf}
 d : Bohrungsdurchmesser des Lagers (mm)
 n : Drehzahl (U/min)

f: Betriebsfaktor

Belastungsintervall	Wert von <i>f</i>
Kontinuierlich	1
Periodisch	2
Nur kurzzeitig	3

k: Größenkoeffizient

Durchmesserreihe	Wert von <i>k</i>
2	0,75
3	1
4	1,2

Damit Zylinderrollenlager im Betrieb eine stabile Axialtragfähigkeit haben, sind zusätzlich folgende Vorsichtsmaßnahmen für die Lager und ihre Umgebung erforderlich:

- Werden Axiallasten aufgebracht, müssen Radiallasten ebenfalls vorhanden sein.
- Zwischen den Kontaktflächen von Rollen und Borden muss genügend Schmierstoff vorhanden sein.
- Es muss Hochleistungsfett mit EP-Zusätzen verwendet werden.
- Es sollte genügend Einlauf erfolgen.
- Das Radialspiel sollte das notwendige Maß nicht überschreiten.

In Fällen mit sehr niedrigen Lagerdrehzahlen, wenn die Drehzahl die Grenzdrehzahl um mehr als 50 % übersteigt oder wenn der Bohrungsdurchmesser über 200 mm liegt, sollte die passende Schmierung, Kühlung, usw. sorgfältig für jeden Einzelfall ermittelt werden. In diesen Fällen wenden Sie sich bitte an NSK.

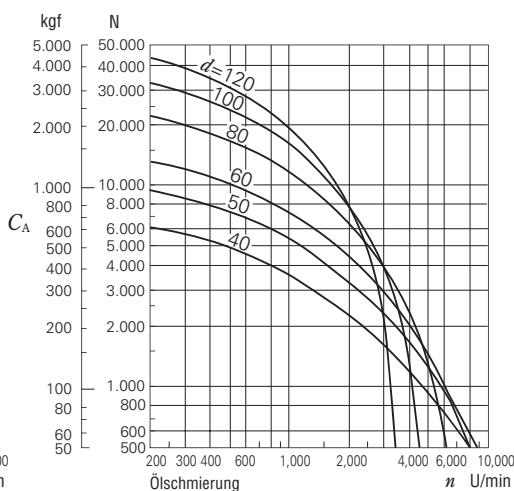
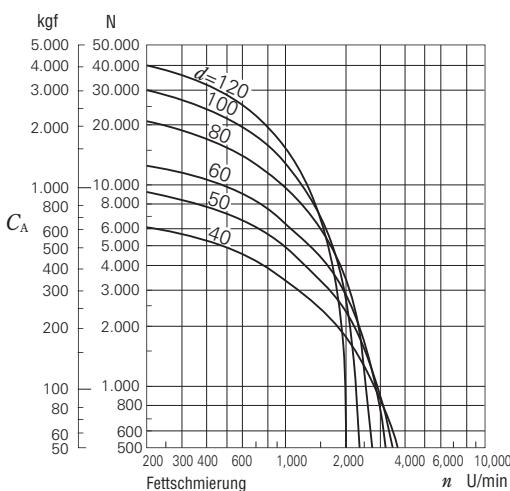


Abb. 5.13 Zulässige Axiallast für Zylinderrollenlager

Für Lager der Durchmesserreihe 3 ($k=1,0$), die unter ständiger Belastung betrieben und mit Fett oder Öl geschmiert werden.

5.7 Beispiele für Lagerberechnungen

(Beispiel 1)

Gesucht wird der Lebensdauerfaktor f_h eines einreihigen Rillenkugellagers **6208**, wenn es unter einer radialen Belastung von $F_r = 2500$ (N), (kgf) und einer Drehzahl von $n = 900$ U/min eingesetzt wird.

Die dynamische Tragzahl C_r für **6208** ist 29100 (N), (2970 kgf) (Lagertabelle, Seite B10). Da nur eine radiale Belastung anfällt, wird die äquivalente Belastung P wie folgt berechnet:

$$P = F_r = 2500 \text{ N, (255 kgf)}$$

Da die Drehzahl $n = 900$ U/min ist, kann der Drehzahlfaktor f_n mit der Gleichung in Tabelle 5.2 (Seite A25) oder Abb. 5.3 (Seite A26) ermittelt werden.

$$f_n = 0,333$$

Unter diesen Bedingungen wird der Lebensdauerfaktor f_h wie folgt berechnet:

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0,333 \cdot \frac{29100}{2500} = 3,88$$

Dieser Wert eignet sich für Anwendungen im Industriebereich, regelmäßig genutzte Klimageräte, usw. Gemäß der Gleichung in Tabelle 5.2 (Seite A25) oder Abb. 5.4 (Seite A26) entspricht er etwa einer Betriebsdauer von 29000 Stunden.

(Beispiel 2)

Wählen Sie ein einreihiges Rillenkugellager mit einem Bohrungsdurchmesser von 50 mm und einem Außendurchmesser unter 100 mm, das den folgenden Bedingungen entspricht:

Radiallast $F_r = 3000$ N, (306 kgf)

Drehzahl $n = 1900$ U/min

Erforderliche Lebensdauer $L_h > 10000$ h

Der Lebensdauerfaktor f_h von Kugellagern mit einer Lebensdauer von über 10000 Stunden ist $f_h \geq 2,72$.

Da $f_n = 0,26$, $P = F_r = 3000$ N, (306 kgf)

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0,26 \cdot \frac{C_r}{3000} \geq 2,72$$

und damit $C_r \geq 2,72 \cdot \frac{3000}{0,26} = 31380$ N (3200 kgf)

Aus den Daten in der Lagertabelle auf Seite B12 sollte **6210** als ein Lager ausgewählt werden, welches den obigen Bedingungen entspricht.

(Beispiel 3)

C_r / P oder der Lebensdauerfaktor f_h sollen ermittelt werden, wenn eine Axialbelastung $F_a = 1000$ N, (102 kgf) zusätzlich zu den Bedingungen von (Beispiel 1) zugrundegelegt wird.

Wenn die Radiallast F_r und die Axiallast F_a auf das einreihige Rillenkugellager **6208** aufgebracht werden, wird die äquivalente dynamische Lagerbelastung P gemäß der folgenden Vorgehensweise berechnet.

Ermitteln der Werte des Radiallastfaktors X , des Axiallastfaktors Y und der Konstante e , abhängig von der Größe von $f_0 F_a / C_{or}$, welche der Tabelle über der Lagertabelle für einreihigen Rillenkugellager entnommen werden können.

Die statische Tragzahl C_{or} des Kugellagers **6208** beträgt 17900 N, (1820 kgf) (Seite B10)

$$f_0 F_a / C_{or} = 14,0 \cdot 1000 / 17900 = 0,782$$

$$e \triangleq 0,26$$

$$\text{und } F_a / F_r = 1000 / 2500 = 0,4 > e$$

$$X = 0,56$$

$$Y = 1,67 \quad (Y \text{ wird durch lineare Interpolation ermittelt})$$

Hieraus ergibt sich die äquivalente dynamische Lagerbelastung P .

$$\begin{aligned} P &= X F_r + Y F_a \\ &= 0,56 \cdot 2500 + 1,67 \cdot 1000 \\ &= 3070 \text{ N, (313 kgf)} \end{aligned}$$

$$\frac{C_r}{P} = \frac{29100}{3070} = 9,48$$

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0,333 \cdot \frac{29100}{3070} = 3,16$$

Der Wert von f_h entspricht in etwa 15800 Stunden für Kugellager.

(Beispiel 4)

Wählen Sie ein einreihiges Pendelrollenlager der Baureihe 231, das den folgenden Bedingungen entspricht:

Radiallast $F_r = 45000$ N, (4950 kgf)

Axiallast $F_a = 8000$ N, (816 kgf)

Drehzahl $n = 500$ U/min

Nominelle Lebensdauer $F_h = 30000$ h

Der Lebensdauerfaktor f_h , welcher in $L_h > 30000$ h resultiert ist größer als 3,45 aus der Abb. 5.4 (Seite A26).

Die äquivalente dynamische Lagerbelastung P von Pendelrollenlager ergibt sich wie folgt:

wenn $F_a / F_r < e$

$$P = XF_r + YX_a = F_r + Y_3F_a$$

wenn $F_a / F_r > e$

$$P = XF_r + YF_a = 0,67 F_r + Y_2F_a$$

$$F_a / F_r = 8000 / 45000 = 0,18$$

Die Lagertabelle zeigt, dass für Lager der Baureihe 231 der Wert von e etwa bei 0,3 und der für Y_3 etwa bei 2,2 liegt:

$$\begin{aligned} \text{Daher: } P &= XF_r + YF_a = F_r + Y_3F_a \\ &= 45000 + 2,2 \cdot 8000 \\ &= 62600 \text{ N, } \{6380 \text{ kgf}\} \end{aligned}$$

Mit Hilfe des Lebensdauerfaktors f_h kann die dynamische Tragzahl wie folgt ermittelt werden:

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0,444 \cdot \frac{C_r}{62600} \geq 3,45$$

folglich, $C_r \geq 490000 \text{ N, } \{50000 \text{ kgf}\}$

Von den Pendelrollenlagern der Baureihe 231, die diesem Wert C_r entsprechen, ist das kleinste **23126CE4** ($C_r = 505000 \text{ N, } \{51500 \text{ kgf}\}$)

Nach der Auswahl des Lagers wird der Wert von Y_3 in der Gleichung ersetzt und der Wert von P errechnet.

$$\begin{aligned} P &= F_r + Y_3F_a = 45000 + 2,4 \cdot 8000 \\ &= 64200 \text{ N, } \{6550 \text{ kgf}\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_h &= 500 \left(f_n \frac{C_r}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \\ &= 500 \left(0,444 \cdot \frac{505000}{64200} \right)^{\frac{10}{3}} \\ &= 500 \cdot 3,49^{\frac{10}{3}} \triangleq 32000 \text{ h} \end{aligned}$$

(Beispiel 5)

Angenommen, Kegelrollenlager **HR30305DJ** und **HR30206J** werden in einer O-Anordnung wie in Abb. 5.14 gezeigt, verwendet und der Abstand zwischen den Außenringen beträgt 50 mm.

Berechnen Sie die nominelle Lebensdauer für jedes Lager, wenn neben der Radiallast $F_r = 5500 \text{ N, } \{561 \text{ kgf}\}$ die Axiallast $F_{ae} = 2000 \text{ N, } \{204 \text{ kgf}\}$ auf **HR30305DJ** wie in Abb. 5.14 aufgebracht wird. Die Drehzahl beträgt 600 U/min.

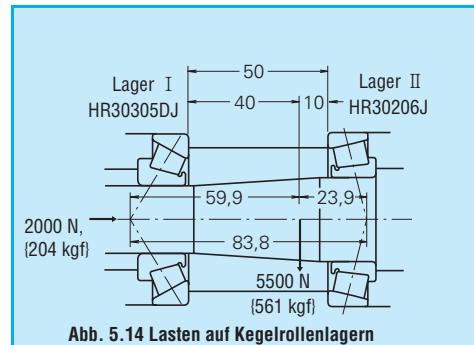


Abb. 5.14 Lasten auf Kegelrollenlagern

Um die Radiallast F_r auf die Lager I und II zu verteilen, müssen die tatsächlichen Lastangriffspunkte der Kegelrollenlager ermittelt werden. Der Wert a für den Lastangriffspunkt der Lager I und II kann aus der Lagertabelle entnommen werden, danach wird die relative Lage der Radiallast F_r zu den Lastangriffspunkten der Lager ermittelt. Das Ergebnis ist in Abb. 5.14 aufgeführt. Folglich kann die auf die Lager I (**HR30305DJ**) und II (**HR30206J**) wirkende Radiallast mit den nachstehenden Gleichungen ermittelt werden:

$$F_{rI} = 5500 \cdot \frac{23,9}{83,8} = 1569 \text{ N, } \{160 \text{ kgf}\}$$

$$F_{rII} = 5500 \cdot \frac{59,9}{83,8} = 3931 \text{ N, } \{401 \text{ kgf}\}$$

Die folgenden Werte ergeben sich aus den Daten der Lagertabelle:

Lager	Dynamische Tragzahlen		Axiallastfaktor des Lagers Y_1	Konstante e
	C_r (N) {kgf}			
Lager I (HR30305DJ)	38 000	{3 900}	$Y_I = 0,73$	0,83
Lager II (HR30206J)	43 000	{4 400}	$Y_{II} = 1,6$	0,38

Wenn Radiallasten auf Kegelrollenlager aufgebracht werden, ergibt sich eine axiale Lastkomponente, die bei der Ermittlung der äquivalenten dynamischen Radiallast berücksichtigt werden muss (siehe Abschnitt 5.4.2, Seite A33).

$$F_{ae} + \frac{0,6}{Y_{II}} F_{rII} = 2000 + \frac{0,6}{1,6} \cdot 3931 \\ = 3474 \text{ N, } \{354 \text{ kgf}\}$$

$$\frac{0,6}{Y_I} F_{rI} = \frac{0,6}{0,73} \cdot 1569 = 1290 \text{ N, } \{132 \text{ kgf}\}$$

Deshalb wird in dieser Lageranordnung die Axiallast

$F_{ae} + \frac{0,6}{Y_{II}} F_{rII}$ auf Lager I, aber nicht auf Lager II übertragen.

Für Lager I

$$F_{rI} = 1569 \text{ N, } \{160 \text{ kgf}\} \\ F_{aI} = 3474 \text{ N, } \{354 \text{ kgf}\}$$

da $F_{aI} / F_{rI} = 2,2 > e = 0,83$

ist die äquivalente dynamische Belastung

$$P_I = XF_{rI} + Y_I F_{aI} \\ = 0,4 \cdot 1569 + 0,73 \cdot 3474 \\ = 3164 \text{ N, } \{323 \text{ kgf}\}$$

$$\text{Der Lebensdauerfaktor } f_h = f_n \frac{C_r}{P_I} \\ = \frac{0,42 \cdot 38000}{3164} = 5,04$$

und die nominelle Lebensdauer

$$P_h = 500 \cdot 5,04^{\frac{10}{3}} = 109750 \text{ h}$$

Für Lager II

da $F_{rII} = 3931 \text{ N, } \{401 \text{ kgf}\}$, $F_{aII} = 0$

ist die äquivalente dynamische Belastung

$$P_{II} = F_{rII} = 3931 \text{ N, } \{401 \text{ kgf}\}$$

Der Lebensdauerfaktor ist

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P_{II}} = \frac{0,42 \cdot 43000}{3931} = 4,59$$

und die nominelle Lebensdauer beträgt

$$L_h = 500 \cdot 4,59^{\frac{10}{3}} = 80400 \text{ h}$$

Anmerkung: Für X-Anordnungen (Typ DF) wenden Sie sich bitte an NSK.

(Beispiel 6)

Wählen Sie ein Lager für ein Unterstellungsgtriebe für die folgenden Werte aus:

Betriebsbedingungen

Radiallast $F_r = 245000 \text{ N, } \{25000 \text{ kgf}\}$

Axiallast $F_a = 49000 \text{ N, } \{5000 \text{ kgf}\}$

Drehzahl $n = 500 \text{ U/min}$

Größenbegrenzung

Wellendurchmesser 300 mm

Gehäusebohrung: unter 500 mm

Für diesen Anwendungsbereich werden schwere Belastungen, Stoßbelastungen und Wellendurchbiegung erwartet; deshalb sollten Pendelrollenlager eingesetzt werden.

Die nachfolgend aufgeführten Pendelrollenlager entsprechen der obigen Größenbegrenzung (siehe Seite B214)

d	D	B	Kurzzeichen	Dynamische Tragzahlen		Konstante e	Faktor Y_3
				C_r (N)	{kgf}		
300	420	90		1230000	125000	0,19	3,5
	460	118		1920000	196000	0,24	2,8
	460	160		2310000	235000	0,32	2,1
	500	160		2670000	273000	0,31	2,2
	500	200		3100000	315000	0,38	1,8

Wenn $F_a / F_r = 0,20 < e$ ist
dann ist die äquivalente dynamische Lagerbelastung P

$$P = F_r + Y_3 F_a$$

Berücksichtigt man den Lebensdauerfaktor f_h aus Tabelle 5.1 und die Anwendungsbeispiele (siehe Seite A27), dann scheint der Wert von f_h zwischen 3 und 5 passend zu sein.

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = \frac{0,444 C_r}{F_r + Y_3 F_a} = 3 \sim 5$$

Angenommen $Y_3 = 2,1$, dann kann die notwendige nominelle Tragzahl C_r berechnet werden

$$C_r = \frac{(F_r + Y_3 F_a) \cdot (3 \sim 5)}{0,444} \\ = \frac{(245000 + 2,1 \cdot 49000) \cdot (3 \sim 5)}{0,444} \\ = 2350000 \sim 3900000 \text{ N,} \\ \{240000 \sim 400000 \text{ kgf}\}$$

Die Lager **23160CAE4** und **24160CAE4** erfüllen diesen Bereich.

6. GRENZDREHZAHL

Die Drehzahl von Wälzlagern unterliegt gewissen Beschränkungen. Wenn Lager betrieben werden, steigt mit der Drehzahl die Lagertemperatur aufgrund von Reibung. Die Grenzdrehzahl ist ein empirisch ermittelter Wert für die maximale Drehzahl, unter der Lager dauernd ohne Ausfälle durch Mangelschmierung oder übermäßige Temperaturentwicklung betrieben werden können. Folglich hängt die Grenzdrehzahl für Lager von der Lagerart- und -größe, Käfigform und -material, Belastung, Schmierung und Wärmeableitung inklusive der Gestaltung der Lagerumgebung ab.

Die Grenzdrehzahlen für fett- und ölgeschmierte Lager sind in den Lagertabellen aufgeführt. Die in den Tabellen genannten Grenzdrehzahlen beziehen sich auf Lager der Standardausführung, die normalen Belastungen ausgesetzt werden, d. h. etwa $C/P > 12$ und $F_a/F_r < 0,2$. Die in den Lagertabellen aufgeführten Grenzdrehzahlen für ölgeschmierte Lager beziehen sich auf die herkömmliche Ölbadsschmierung.

Einige Schmierungsarten eignen sich nicht für hohe Drehzahlen, auch wenn sie in anderer Hinsicht ausgesprochene Vorteile bieten können. Wenn die Drehzahlen bei über 70 % der aufgeführten Grenzdrehzahlen liegen, ist es erforderlich, Öl oder Fett mit hoher Drehzahleignung auszuwählen.

(Siehe)

Tabelle 12.2 Schmierfetteigenschaften (Seite A112 und 113)

Tabelle 12.5 Beispiele für die Auswahl von Schmierstoffen für Lagerbetriebsbedingungen (Seite A115)

Tabelle 15.8 Fettsorten und Vergleich der Eigenschaften (Seite A140 bis A143)

6.1 Anpassung der Grenzdrehzahl

Wenn die Lagerbelastung P 8 % der dynamischen Tragzahl C übersteigt oder die Axiallast F_a 20 % der Radiallast F_r übersteigt, muss die Grenzdrehzahl angepasst werden, indem der Wert der Grenzdrehzahl aus den Lagertabellen mit dem Korrekturfaktor, wie in Abb. 6.1 und 6.2 gezeigt, multipliziert wird.

Wenn die benötigte Betriebsdrehzahl die Grenzdrehzahl des gewünschten Lagers übersteigt, müssen der Genauigkeitsgrad, das Lagerspiel, der Käfigtyp und -werkstoff, die Schmierung, usw. genau betrachtet werden, um ein für die benötigte Drehzahl geeignetes Lager auszuwählen. Dann muss eine Druckumlaufschmierung, Öleinspritzschmierung, Ölnebelschmierung oder Öl-Luft-Schmierung eingesetzt werden.

Wenn all diese Bedingungen berücksichtigt werden, kann die maximal zulässige Drehzahl durch Multiplizierung der Grenzdrehzahl aus den Lagertabellen mit dem Korrekturfaktor aus Tabelle 6.1 angepasst werden. Es wird empfohlen, bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen NSK zu konsultieren.

6.2 Grenzdrehzahlen für Kugellager mit berührenden Dichtungen

Die maximal zulässige Drehzahl für schleifende Dichtungen aus Kautschuk (Typ DDU) wird hauptsächlich durch die Gleitgeschwindigkeit an der Dichtlippe bestimmt. Die Werte für Grenzdrehzahlen sind in den Lagertabellen aufgeführt.

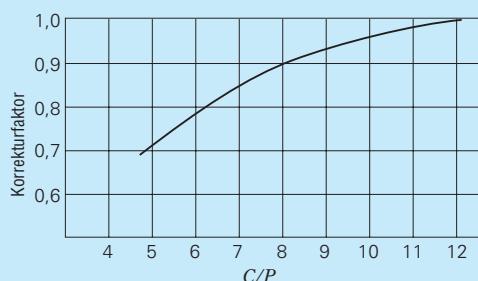


Abb. 6.1 Abhängigkeit des Korrekturfaktors vom Belastungsverhältnis

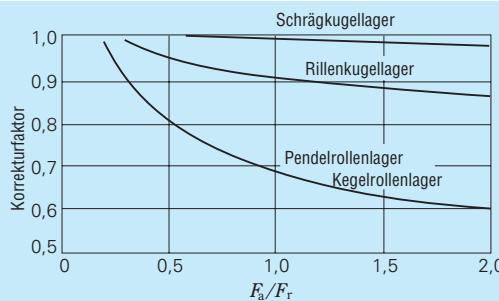


Abb. 6.2 Abhängigkeit des Korrekturfaktors vom Verhältnis der kombinierten Belastung für verschiedene Lagerbauarten

Tabelle 6.1 Korrekturfaktor für Grenzdrehzahlen bei Hochgeschwindigkeitsanwendungen

Lagerarten	Korrekturfaktor
Zylinderrollenlager (einreihig)	2
Nadellager (außer breite Reihen)	2
Kegelrollenlager	2
Pendelrollenlager	1,5
Rillenkugellager	2,5
Schrägkugellager (außer gepaarte Lager)	1,5

7. LAGERABMESSUNGEN UND -BEZEICHNUNG

7.1 Lagerabmessungen und Abmessungen von Sicherungsringnuten

7.1.1 Lagerabmessungen

Die Maße von Wälzlagern, die in den Abb. 7.1 bis 7.5 aufgeführt sind, sind die Abmessungen der Außengeometrie der Lager. Sie beinhalten Durchmesser der Lagerbohrung d , Außendurchmesser D , Nennbreite des Außenrings B , Nennbreite (oder -höhe) des Lagers T , Kantenkürzung r , usw. Für den Einbau eines Lagers auf einer Welle und in ein Gehäuse ist es notwendig, all diese Abmessungen zu kennen. Diese Lagerabmessungen wurden international standardisiert (ISO15) und für JIS B 1512 (Grenzmaße für Wälzlager) übernommen.

Die Lagerabmessungen und Maßreihen für Radiallager, Kegelrollenlager und Axiallager sind in den Tabellen 7.1. bis 7.3 aufgeführt (Seite A42 bis A51).

In diesen Grenzmaßtabellen sind für jede Lagerbohrungskennziffer, welche den Bohrungsdurchmesser beschreibt, die Abmessungen für jede Maßreihe aufgeführt. Eine sehr große Anzahl von Baureihen ist möglich; jedoch sind nicht alle handelsüblich, es können in Zukunft also weitere nachfolgen. Über jeder Lagertabelle (7.1 bis 7.3) stehen typische Lagerarten und Reihenbezeichnungen (siehe Tabelle 7.5, Lagerreihenzeichen, Seite A57).

Die relativen Querschnitte von Radiallagern (außer Kegelrollenlagern) und Axiallagern für verschiedene Reiheneinteilungen sind in Abb. 7.6 bzw. 7.7 dargestellt.

7.1.2 Abmessungen der Sicherungsringnuten und -befestigungen

Die Abmessungen von Sicherungsringnuten in den Lageraußenringen werden durch ISO 464 festgelegt. Die Abmessungen und Genauigkeiten von Sicherungsringbefestigungen werden ebenfalls durch ISO 464 bestimmt. Die Abmessungen der Sicherungsringnuten und Sicherungsringbefestigungen der Durchmesserreihen 8, 9, 0, 2, 3, und 4 sind in Tabelle 7.4 (Seite A52 bis A55) aufgeführt.

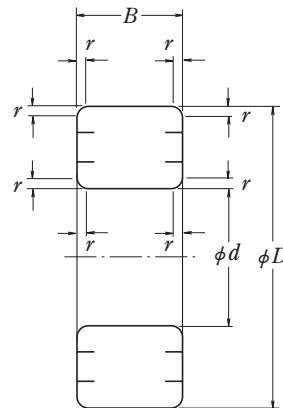


Abb. 7.1 Äußere Abmessungen für Radialkugel- und rollenlager

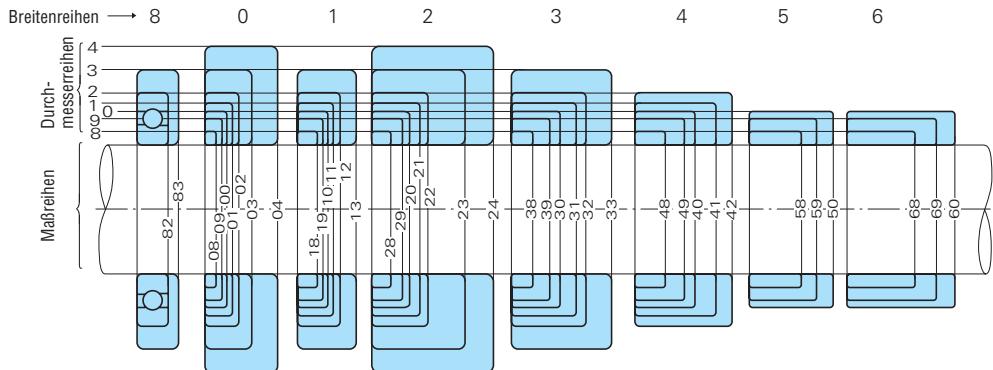


Abb. 7.6 Vergleich der Querschnitte von Radiallagern (außer Kegelrollenlagern) für verschiedene Maßreihen

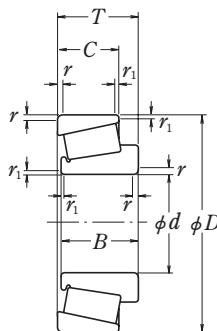


Abb. 7.2 Kegelrollenlager

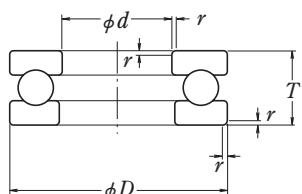


Abb. 7.3 Einseitig wirkende Axialkugellager

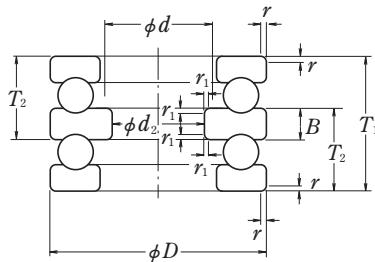


Abb. 7.4 Zweiseitig wirkende Axialkugellager

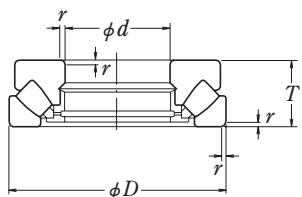


Abb. 7.5 Axialpendelrollenlager

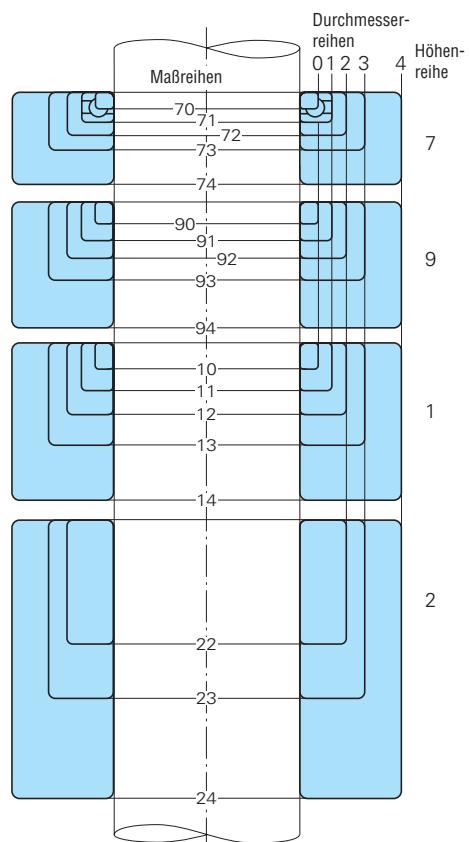


Abb. 7.7. Vergleich der Querschnitte von Axiallagern (außer Durchmesserreihe 5) für verschiedene Maßreihen

Tabelle 7.1 Abmessungen für Radiallager (außer Kegelrollenlager)

Annmerkungen Die in dieser Tabelle aufgeflihrten Kantenkrtzungen gelten nicht notwendigerweise für die folgenden Kanten: (a) Kanten der Sicherungsringnuten der Außenringe

- (b) Kanten an den bordierten Stirnseiten bei Zylinderrollenlagern mit flachem Querschnitt.
- (c) Kanten an den vorderen Stirnseiten der Laufringe von Schräglagern.
- (d) Kanten an Innenringen von Lagen mit keglichen Bohrungen.

2

Tabelle 7.1 Abmessungen für Radiallager (außer Kegelrollenlager)

Durchmesserserienzahl												Durchmesserserienzahl																
Durchmesserserien 1						Durchmesserserien 2						Durchmesserserien 3						Durchmesserserien 4										
Maßreihen			Maßreihen			Maßreihen			Maßreihen			Maßreihen			Maßreihen			Maßreihen			Maßreihen							
<i>d</i>	<i>D</i>	01	11	21	31	41	01	11-41	<i>B</i>	82	02	12	22	32	42	83	03	13	23	33	83	03-33	<i>D</i>	04	24	04-24		
									<i>r</i> (min)						<i>r</i> (min)								<i>B</i>			<i>r</i> (min)		
Einreihige Kugellager										62	72	622	632			63	73	623	633			63	73		64	74		
Zweireihige Kugellager										12	42	52	53			13	43	52	53			13	43		104	104		
Zylinderrollenlager		NN	31							N 2	22	N 32					N 3	23	N 33			N 3	23		N 4	N 4		
Nadelräder																												
Pendelrollenlager																												
Durchmesserserien 1						Durchmesserserien 2						Durchmesserserien 3						Durchmesserserien 4						Maßreihen				
Bohrungskennzeichn	<i>d</i>	<i>D</i>	01	11	21	31	41	01	11-41	<i>B</i>	82	02	12	22	32	42	83	03	13	23	33	83	03-33	<i>D</i>	04	24	04-24	
—	1	0,6	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	1	1,5	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	2	2,5	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	3	3	—	—	—	—	—	—		10	2,5	4	—	5	—		0,1	0,15	13	—	5	—	7	—	0,2	—		
—	4	4	—	—	—	—	—	—		13	3	5	—	7	—		0,15	0,2	16	—	5	—	9	—	0,3	—		
—	5	5	—	—	—	—	—	—		16	3,5	6	—	8	—		0,15	0,2	19	—	6	—	10	—	0,3	—		
—	6	6	—	—	—	—	—	—		19	4	6	—	10	—		0,2	0,3	22	—	7	—	13	—	0,3	—		
—	7	7	—	—	—	—	—	—		9	11	14	—	—	11	—		0,3	0,3	26	—	9	—	15	—	0,3	—	
—	8	8	—	—	—	—	—	—		10	15	15	—	12	—		0,3	0,3	28	—	9	—	15	—	0,3	—		
—	9	9	—	—	—	—	—	—		10	12	15	—	13	—		0,3	0,3	30	—	10	—	14	—	0,6	—		
—	00	10	—	—	—	—	—	—		12	14	18	—	30	7	9	—	0,3	0,6	35	9	11	—	7	19	0,3	—	
—	01	12	—	—	—	—	—	—		12	14	18	—	32	7	10	—	0,3	0,6	37	9	12	—	7	19	0,3	—	
—	02	15	—	—	—	—	—	—		12	14	18	—	35	8	11	—	0,4	0,6	42	9	13	—	7	19	0,3	—	
—	03	17	—	—	—	—	—	—		13	15	20	—	40	8	12	—	0,6	0,6	47	10	14	—	19	22,2	0,6	—	
—	04	20	—	—	—	—	—	—		15	24	5	—	22	5	8	—	0,6	0,6	52	10	15	—	21	22,2	0,6	—	
—	05	25	—	—	—	—	—	—		16	26	6	—	26	6	8	—	0,6	0,6	56	11	16	—	21	25	0,6	—	
—	06	28	—	—	—	—	—	—		17	25	10	—	52	10	15	—	0,6	0,6	62	12	17	—	24	25,4	0,6	—	
—	07	32	—	—	—	—	—	—		18	23	19	—	30	6	9	—	0,6	0,6	68	13	18	—	24	30,4	0,6	—	
—	08	35	—	—	—	—	—	—		19	23	20	—	23	23	23	—	0,6	0,6	72	14	19	—	27	32	0,6	—	
—	09	45	—	—	—	—	—	—		20	25	19	—	85	13	19	—	0,6	0,6	100	17	25	—	36	36	0,6	—	
—	10	50	—	—	—	—	—	—		21	26	35	—	90	13	20	—	0,6	0,6	110	19	27	—	40	44,4	0,6	—	
—	11	55	—	—	—	—	—	—		21	26	36	—	100	14	21	—	0,6	0,6	120	21	29	—	43	49,2	1,1	—	
—	12	60	—	—	—	—	—	—		22	30	40	—	65	11	17	—	0,6	0,6	130	22	31	—	46	51,1	1,1	—	
—	13	65	—	—	—	—	—	—		23	34	45	—	72	12	17	—	0,6	0,6	140	23	32	—	51	56,5	1,1	—	
—	14	70	—	—	—	—	—	—		24	34	45	—	80	13	18	—	0,6	0,6	150	24	33	—	56	63,5	1,1	—	
—	15	75	—	—	—	—	—	—		25	34	45	—	85	13	19	—	0,6	0,6	160	25	34	—	56	68,3	1,5	—	
—	16	80	—	—	—	—	—	—		26	37	50	—	130	18	25	—	0,6	0,6	170	27	37	—	59	68,3	1,5	—	
—	17	85	—	—	—	—	—	—		27	31	41	—	140	19	26	—	0,6	0,6	180	28	39	—	60	69,3	2,1	—	
—	18	90	150	—	—	—	—	—		28	34	45	—	150	21	28	—	0,6	0,6	190	29	41	—	64	73,8	2,1	—	
—	19	95	160	—	—	—	—	—		29	34	45	—	150	21	28	—	0,6	0,6	200	30	43	—	64	77,8	2,1	—	
—	20	100	165	21	—	—	—	—		30	34	45	—	150	21	28	—	0,6	0,6	210	31	45	—	65	82,6	2,1	—	

21	106	175	33	42	56	69	89	111	133	156	175	190	200	222	233	242	255	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290	1300	1310	1320	1330	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	1420	1430	1440	1450	1460	1470	1480	1490	1500	1510	1520	1530	1540	1550	1560	1570	1580	1590	1600	1610	1620	1630	1640	1650	1660	1670	1680	1690	1700	1710	1720	1730	1740	1750	1760	1770	1780	1790	1800	1810	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2150	2160	2170	2180	2190	2200	2210	2220	2230	2240	2250	2260	2270	2280	2290	2300	2310	2320	2330	2340	2350	2360	2370	2380	2390	2400	2410	2420	2430	2440	2450	2460	2470	2480	2490	2500	2510	2520	2530	2540	2550	2560	2570	2580	2590	2600	2610	2620	2630	2640	2650	2660	2670	2680	2690	2700	2710	2720	2730	2740	2750	2760	2770	2780	2790	2800	2810	2820	2830	2840	2850	2860	2870	2880	2890	2900	2910	2920	2930	2940	2950	2960	2970	2980	2990	3000	3010	3020	3030	3040	3050	3060	3070	3080	3090	3100	3110	3120	3130	3140	3150	3160	3170	3180	3190	3200	3210	3220	3230	3240	3250	3260	3270	3280	3290	3300	3310	3320	3330	3340	3350	3360	3370	3380	3390	3400	3410	3420	3430	3440	3450	3460	3470	3480	3490	3500	3510	3520	3530	3540	3550	3560	3570	3580	3590	3600	3610	3620	3630	3640	3650	3660	3670	3680	3690	3700	3710	3720	3730	3740	3750	3760	3770	3780	3790	3800	3810	3820	3830	3840	3850	3860	3870	3880	3890	3900	3910	3920	3930	3940	3950	3960	3970	3980	3990	4000	4010	4020	4030	4040	4050	4060	4070	4080	4090	4100	4110	4120	4130	4140	4150	4160	4170	4180	4190	4200	4210	4220	4230	4240	4250	4260	4270	4280	4290	4300	4310	4320	4330	4340	4350	4360	4370	4380	4390	4400	4410	4420	4430	4440	4450	4460	4470	4480	4490	4500	4510	4520	4530	4540	4550	4560	4570	4580	4590	4600	4610	4620	4630	4640	4650	4660	4670	4680	4690	4700	4710	4720	4730	4740	4750	4760	4770	4780	4790	4800	4810	4820	4830	4840	4850	4860	4870	4880	4890	4900	4910	4920	4930	4940	4950	4960	4970	4980	4990	5000	5010	5020	5030	5040	5050	5060	5070	5080	5090	5100	5110	5120	5130	5140	5150	5160	5170	5180	5190	5200	5210	5220	5230	5240	5250	5260	5270	5280	5290	5300	5310	5320	5330	5340	5350	5360	5370	5380	5390	5400	5410	5420	5430	5440	5450	5460	5470	5480	5490	5500	5510	5520	5530	5540	5550	5560	5570	5580	5590	5600	5610	5620	5630	5640	5650	5660	5670	5680	5690	5700	5710	5720	5730	5740	5750	5760	5770	5780	5790	5800	5810	5820	5830	5840	5850	5860	5870	5880	5890	5900	5910	5920	5930	5940	5950	5960	5970	5980	5990	6000	6010	6020	6030	6040	6050	6060	6070	6080	6090	6100	6110	6120	6130	6140	6150	6160	6170	6180	6190	6200	6210	6220	6230	6240	6250	6260	6270	6280	6290	6300	6310	6320	6330	6340	6350	6360	6370	6380	6390	6400	6410	6420	6430	6440	6450	6460	6470	6480	6490	6500	6510	6520	6530	6540	6550	6560	6570	6580	6590	6600	6610	6620	6630	6640	6650	6660	6670	6680	6690	6700	6710	6720	6730	6740	6750	6760	6770	6780	6790	6800	6810	6820	6830	6840	6850	6860	6870	6880	6890	6900	6910	6920	6930	6940	6950	6960	6970	6980	6990	7000	7010	7020	7030	7040	7050	7060	7070	7080	7090	7100	7110	7120	7130	7140	7150	7160	7170	7180	7190	7200	7210	7220	7230	7240	7250	7260	7270	7280	7290	7300	7310	7320	7330	7340	7350	7360	7370	7380	7390	7400	7410	7420	7430	7440	7450	7460	7470	7480	7490	7500	7510	7520	7530	7540	7550	7560	7570	7580	7590	7600	7610	7620	7630	7640	7650	7660	7670	7680	7690	7700	7710	7720	7730	7740	7750	7760	7770	7780	7790	7800	7810	7820	7830	7840	7850	7860	7870	7880	7890	7900	7910	7920	7930	7940	7950	7960	7970	7980	7990	8000	8010	8020	8030	8040	8050	8060	8070	8080	8090	8100	8110	8120	8130	8140	8150	8160	8170	8180	8190	8200	8210	8220	8230	8240	8250	8260	8270	8280	8290	8300	8310	8320	8330	8340	8350	8360	8370	8380	8390	8400	8410	8420	8430	8440	8450	8460	8470	8480	8490	8500	8510	8520	8530	8540	8550	8560	8570	8580	8590	8600	8610	8620	8630	8640	8650	8660	8670	8680	8690	8700	8710	8720	8730	8740	8750	8760	8770	8780	8790	8800	8810	8820	8830	8840	8850	8860	8870	8880	8890	8900	8910	8920	8930	8940	8950	8960	8970	8980	8990	9000	9010	9020	9030	9040	9050	9060	9070	9080	9090	9100	9110	9120	9130	9140	9150	9160	9170	9180	9190	9200	9210	9220	9230	9240	9250	9260	9270	9280	9290	9300	9310	9320	9330	9340	9350	9360	9370	9380	9390	9400	9410	9420	9430	9440	9450	9460	9470	9480	9490	9500	9510	9520	9530	9540	9550	9560	9570	9580	9590	9600	9610	9620	9630	9640	9650	9660	9670	9680	9690	9700	9710	9720	9730	9740	9750	9760	9770	9780	9790	9800	9810	9820	9830	9840	9850	9860	9870	9880	9890	9900	9910	9920	9930	9940	9950	9960	9970	9980	9990	10000	10010	10020	10030	10040	10050	10060	10070	10080	10090	10100	10110	10120	10130	10140	10150	10160	10170	10180	10190	10200	10210	10220	10230	10240	10250	10260	10270	10280	10290	10300	10310	10320	10330	10340	10350	10360	10370	10380	10390	10400	10410	10420	10430	10440	10450	10460	10470	10480	10490	10500	10510	10520	10530	10540	10550	10560	10570	10580	10590	10600	10610	10620	10630	10640	10650	10660	10670	10680	10690	10700	10710	10720	10730	10740	10750	10760	10770	10780	10790	10800	10810	10820	10830	10840	10850	10860	10870	10880	10890	10900	10910	10920	10930	10940	10950	10960	10970	10980	10990	11000	11010	11020	11030	11040	11050	11060	11070	11080	11090	11100	11110	11120	11130	11140	11150	11160	11170	11180	11190	11200	11210	11220	11230	11240	11250	11260	11270	11280	11290	11300	11310	11320	11330	11340	11350	11360	11370	11380	11390	11400	11410	11420	11430	11440	11450	11460	11470	11480	11490	11500	11510	11520	11530	11540	11550	11560	11570	11580	11590	11600	11610	11620	11630	11640	11650	11660	11670	11680	11690	11700	11710	11720	11730	11740	11750	11760	11770	11780	11790	11800	11810	11820	11830	11840	11850	11860	11870	11880	11890	11900	11910	11920	11930	11940	11950	11960	11970	11980	11990	12000	12010	12020	12030	12040	12050	12060	12070	12080	12090	12100	12110	12120	12130	12140	12150	12160	12170	12180	12190	12200	12210	12220	12230	12240	12250	12260	12270	12280	12290	12300	12310	12320	12330	12340	12350	12360	12370	12380	12390	12400	12410	12420	12430	12440	12450	12460	12470	12480	12490	12500	12510	12520	12530	12540	12550	12560	12570	12580	12590	12600	12610	12620	12630	12640	12650	12660	12670	12680	12690	12700	12710	12720	12730	12740	12750	12760	12770	12780	12790	12800	12810	12820	12830	12840	12850	12860	12870	12880	12890	12900	12910	12920	12930	12940	12950	12960	12970	12980	12990	13000	13010	13020	13030	13040	13050	13060	13070	13080	13090	13100	13110	13120	13130	13140	13150	13160	13170	13180	13190	13200	13210	13220	13230	13240	13250	13260	13270	13280	13290	13300	13310	13320	13330	13340	13350	13360	13370	13380	13390	13400	13410	13420	13430	13440	13450	13460	13470	13480</td

LAGERABMESSUNGEN UND -BEZEICHNUNG

Tabelle 7.2 Abmessungen von

Kegel- rollen- lager		329						320 X			330						331								
Bohrungskennzahl	d	Durchmesserreihe 9						Durchmesserreihe 0						Maßreihe 1											
		Maßreihe 29			Kanten- kürzung			D	Maßreihe 20			Maßreihe 30			D	Maßreihe 31			Kanten- kürzung						
		I	II		Innen- ring	Außen- ring	B	C	T	B	C	T	Innen- ring	Außen- ring	B	C	T	Innen- ring	Außen- ring						
		B	C	T	B	C	T	r (min)	B	C	T	B	C	T	r (min)	B	C	T	r (min)						
00	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
01	12	—	—	—	—	—	—	—	28	11	—	11	13	—	13	0,3	0,3	—	—	—	—				
02	15	—	—	—	—	—	—	32	12	—	12	14	—	14	0,3	0,3	—	—	—	—					
03	17	—	—	—	—	—	—	35	13	—	13	15	—	15	0,3	0,3	—	—	—	—					
04	20	37	11	—	11,6	12	9	12	0,3	0,3	42	15	15	17	—	17	0,6	0,6	—	—	—	—			
22	22	40	—	—	—	12	9	12	0,3	0,3	44	15	11,5	15	—	—	0,6	0,6	—	—	—	—			
05	25	42	11	—	11,6	12	9	12	0,3	0,3	47	15	11,5	15	17	14	17	0,6	0,6	—	—	—	—		
28	28	45	—	—	—	12	9	12	0,3	0,3	52	16	12	16	—	—	1	1	—	—	—	—			
06	30	47	11	—	11,6	12	9	12	0,3	0,3	55	17	13	17	20	16	20	1	1	—	—	—	—		
32	32	52	—	—	—	15	10	14	0,6	0,6	58	17	13	17	—	—	1	1	—	—	—	—			
35	55	13	—	14	14	11,5	14	0,6	0,6	62	18	18	21	17	21	1	1	75	26	20,5	26	1,5	1,5		
08	40	62	14	—	15	15	12	15	0,6	0,6	68	19	14,5	19	22	18	22	1	1	26	20,5	26	1,5	1,5	
09	45	68	14	—	15	15	12	15	0,6	0,6	75	20	15,5	20	24	19	24	1	1	80	26	20,5	26	1,5	1,5
10	50	72	14	—	15	15	12	15	0,6	0,6	80	20	15,5	20	24	19	24	1	1	85	26	20	26	1,5	1,5
11	55	80	16	—	17	17	14	17	1	1	90	23	17,5	23	27	21	27	1,5	1,5	95	30	23	30	1,5	1,5
12	60	85	16	—	17	17	14	17	1	1	95	23	17,5	23	27	21	27	1,5	1,5	100	30	23	30	1,5	1,5
13	65	90	16	—	17	17	14	17	1	1	100	23	17,5	23	27	21	27	1,5	1,5	110	34	26,5	34	1,5	1,5
14	70	100	19	—	20	20	16	20	1	1	110	25	19	25	31	25,5	31	1,5	1,5	120	37	29	37	2	1,5
15	75	105	19	—	20	20	16	20	1	1	115	25	19	25	31	25,5	31	1,5	1,5	125	37	29	37	2	1,5
16	80	110	19	—	20	20	16	20	1	1	125	29	22	29	36	29,5	36	1,5	1,5	130	37	29	37	2	1,5
17	85	120	22	—	23	23	18	23	1,5	1,5	130	29	22	29	36	29,5	36	1,5	1,5	140	41	32	41	2,5	2
18	90	125	22	—	23	23	18	23	1,5	1,5	140	32	24	32	39	32,5	39	2	1,5	150	45	35	45	2,5	2
19	95	130	22	—	23	23	18	23	1,5	1,5	145	32	24	32	39	32,5	39	2	1,5	160	49	38	49	2,5	2
20	100	140	24	—	25	25	20	25	1,5	1,5	150	32	24	32	39	32,5	39	2	1,5	165	52	40	52	2,5	2
21	105	145	24	—	25	25	20	25	1,5	1,5	160	35	26	35	43	34	43	2,5	2	175	56	44	56	2,5	2
22	110	150	24	—	25	25	20	25	1,5	1,5	170	38	29	38	47	37	47	2,5	2	180	56	43	56	2,5	2
24	120	165	27	—	29	29	23	29	1,5	1,5	180	38	29	38	48	38	48	2,5	2	200	62	48	62	2,5	2
26	130	180	30	—	32	32	25	32	2	1,5	200	45	34	45	55	43	55	2,5	2	—	—	—	—	—	—
28	140	190	30	—	32	32	25	32	2	1,5	210	45	34	45	56	44	56	2,5	2	—	—	—	—	—	—
30	150	210	36	—	38	38	30	38	2,5	2	225	48	36	48	59	46	59	3	2,5	—	—	—	—	—	—
32	160	220	36	—	38	38	30	38	2,5	2	240	51	38	51	—	—	—	3	2,5	—	—	—	—	—	—
34	170	230	36	—	38	38	30	38	2,5	2	260	57	43	57	—	—	—	3	2,5	—	—	—	—	—	—
36	180	250	42	—	45	45	34	45	2,5	2	280	64	48	64	—	—	—	3	2,5	—	—	—	—	—	—
38	190	260	42	—	45	45	34	45	2,5	2	290	64	48	64	—	—	—	3	2,5	—	—	—	—	—	—
40	200	280	48	—	51	51	39	51	3	2,5	310	70	53	70	—	—	—	3	2,5	—	—	—	—	—	—
44	220	300	48	—	51	51	39	51	3	2,5	340	76	57	76	—	—	—	4	3	—	—	—	—	—	—
48	240	320	48	—	51	51	39	51	3	2,5	360	76	57	76	—	—	—	4	3	—	—	—	—	—	—
52	260	360	—	—	63,5	48	63,5	3	2,5	400	87	65	87	—	—	—	5	4	—	—	—	—	—	—	—
56	280	380	—	—	63,5	48	63,5	3	2,5	420	87	65	87	—	—	—	5	4	—	—	—	—	—	—	—
60	300	420	—	—	76	57	76	4	3	460	100	74	100	—	—	—	5	4	—	—	—	—	—	—	—
64	320	440	—	—	76	57	76	4	3	480	100	74	100	—	—	—	5	4	—	—	—	—	—	—	—
68	340	460	—	—	76	57	76	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
72	360	480	—	—	76	57	76	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Anmerkungen

1. Andere Reihen, die nicht in dieser Tabelle aufgeführt sind, sind ebenfalls durch ISO festgelegt.
2. In der Maßreihe der Durchmesserreihe 9 steht Unterteilung I für die alte Norm und Unterteilung II für die von ISO festgelegte Norm.
3. Nicht unterteilte Maßreihen entsprechen den Abmessungen (D, B, C, T) wie von ISO vorgegeben.
3. Die aufgeführten Kantenkürzungen sind die kleinst zulässigen Abmessungen gemäß ISO. Sie gelten nicht für die Kanten an der vorderen Stirnfläche.

Kegelrollenlager

Einheiten: mm																								
302			322			332			oder 303 303D				313			323								
Durchmesserreihe 2										Durchmesserreihe 3														
D	Maßreihe 02			Maßreihe 22			Maßreihe 32			Kanten-Kürzung		D	Maßreihe 03			Maßreihe 13			Kanten-Kürzung					
	B	C	T	B	C	T	B	C	T	Innen-ring	Außen-ring		B	C	C (°)	T	B	C	T	Innen-ring	Außen-ring			
	r (min)			r (min)			r (min)						B	C			B	C	T	r (min)				
30	9	—	9,7	14	—	14,7	—	—	—	0,6	0,6	35	11	—	—	11,9	—	—	—	17,9	0,6	0,6	10 00	
32	10	9	10,75	14	—	14,75	—	—	—	0,6	0,6	37	12	—	—	12,9	—	—	—	17,9	1	1	12 01	
35	11	10	11,75	14	—	14,75	—	—	—	0,6	0,6	42	13	11	—	14,25	—	—	—	17	14	18,25	1 1 1 15 02	
40	12	11	13,25	16	14	17,25	—	—	—	1	1	47	14	12	—	15,25	—	—	—	19	16	20,25	1 1 17 03	
47	14	12	15,25	18	15	19,25	—	—	—	1	1	52	15	13	—	16,25	—	—	—	21	18	22,25	1,5 1,5 20 04	
50	14	12	15,25	18	15	19,25	—	—	—	1	1	56	16	14	—	17,25	—	—	—	21	18	22,25	1,5 1,5 22 /22	
52	15	13	16,25	18	15	19,25	22	18	22	1	1	62	17	15	13	18,25	—	—	—	24	20	25,25	1,5 1,5 25 05	
58	16	14	17,25	19	16	20,25	24	19	24	1	1	68	18	15	14	19,75	—	—	—	24	20	25,75	1,5 1,5 28 /28	
62	16	14	17,25	20	17	21,25	25	19,5	25	1	1	72	19	16	14	20,75	—	—	—	27	23	28,75	1,5 1,5 30 06	
65	17	15	18,25	21	18	22,25	26	20,5	26	1	1	75	20	17	15	21,75	—	—	—	28	24	29,75	1,5 1,5 32 /32	
72	17	15	18,25	23	19	24,25	28	22	28	1,5	1,5	80	21	18	15	22,75	—	—	—	31	25	32,75	2 1,5 35 07	
80	18	16	19,75	23	19	24,75	32	25	32	1,5	1,5	90	23	20	17	25,25	—	—	—	33	27	35,25	2 1,5 40 08	
85	19	16	20,75	23	19	24,75	32	25	32	1,5	1,5	100	25	22	18	27,25	—	—	—	36	30	38,25	2 1,5 45 09	
90	20	17	21,75	23	19	24,75	32	24,5	32	1,5	1,5	110	27	23	19	29,25	—	—	—	40	33	42,25	2,5 2 50 10	
100	21	18	22,75	25	21	26,75	35	27	35	2	1,5	120	29	25	21	31,5	—	—	—	43	35	45,5	2,5 2 55 11	
110	22	19	23,75	28	24	29,75	38	29	38	2	1,5	130	31	26	22	33,5	—	—	—	46	37	48,5	3 2,5 60 12	
120	23	20	24,75	31	27	32,75	41	32	41	2	1,5	140	33	28	23	36	—	—	—	48	39	51	3 2,5 65 13	
125	24	21	26,25	31	27	33,25	41	32	41	2	1,5	150	35	30	25	38	—	—	—	51	42	54	3 2,5 70 14	
130	25	22	27,25	31	27	33,25	41	31	41	2	1,5	160	37	31	26	40	—	—	—	55	45	58	3 2,5 75 15	
140	26	22	28,25	33	28	35,25	46	35	46	2,5	2	170	39	33	27	42,5	—	—	—	58	48	61,5	3 2,5 80 16	
150	28	24	30,5	36	30	38,5	49	37	49	2,5	2	180	41	34	28	44,5	—	—	—	60	49	63,5	4 3 85 17	
160	30	26	32,5	40	34	42,5	55	42	55	2,5	2	190	43	36	30	46,5	—	—	—	64	53	67,5	4 3 90 18	
170	32	27	34,5	43	37	45,5	63	58	44	58	3	2,5	200	45	38	32	49,5	—	—	—	67	55	71,5	4 3 95 19
180	34	29	37	46	39	49	63	48	63	3	2,5	215	47	39	31	51,5	51	35	56,5	73	60	77,5	4 3 100 20	
190	36	30	39	50	43	53	68	52	68	3	2,5	225	49	41	—	53,5	53	36	58	77	63	81,5	4 3 105 21	
200	38	32	41	53	46	56	—	—	—	3	2,5	240	50	42	—	54,5	57	38	63	80	65	84,5	4 3 110 22	
215	40	34	43,5	58	50	61,5	—	—	—	3	2,5	260	55	46	—	59,5	62	42	68	86	69	90,5	4 3 120 24	
230	40	34	43,75	64	54	67,75	—	—	—	4	3	280	58	49	—	63,75	66	44	72	93	78	98,75	5 4 130 26	
250	42	36	45,75	68	58	71,75	—	—	—	4	3	300	62	53	—	67,75	70	47	77	102	85	107,75	5 4 140 28	
270	45	38	49	73	60	77	—	—	—	4	3	320	65	55	—	72	75	50	82	108	90	114	5 4 150 30	
290	48	40	52	80	67	84	—	—	—	4	3	340	68	58	—	75	79	—	87	114	95	121	5 4 160 32	
310	52	43	57	86	71	91	—	—	—	5	4	360	72	62	—	80	84	—	92	120	100	127	5 4 170 34	
320	52	43	57	86	71	91	—	—	—	5	4	380	75	64	—	83	88	—	97	126	106	134	5 4 180 36	
340	55	46	60	92	75	97	—	—	—	5	4	400	78	65	—	86	92	—	101	132	109	140	6 5 190 38	
360	58	48	64	98	82	104	—	—	—	5	4	420	80	67	—	89	97	—	107	138	115	146	6 5 200 40	
400	65	54	72	108	90	114	—	—	—	5	4	460	88	73	—	97	106	—	117	145	122	154	6 5 220 44	
440	72	60	79	120	100	127	—	—	—	5	4	500	95	80	—	105	114	—	125	155	132	165	6 5 240 48	
480	80	67	89	130	106	137	—	—	—	6	5	540	102	85	—	113	123	—	135	165	136	176	6 6 260 52	
500	80	67	89	130	106	137	—	—	—	6	5	580	108	90	—	119	132	—	145	175	145	187	6 6 280 56	
540	85	71	96	140	115	149	—	—	—	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300 60		
580	92	75	104	150	125	159	—	—	—	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	320 64		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	340 68		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	360 72		

Hinweis (1) Steiwinkelige Kegelrollenlager der Reihe 303D nach JIS entsprechen der Reihe 313 nach DIN. Lager der Maßreihe 13 mit einem Bohrungsdurchmesser größer 100 mm sind mit der Kennzeichnung 313 bezeichnet.

Tabelle 7.3 Abmessungen von

Axialkugellager								511							512		522						
Axialpendellager															292								
Bohrungskennzahl	d	Durchmesserreihe 0						Durchmesserreihe 1						Durchmesserreihe 2						r (min)	r ₁ (min)		
		Maßreihe			r (min)	Maßreihe			r (min)	Maßreihe			r (min)	Maßreihe			T	Mittlere Unterlagscheibe	d ₂	b			
		D	70	90		D	71	91		D	72	92		D	72	92	12	22	22				
		T				T				T				T									
4	4	12	4	—	6	0,3	—	—	—	16	6	—	8	—	—	—	—	—	—	0,3	—		
6	6	16	5	—	7	0,3	—	—	—	20	6	—	9	—	—	—	—	—	—	0,3	—		
8	8	18	5	—	7	0,3	—	—	—	22	6	—	9	—	—	—	—	—	—	0,3	—		
00	10	20	5	—	7	0,3	24	6	—	9	0,3	26	7	—	11	—	—	—	—	0,6	—		
01	12	22	5	—	7	0,3	26	6	—	9	0,3	28	7	—	11	—	—	—	—	0,6	—		
02	15	26	5	—	7	0,3	28	6	—	9	0,3	32	8	—	12	22	10	5	0,6	0,3			
03	17	28	5	—	7	0,3	30	6	—	9	0,3	35	8	—	12	—	—	—	—	0,6	—		
04	20	32	6	—	8	0,3	35	7	—	10	0,3	40	9	—	14	26	15	6	0,6	0,3			
05	25	37	6	—	8	0,3	42	8	—	11	0,6	47	10	—	15	28	20	7	0,6	0,3			
06	30	42	6	—	8	0,3	47	8	—	11	0,6	52	10	—	16	29	25	7	0,6	0,3			
07	35	47	6	—	8	0,3	52	8	—	12	0,6	62	12	—	18	34	30	8	1	0,3			
08	40	52	6	—	9	0,3	60	9	—	13	0,6	68	13	—	19	36	30	9	1	0,6			
09	45	60	7	—	10	0,3	65	9	—	14	0,6	73	13	—	20	37	35	9	1	0,6			
10	50	65	7	—	10	0,3	70	9	—	14	0,6	78	13	—	22	39	40	9	1	0,6			
11	55	70	7	—	10	0,3	78	10	—	16	0,6	90	16	21	25	45	45	10	1	0,6			
12	60	75	7	—	10	0,3	85	11	—	17	1	95	16	21	26	46	50	10	1	0,6			
13	65	80	7	—	10	0,3	90	11	—	18	1	100	16	21	27	47	55	10	1	0,6			
14	70	85	7	—	10	0,3	95	11	—	18	1	105	16	21	27	47	55	10	1	1			
15	75	90	7	—	10	0,3	100	11	—	19	1	110	16	21	27	47	60	10	1	1			
16	80	95	7	—	10	0,3	105	11	—	19	1	115	16	21	28	48	65	10	1	1			
17	85	100	7	—	10	0,3	110	11	—	19	1	125	18	24	31	55	70	12	1	1			
18	90	105	7	—	10	0,3	120	14	—	22	1	135	20	27	35	62	75	14	1,1	1			
20	100	120	9	—	14	0,6	135	16	21	25	1	150	23	30	38	67	85	15	1,1	1			
22	110	130	9	—	14	0,6	145	16	21	25	1	160	23	30	38	67	95	15	1,1	1			
24	120	140	9	—	14	0,6	155	16	21	25	1	170	23	30	39	68	100	15	1,1	1,1			
26	130	150	9	—	14	0,6	170	18	24	30	1	190	27	36	45	80	110	18	1,5	1,1			
28	140	160	9	—	14	0,6	180	18	24	31	1	200	27	36	46	81	120	18	1,5	1,1			
30	150	170	9	—	14	0,6	190	18	24	31	1	215	29	39	50	89	130	20	1,5	1,1			
32	160	180	9	—	14	0,6	200	18	24	31	1	225	29	39	51	90	140	20	1,5	1,1			
34	170	190	9	—	14	0,6	215	20	27	34	1,1	240	32	42	55	97	150	21	1,5	1,1			
36	180	200	9	—	14	0,6	225	20	27	34	1,1	250	32	42	56	98	150	21	1,5	2			
38	190	215	11	—	17	1	240	23	30	37	1,1	270	36	48	62	109	160	24	2	2			
40	200	225	11	—	17	1	250	23	30	37	1,1	280	36	48	62	109	170	24	2	2			
44	220	250	14	—	22	1	270	23	30	37	1,1	300	36	48	63	110	190	24	2	2			
48	240	270	14	—	22	1	300	27	36	45	1,5	340	45	60	78	—	—	—	2,1	—			
52	260	290	14	—	22	1	320	27	36	45	1,5	360	45	60	79	—	—	—	2,1	—			
56	280	310	14	—	22	1	350	32	42	53	1,5	380	45	60	80	—	—	—	2,1	—			
60	300	340	18	24	30	1	380	36	48	62	2	420	54	73	95	—	—	—	3	—			
64	320	360	18	24	30	1	400	36	48	63	2	440	54	73	95	—	—	—	3	—			

Anmerkungen

1. Maßreihen 22, 23 und 24 sind beidseitig wirkende Lager.
2. Der maximal zulässige Außen Durchmesser der Wellenscheiben und mittleren Unterlagscheiben und der minimal zulässige Bohrungsdurchmesser für Gehäusescheiben sind hier nicht aufgeführt. (Siehe Lagertabellen für Axiallager).

Axiallagern (Flache Auflage) – 1 –

Einheiten: mm

		513		523						514		524				Axialkugellager											
		293								294						Axialpendelrollenlager											
Durchmesserreihe 3								Durchmesserreihe 4								Durchmesserreihe 5											
D	Maßreihen					r (min)	r ₁ (min)	D	Maßreihen					D	Maßreihen		D	Bohrungskennzahl									
	73	93	13	23	23				74	94	14	24	24		95												
	T		Mittlere Unterlagscheibe		d ₂		B		T		Mittlere Unterlagscheibe		d ₂		B		T										
20	7	—	11	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	4							
24	8	—	12	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	6							
26	8	—	12	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	8							
30	9	—	14	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	00							
32	9	—	14	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	01							
37	10	—	15	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	02							
40	10	—	16	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	52	21	1	17	03						
47	12	—	18	—	—	—	1	—	60	16	21	24	45	15	11	1	60	24	1	20	04						
52	12	—	18	34	20	8	1	0,3	60	16	21	24	45	15	11	1	0,6	73	29	1,1	25	05					
60	14	—	21	38	25	9	1	0,3	70	18	24	28	52	20	12	1	0,6	85	34	1,1	30	06					
68	15	—	24	44	30	10	1	0,3	80	20	27	32	59	25	14	1,1	0,6	100	39	1,1	35	07					
78	17	22	26	49	30	12	1	0,6	90	23	30	36	65	30	15	1,1	0,6	110	42	1,5	40	08					
85	18	24	28	52	35	12	1	0,6	100	25	34	39	72	35	17	1,1	0,6	120	45	2	45	09					
95	20	27	31	58	40	14	1,1	0,6	110	27	36	43	78	40	18	1,5	0,6	135	51	2	50	10					
105	23	30	35	64	45	15	1,1	0,6	120	29	39	48	87	45	20	1,5	0,6	150	58	2,1	55	11					
110	23	30	35	64	50	15	1,1	0,6	130	32	42	51	93	50	21	1,5	0,6	160	60	2,1	60	12					
115	23	30	36	65	55	15	1,1	0,6	140	34	45	56	101	50	23	2	1	170	63	2,1	65	13					
125	25	34	40	72	55	16	1,1	1	150	36	48	60	107	55	24	2	1	180	67	3	70	14					
135	27	36	44	79	60	18	1,5	1	160	38	51	65	115	60	26	2	1	190	69	3	75	15					
140	27	36	44	79	65	18	1,5	1	170	41	54	68	120	65	27	2,1	1	200	73	3	80	16					
150	29	39	49	87	70	19	1,5	1	180	42	58	72	128	65	29	2,1	1,1	215	78	4	85	17					
155	29	39	50	88	75	19	1,5	1	190	45	60	77	135	70	30	2,1	1,1	225	82	4	90	18					
170	32	42	55	97	85	21	1,5	1	210	50	67	85	150	80	33	3	1,1	250	90	4	100	20					
190	36	48	63	110	95	24	2	1	230	54	73	95	166	90	37	3	1,1	270	95	5	110	22					
210	41	54	70	123	100	27	2,1	1,1	250	58	78	102	177	95	40	4	1,5	300	109	5	120	24					
225	42	58	75	130	110	30	2,1	1,1	270	63	85	110	192	100	42	4	2	320	115	5	130	26					
240	45	60	80	140	120	31	2,1	1,1	280	63	85	112	196	110	44	4	2	340	122	5	140	28					
250	45	60	80	140	130	31	2,1	1,1	300	67	90	120	209	120	46	4	2	360	125	6	150	30					
270	50	67	87	153	140	33	3	1,1	320	73	95	130	226	130	50	5	2,1	380	132	6	160	32					
280	50	67	87	153	160	33	3	1,1	340	78	103	135	236	135	50	5	2,1	400	140	6	170	34					
300	54	73	95	165	150	37	3	2	360	82	109	140	245	140	52	5	3	420	145	6	180	36					
320	58	78	105	183	160	40	4	2	380	85	115	150	—	—	—	5	—	440	150	6	190	38					
340	63	85	110	192	170	42	4	2	400	90	122	155	—	—	—	5	—	460	155	7,5	200	40					
360	63	85	112	—	—	—	4	—	420	90	122	160	—	—	—	6	—	500	170	7,5	220	44					
380	63	85	112	—	—	—	4	—	440	90	122	160	—	—	—	6	—	540	180	7,5	240	48					
420	73	95	130	—	—	—	5	—	480	100	132	175	—	—	—	6	—	580	190	9,5	260	52					
440	73	95	130	—	—	—	5	—	520	109	145	190	—	—	—	6	—	620	206	9,5	280	56					
480	82	109	140	—	—	—	5	—	540	109	145	190	—	—	—	6	—	670	224	9,5	300	60					
500	82	109	140	—	—	—	5	—	580	118	155	205	—	—	—	7,5	—	710	236	9,5	320	64					

7

10

14

Tabelle 7.3 Abmessungen von

Axialkugellagern		511										512		522						
Axial-pendelrollenlager												292								
Bohrungskennzahl	D	Durchmesserreihe 0					Durchmesserreihe 1					Durchmesserreihe 2					r (min)	r ₁ (min)		
		Maßreihen			r (min)	Maßreihen			r (min)	Maßreihen			r (min)	Maßreihen						
		D	70	90	10	D	71	91	11	D	72	92	12	22						
		T				T				T				T			Mittlere Unterlagscheibe			
68	340	380	18	24	30	1	420	36	48	64	2	460	54	73	96	—	—	—	3	—
72	360	400	18	24	30	1	440	36	48	65	2	500	63	85	110	—	—	—	4	—
76	380	420	18	24	30	1	460	36	48	65	2	520	63	85	112	—	—	—	4	—
80	400	440	18	24	30	1	480	36	48	65	2	540	63	85	112	—	—	—	4	—
84	420	460	18	24	30	1	500	36	48	65	2	580	73	95	130	—	—	—	5	—
88	440	480	18	24	30	1	540	45	60	80	2,1	600	73	95	130	—	—	—	5	—
92	460	500	18	24	30	1	560	45	60	80	2,1	620	73	95	130	—	—	—	5	—
96	480	520	18	24	30	1	580	45	60	80	2,1	650	78	103	135	—	—	—	5	—
/500	500	540	18	24	30	1	600	45	60	80	2,1	670	78	103	135	—	—	—	5	—
/530	530	580	23	30	38	1,1	640	50	67	85	3	710	82	109	140	—	—	—	5	—
/560	560	610	23	30	38	1,1	670	50	67	85	3	750	85	115	150	—	—	—	5	—
/600	600	650	23	30	38	1,1	710	50	67	85	3	800	90	122	160	—	—	—	5	—
/630	630	680	23	30	38	1,1	750	54	73	95	3	850	100	132	175	—	—	—	6	—
/670	670	730	27	36	45	1,5	800	58	78	105	4	900	103	140	180	—	—	—	6	—
/710	710	780	32	42	53	1,5	850	63	85	112	4	950	109	145	190	—	—	—	6	—
/750	750	820	32	42	53	1,5	900	67	90	120	4	1000	112	150	195	—	—	—	6	—
/800	800	870	32	42	53	1,5	950	67	90	120	4	1060	118	155	205	—	—	—	7,5	—
/850	850	920	32	42	53	1,5	1000	67	90	120	4	1120	122	160	212	—	—	—	7,5	—
/900	900	980	36	48	63	2	1060	73	95	130	5	1180	125	170	220	—	—	—	7,5	—
/950	950	1030	36	48	63	2	1120	78	103	135	5	1250	136	180	236	—	—	—	7,5	—
/1000	1000	1090	41	54	70	2,1	1180	82	109	140	5	1320	145	190	250	—	—	—	9,5	—
/1060	1060	1150	41	54	70	2,1	1250	85	115	150	5	1400	155	206	265	—	—	—	9,5	—
/1120	1120	1220	45	60	80	2,1	1320	90	122	160	5	1460	—	206	—	—	—	—	9,5	—
/1180	1180	1280	45	60	80	2,1	1400	100	132	175	6	1520	—	206	—	—	—	—	9,5	—
/1250	1250	1360	50	67	85	3	1460	—	—	175	6	1610	—	216	—	—	—	—	9,5	—
/1320	1320	1440	—	—	95	3	1540	—	—	175	6	1700	—	228	—	—	—	—	9,5	—
/1400	1400	1520	—	—	95	3	1630	—	—	180	6	1790	—	234	—	—	—	—	12	—
/1500	1500	1630	—	—	105	4	1750	—	—	195	6	1920	—	252	—	—	—	—	12	—
/1600	1600	1730	—	—	105	4	1850	—	—	195	6	2040	—	264	—	—	—	—	15	—
/1700	1700	1840	—	—	112	4	1970	—	—	212	7,5	2160	—	276	—	—	—	—	15	—
/1800	1800	1950	—	—	120	4	2080	—	—	220	7,5	2280	—	288	—	—	—	—	15	—
/1900	1900	2060	—	—	130	5	2180	—	—	220	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
/2000	2000	2160	—	—	130	5	2300	—	—	236	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
/2120	2120	2300	—	—	140	5	2430	—	—	243	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
/2240	2240	2430	—	—	150	5	2570	—	—	258	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
/2360	2360	2550	—	—	150	5	2700	—	—	265	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
/2500	2500	2700	—	—	160	5	2850	—	—	272	9,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Anmerkungen

1. Maßreihen 22, 23 und 24 sind beidseitig wirkende Lager.
2. Der maximal zulässige Außendurchmesser der Wellenscheiben und mittleren Unterlagscheiben und der minimal zulässige Bohrungsdurchmesser für Gehäusescheiben sind hier nicht aufgeführt. (Siehe Lagertabellen für Axiallager).

Axiallagern (flache Auflage) – 2 –

Einheiten: mm

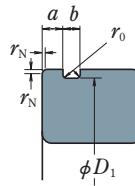
		513		523						514		524				Axialkugellager													
		293								294						Axialpendelrollenlager													
Durchmesserreihe 3								Durchmesserreihe 4								Durchmesserreihe 5													
D		Maßreihen					r (min)	r ₁ (min)	D		Maßreihen					D		Maßreihen		d	Bohrungskennzahl								
		73	93	13	23	23					74	94	14	24	24														
		T		Mittlere Unterlagscheibe		d ₂	B			T		Mittlere Unterlagscheibe		d ₂	B														
540	90	122	160	—	—	—	5	—	620	125	170	220	—	—	—	7,5	—	750	243	12	340	68							
560	90	122	160	—	—	—	5	—	640	125	170	220	—	—	—	7,5	—	780	250	12	360	72							
600	100	132	175	—	—	—	6	—	670	132	175	224	—	—	—	7,5	—	820	265	12	380	76							
620	100	132	175	—	—	—	6	—	710	140	185	243	—	—	—	7,5	—	850	272	12	400	80							
650	103	140	180	—	—	—	6	—	730	140	185	243	—	—	—	7,5	—	900	290	15	420	84							
680	109	145	190	—	—	—	6	—	780	155	206	265	—	—	—	9,5	—	950	308	15	440	88							
710	112	150	195	—	—	—	6	—	800	155	206	265	—	—	—	9,5	—	980	315	15	460	92							
730	112	150	195	—	—	—	6	—	850	165	224	290	—	—	—	9,5	—	1000	315	15	480	96							
750	112	150	195	—	—	—	6	—	870	165	224	290	—	—	—	9,5	—	1060	335	15	500	/500							
800	122	160	212	—	—	—	7,5	—	920	175	236	308	—	—	—	9,5	—	1090	335	15	530	/530							
850	132	175	224	—	—	—	7,5	—	980	190	250	335	—	—	—	12	—	1150	355	15	560	/560							
900	136	180	236	—	—	—	7,5	—	1030	195	258	335	—	—	—	12	—	1220	375	15	600	/600							
950	145	190	250	—	—	—	9,5	—	1090	206	280	365	—	—	—	12	—	1280	388	15	630	/630							
1000	150	200	258	—	—	—	9,5	—	1150	218	290	375	—	—	—	15	—	1320	388	15	670	/670							
1060	160	212	272	—	—	—	9,5	—	1220	230	308	400	—	—	—	15	—	1400	412	15	710	/710							
1120	165	224	290	—	—	—	9,5	—	1280	236	315	412	—	—	—	15	—	—	—	—	750	/750							
1180	170	230	300	—	—	—	9,5	—	1360	250	335	438	—	—	—	15	—	—	—	—	800	/800							
1250	180	243	315	—	—	—	12	—	1440	—	354	—	—	—	—	15	—	—	—	—	850	/850							
1320	190	250	335	—	—	—	12	—	1520	—	372	—	—	—	—	15	—	—	—	—	900	/900							
1400	200	272	355	—	—	—	12	—	1600	—	390	—	—	—	—	15	—	—	—	—	950	/950							
1460	—	276	—	—	—	—	12	—	1670	—	402	—	—	—	—	15	—	—	—	—	1000	/1000							
1540	—	288	—	—	—	—	15	—	1770	—	426	—	—	—	—	15	—	—	—	—	1060	/1060							
1630	—	306	—	—	—	—	15	—	1860	—	444	—	—	—	—	15	—	—	—	—	1120	/1120							
1710	—	318	—	—	—	—	15	—	1950	—	462	—	—	—	—	19	—	—	—	—	1180	/1180							
1800	—	330	—	—	—	—	19	—	2050	—	480	—	—	—	—	19	—	—	—	—	1250	/1250							
1900	—	348	—	—	—	—	19	—	2160	—	505	—	—	—	—	19	—	—	—	—	1320	/1320							
2000	—	360	—	—	—	—	19	—	2280	—	530	—	—	—	—	19	—	—	—	—	1400	/1400							
2140	—	384	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1500	/1500							
2270	—	402	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1600	/1600							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1700	/1700							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1800	/1800							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1900	/1900							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000	/2000							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2120	/2120							
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2240	/2240							

7

10

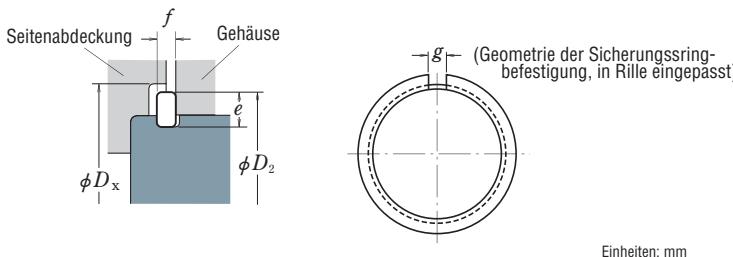
14

Tabelle 7.4 Abmessungen für Sicherungsringnuten und Sicherungsringe – (1) Lager der Maßreihen 18 und 19



Geeignete Lager				Sicherungsringnut									
d		D	Sicherungsringnut Durchmesser D_1	Position der Sicherungsringnut a				Breite Sicherungsringnut b	Kanten- radius r_0				
Maßreihen				Lagermaßreihen									
18	19			max	min	max	min						
—	10	22	20,8	20,5	—	—	1,05	0,9	1,05	0,8	0,2		
—	12	24	22,8	22,5	—	—	1,05	0,9	1,05	0,8	0,2		
—	15	28	26,7	26,4	—	—	1,3	1,15	1,2	0,95	0,25		
—	17	30	28,7	28,4	—	—	1,3	1,15	1,2	0,95	0,25		
20	—	32	30,7	30,4	1,3	1,15	—	—	1,2	0,95	0,25		
22	—	34	32,7	32,4	1,3	1,15	—	—	1,2	0,95	0,25		
25	20	37	35,7	35,4	1,3	1,15	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
—	22	39	37,7	37,4	—	—	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
28	—	40	38,7	38,4	1,3	1,15	—	—	1,2	0,95	0,25		
30	25	42	40,7	40,4	1,3	1,15	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
32	—	44	42,7	42,4	1,3	1,15	—	—	1,2	0,95	0,25		
—	28	45	43,7	43,4	—	—	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
35	30	47	45,7	45,4	1,3	1,15	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
40	32	52	50,7	50,4	1,3	1,15	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
—	35	55	53,7	53,4	—	—	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
45	—	58	56,7	56,4	1,3	1,15	—	—	1,2	0,95	0,25		
—	40	62	60,7	60,3	—	—	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
50	—	65	63,7	63,3	1,3	1,15	—	—	1,2	0,95	0,25		
—	45	68	66,7	66,3	—	—	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
55	50	72	70,7	70,3	1,7	1,55	1,7	1,55	1,2	0,95	0,25		
60	—	78	76,2	75,8	1,7	1,55	—	—	1,6	1,3	0,4		
—	55	80	77,9	77,5	—	—	2,1	1,9	1,6	1,3	0,4		
65	60	85	82,9	82,5	1,7	1,55	2,1	1,9	1,6	1,3	0,4		
70	65	90	87,9	87,5	1,7	1,55	2,1	1,9	1,6	1,3	0,4		
75	—	95	92,9	92,5	1,7	1,55	—	—	1,6	1,3	0,4		
80	70	100	97,9	97,5	1,7	1,55	2,5	2,3	1,6	1,3	0,4		
—	75	105	102,6	102,1	—	—	2,5	2,3	1,6	1,3	0,4		
85	80	110	107,6	107,1	2,1	1,9	2,5	2,3	1,6	1,3	0,4		
90	—	115	112,6	112,1	2,1	1,9	—	—	1,6	1,3	0,4		
95	85	120	117,6	117,1	2,1	1,9	3,3	3,1	1,6	1,3	0,4		
100	90	125	122,6	122,1	2,1	1,9	3,3	3,1	1,6	1,3	0,4		
105	95	130	127,6	127,1	2,1	1,9	3,3	3,1	1,6	1,3	0,4		
110	100	140	137,6	137,1	2,5	2,3	3,3	3,1	2,2	1,9	0,6		
—	105	145	142,6	142,1	—	—	3,3	3,1	2,2	1,9	0,6		
120	110	150	147,6	147,1	2,5	2,3	3,3	3,1	2,2	1,9	0,6		
130	120	165	161,8	161,3	3,3	3,1	3,7	3,5	2,2	1,9	0,6		
140	—	175	171,8	171,3	3,3	3,1	—	—	2,2	1,9	0,6		
—	130	180	176,8	176,3	—	—	3,7	3,5	2,2	1,9	0,6		
150	140	190	186,8	186,3	3,3	3,1	3,7	3,5	2,2	1,9	0,6		
160	—	200	196,8	196,3	3,3	3,1	—	—	2,2	1,9	0,6		

Anmerkungen Die minimal zulässigen Kantenkürzungen r_0 auf der Seite der Sicherungsringnut der Außenringe sind wie folgt:
 Maßreihen 18 : Für Außen Durchmesser von 78 mm und weniger werden Kantenkürzungen von 0,3 mm verwendet.
 Für alle anderen über 78 mm werden Kantenkürzungen von 0,5 mm verwendet.
 Maßreihen 19 : Für Außen Durchmesser von 24 mm und weniger werden Kantenkürzungen von 0,2 mm verwendet.
 Für 47 mm und weniger werden Kantenkürzungen von 0,3 mm verwendet.
 Für alle anderen über 47 mm werden Kantenkürzungen von 0,5 mm verwendet.



Einheiten: mm

Kurzzeichen Sicherungsring	Sicherungsringbefestigung				Seitenabdeckung		
	Querschnittshöhe <i>e</i>	Dicke <i>f</i>		Sicherungsring- geometrie in Nut eingesetzt (Referenz)		Abgestufter Bohrungs- durchmesser (Referenz)	
		max	min	ca.	Schlitz- breite <i>g</i>	Sicherungsring Außendurchmesser <i>D</i> ₂	
NR 1022	2,0	1,85	0,7	0,6	2	24,8	25,5
NR 1024	2,0	1,85	0,7	0,6	2	26,8	27,5
NR 1028	2,05	1,9	0,85	0,75	3	30,8	31,5
NR 1030	2,05	1,9	0,85	0,75	3	32,8	33,5
NR 1032	2,05	1,9	0,85	0,75	3	34,8	35,5
NR 1034	2,05	1,9	0,85	0,75	3	36,8	37,5
NR 1037	2,05	1,9	0,85	0,75	3	39,8	40,5
NR 1039	2,05	1,9	0,85	0,75	3	41,8	42,5
NR 1040	2,05	1,9	0,85	0,75	3	42,8	43,5
NR 1042	2,05	1,9	0,85	0,75	3	44,8	45,5
NR 1044	2,05	1,9	0,85	0,75	4	46,8	47,5
NR 1045	2,05	1,9	0,85	0,75	4	47,8	48,5
NR 1047	2,05	1,9	0,85	0,75	4	49,8	50,5
NR 1052	2,05	1,9	0,85	0,75	4	54,8	55,5
NR 1055	2,05	1,9	0,85	0,75	4	57,8	58,5
NR 1058	2,05	1,9	0,85	0,75	4	60,8	61,5
NR 1062	2,05	1,9	0,85	0,75	4	64,8	65,5
NR 1065	2,05	1,9	0,85	0,75	4	67,8	68,5
NR 1068	2,05	1,9	0,85	0,75	5	70,8	72
NR 1072	2,05	1,9	0,85	0,75	5	74,8	76
NR 1078	3,25	3,1	1,12	1,02	5	82,7	84
NR 1080	3,25	3,1	1,12	1,02	5	84,4	86
NR 1085	3,25	3,1	1,12	1,02	5	89,4	91
NR 1090	3,25	3,1	1,12	1,02	5	94,4	96
NR 1095	3,25	3,1	1,12	1,02	5	99,4	101
NR 1100	3,25	3,1	1,12	1,02	5	104,4	106
NR 1105	4,04	3,89	1,12	1,02	5	110,7	112
NR 1110	4,04	3,89	1,12	1,02	5	115,7	117
NR 1115	4,04	3,89	1,12	1,02	5	120,7	122
NR 1120	4,04	3,89	1,12	1,02	7	125,7	127
NR 1125	4,04	3,89	1,12	1,02	7	130,7	132
NR 1130	4,04	3,89	1,12	1,02	7	135,7	137
NR 1140	4,04	3,9	1,7	1,6	7	145,7	147
NR 1145	4,04	3,89	1,7	1,6	7	150,7	152
NR 1150	4,04	3,89	1,7	1,6	7	155,7	157
NR 1165	4,85	4,7	1,7	1,6	7	171,5	173
NR 1175	4,85	4,7	1,7	1,6	10	181,5	183
NR 1180	4,85	4,7	1,7	1,6	10	186,5	188
NR 1190	4,85	4,7	1,7	1,6	10	196,5	198
NR 1200	4,85	4,7	1,7	1,6	10	206,5	208

7

8

9

10

11

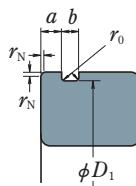
12

13

14

15

Tabelle 7.4 Abmessungen für Sicherungsringnuten und Sicherungsringe – (2) Lager der Maßreihen 0, 2, 3 und 4

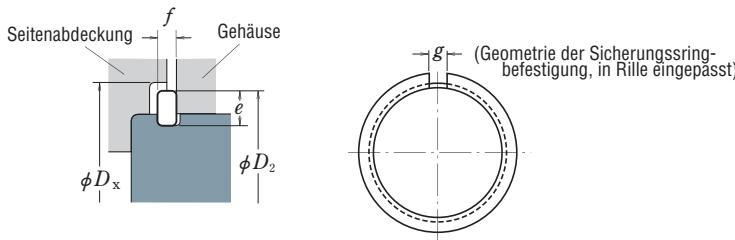


Geeignete Lager				D	Sicherungsringnut		Position der Sicherungsringnut D				Breite Sicherungsringnut b	Kantenradius r0			
Durchmesserreihen					Durchmesser D1		Lagerdurchmesserreihen								
0	2	3	4		max	min	0	2, 3, 4							
							max	min	max	min					
10	—	—	—	26	24,5	24,25	1,35	1,19	—	—	1,17	0,87	0,2		
12	—	—	—	28	26,5	26,25	1,35	1,19	—	—	1,17	0,87	0,2		
—	10	9	8	30	28,17	27,91	—	—	2,06	1,9	1,65	1,35	0,4		
15	12	—	9	32	30,15	29,9	2,06	1,9	2,06	1,9	1,65	1,35	0,4		
17	15	10	—	35	33,17	32,92	2,06	1,9	2,06	1,9	1,65	1,35	0,4		
—	—	12	10	37	34,77	34,52	—	—	2,06	1,9	1,65	1,35	0,4		
—	17	—	—	40	38,1	37,85	—	—	2,06	1,9	1,65	1,35	0,4		
20	—	15	12	42	39,75	39,5	2,06	1,9	2,06	1,9	1,65	1,35	0,4		
22	—	—	—	44	41,75	41,5	2,06	1,9	—	—	1,65	1,35	0,4		
25	20	17	—	47	44,6	44,35	2,06	1,9	2,46	2,31	1,65	1,35	0,4		
—	22	—	—	50	47,6	47,35	—	—	2,46	2,31	1,65	1,35	0,4		
28	25	20	15	52	49,73	49,48	2,06	1,9	2,46	2,31	1,65	1,35	0,4		
30	—	—	—	55	52,6	52,35	2,08	1,88	—	—	1,65	1,35	0,4		
—	—	22	—	56	53,6	53,35	—	—	2,46	2,31	1,65	1,35	0,4		
32	28	—	—	58	55,6	55,35	2,08	1,88	2,46	2,31	1,65	1,35	0,4		
35	30	25	17	62	59,61	59,11	2,08	1,88	3,28	3,07	2,2	1,9	0,6		
—	32	—	—	65	62,6	62,1	—	—	3,28	3,07	2,2	1,9	0,6		
40	—	28	—	68	64,82	64,31	2,49	2,29	3,28	3,07	2,2	1,9	0,6		
—	35	30	20	72	68,81	68,3	—	—	3,28	3,07	2,2	1,9	0,6		
45	—	32	—	75	71,83	71,32	2,49	2,29	3,28	3,07	2,2	1,9	0,6		
50	40	35	25	80	76,81	76,3	2,49	2,29	3,28	3,07	2,2	1,9	0,6		
—	45	—	—	85	81,81	81,31	—	—	3,28	3,07	2,2	1,9	0,6		
55	50	40	30	90	86,79	86,28	2,87	2,67	3,28	3,07	3	2,7	0,6		
60	—	—	—	95	91,82	91,31	2,87	2,67	—	—	3	2,7	0,6		
65	55	45	35	100	96,8	96,29	2,87	2,67	3,28	3,07	3	2,7	0,6		
70	60	50	40	110	106,81	106,3	2,87	2,67	3,28	3,07	3	2,7	0,6		
75	—	—	—	115	111,81	111,3	2,87	2,67	—	—	3	2,7	0,6		
—	65	55	45	120	115,21	114,71	—	—	4,06	3,86	3,4	3,1	0,6		
80	70	—	—	125	120,22	119,71	2,87	2,67	4,06	3,86	3,4	3,1	0,6		
85	75	60	50	130	125,22	124,71	2,87	2,67	4,06	3,86	3,4	3,1	0,6		
90	80	65	55	140	135,23	134,72	3,71	3,45	4,9	4,65	3,4	3,1	0,6		
95	—	—	—	145	140,23	139,73	3,71	3,45	—	—	3,4	3,1	0,6		
100	85	70	60	150	145,24	144,73	3,71	3,45	4,9	4,65	3,4	3,1	0,6		
105	90	75	65	160	155,22	154,71	3,71	3,45	4,9	4,65	3,4	3,1	0,6		
110	95	80	—	170	163,65	163,14	3,71	3,45	5,69	5,44	3,8	3,5	0,6		
120	100	85	70	180	173,66	173,15	3,71	3,45	5,69	5,44	3,8	3,5	0,6		
—	105	90	75	190	183,64	183,13	—	—	5,69	5,44	3,8	3,5	0,6		
130	110	95	80	200	193,65	193,14	5,69	5,44	5,69	5,44	3,8	3,5	0,6		

Hinweis (1) Die Sicherungsringe und Sicherungsringnuten dieser Lager sind nicht durch ISO festgelegt.

Anmerkungen 1. Die Abmessungen dieser Sicherungsringnuten gelten nicht für Lager der Maßreihen 00, 82 und 83.

2. Die minimal zulässige Kantenkürzung r_N auf der Sicherungsringseite der Außenringe beträgt 0,5 mm. Jedoch liegt dieser Wert für Lager der Durchmesserreihe 0 und einem Außendurchmesser von 35 mm und darunter bei 0,3 mm.



Einheiten: mm

Kurzzeichen Sicherungsring	Sicherungsring				Seitenabdeckung		
	Querschnitts- höhe <i>e</i>	Dicke		Sicherungsring- geometrie in Nut eingesetzt (Referenz)		Abgestufter Bohrungsdurchmesser (Referenz) <i>D_x</i>	
		max	min	<i>f</i>	Schlitz- Sicherungsring breite ca.		
NR 26⁽¹⁾	2,06	1,91	0,84	0,74	3	28,7	29,4
NR 28⁽¹⁾	2,06	1,91	0,84	0,74	3	30,7	31,4
NR 30	3,25	3,1	1,12	1,02	3	34,7	35,5
NR 32	3,25	3,1	1,12	1,02	3	36,7	37,5
NR 35	3,25	3,1	1,12	1,02	3	39,7	40,5
NR 37	3,25	3,1	1,12	1,02	3	41,3	42
NR 40	3,25	3,1	1,12	1,02	3	44,6	45,5
NR 42	3,25	3,1	1,12	1,02	3	46,3	47
NR 44	3,25	3,1	1,12	1,02	3	48,3	49
NR 47	4,04	3,89	1,12	1,02	4	52,7	53,5
NR 50	4,04	3,89	1,12	1,02	4	55,7	56,5
NR 52	4,04	3,89	1,12	1,02	4	57,9	58,5
NR 55	4,04	3,89	1,12	1,02	4	60,7	61,5
NR 56	4,04	3,89	1,12	1,02	4	61,7	62,5
NR 58	4,04	3,89	1,12	1,02	4	63,7	64,5
NR 62	4,04	3,89	1,7	1,6	4	67,7	68,5
NR 65	4,04	3,89	1,7	1,6	4	70,7	71,5
NR 68	4,85	4,7	1,7	1,6	5	74,6	76
NR 72	4,85	4,7	1,7	1,6	5	78,6	80
NR 75	4,85	4,7	1,7	1,6	5	81,6	83
NR 80	4,85	4,7	1,7	1,6	5	86,6	88
NR 85	4,85	4,7	1,7	1,6	5	91,6	93
NR 90	4,85	4,7	2,46	2,36	5	96,5	98
NR 95	4,85	4,7	2,46	2,36	5	101,6	103
NR 100	4,85	4,7	2,46	2,36	5	106,5	108
NR 110	4,85	4,7	2,46	2,36	5	116,6	118
NR 115	4,85	4,7	2,46	2,36	5	121,6	123
NR 120	7,21	7,06	2,82	2,72	7	129,7	131,5
NR 125	7,21	7,06	2,82	2,72	7	134,7	136,5
NR 130	7,21	7,06	2,82	2,72	7	139,7	141,5
NR 140	7,21	7,06	2,82	2,72	7	149,7	152
NR 145	7,21	7,06	2,82	2,72	7	154,7	157
NR 150	7,21	7,06	2,82	2,72	7	159,7	162
NR 160	7,21	7,06	2,82	2,72	7	169,7	172
NR 170	9,6	9,45	3,1	3	10	182,9	185
NR 180	9,6	9,45	3,1	3	10	192,9	195
NR 190	9,6	9,45	3,1	3	10	202,9	205
NR 200	9,6	9,45	3,1	3	10	212,9	215

7

8

9

10

11

12

13

14

7.2 Zusammensetzung der Lagerbezeichnung

Die Bezeichnungen der Lager bestehen aus einer Kombination von Ziffern und Buchstaben, die den Lagertyp, die Abmessungen, Maß- und Laufgenauigkeit, Lagerspiel und andere zugehörige Einzelheiten angeben. Sie bestehen aus der Basisbezeichnung und zusätzlichen Zeichen. Die Abmessungen gebräuchlicher Lager entsprechen meist dem ISO-Konzept und die Lagerbezeichnungen dieser Standardlager sind durch JIS B 1513 festgelegt (Lagerbezeichnungen für Wälzläger). Auf Grund der Notwendigkeit weiterer Klassifizierung verwendet NSK Zusatzzeichen zu den von JIS festgelegten Zeichen.

Lagerbezeichnungen bestehen aus einem Basiszeichen und zusätzlichen Zeichen. Das Basiszeichen gibt die Lagerreihe (oder -art) und die Breiten- und Durchmesserreihe wie in Tabelle 7.5 an. Basiszeichen, Zusatzzeichen und die Bedeutungen der gebräuchlichen Zahlen und Zeichen sind in Tabelle 7.6 (Seite A58 und A59) aufgeführt. Die Bezeichnungen für Kontaktwinkel und andere zusätzliche Angaben sind in Tabelle 7.6 in den fortlaufenden Spalten von links nach rechts notiert. Als Referenz nachstehend einige Beispiele für Lagerbezeichnungen:

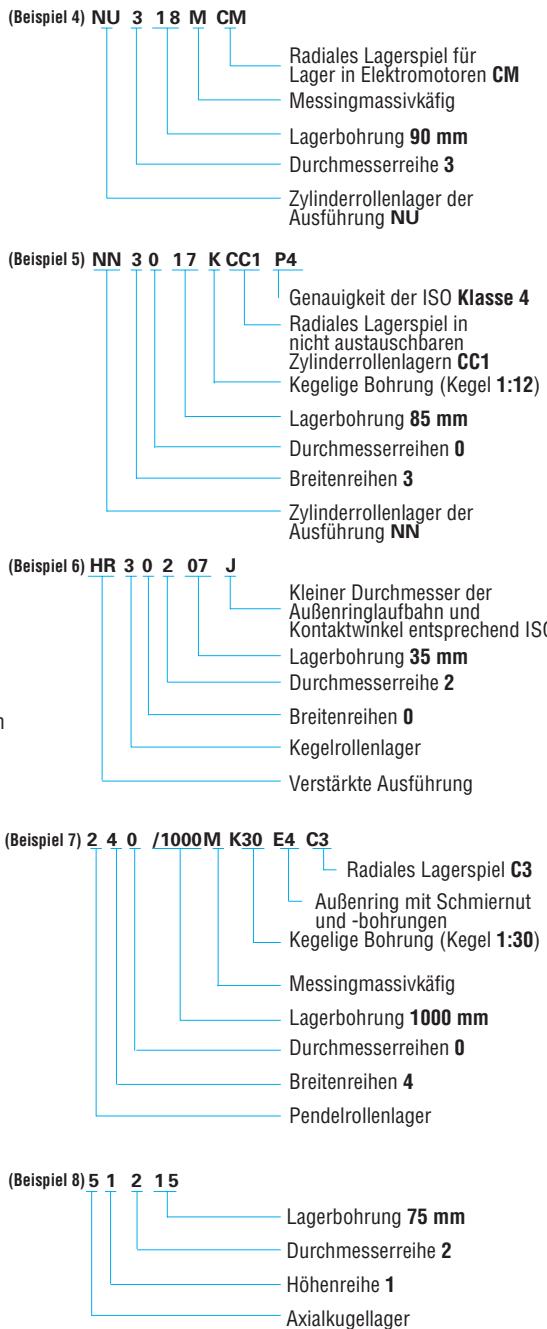
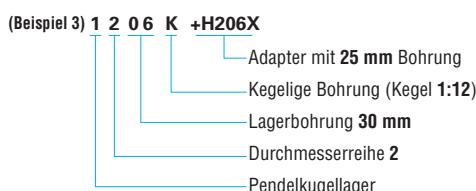
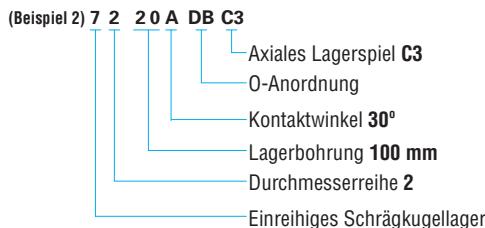
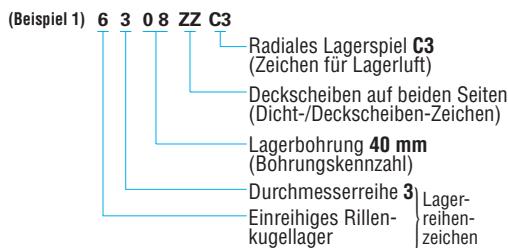


Tabelle 7.5 Lagerreihenzeichen

Lagertyp	Lager- reihenzeichen	Typen- zeichen	Maßzeichen		Lagertyp	Lager- reihenzeichen	Typen- zeichen	Maßzeichen	
			Breiten- zeichen	Durch- messer- zeichen				Breiten- zeichen oder Höhen- zeichen	Durch- messer- zeichen
Einreihige Rillenkugellager	68	6	(1)	8	Zweireihige Zylinder- rollenlager	NNU49	NNU	4	9
	69	6	(1)	9		NN30	NN	3	0
	60	6	(1)	0	Nadellager	NA48	NA	4	8
	62	6	(0)	2		NA49	NA	4	9
	63	6	(0)	3		NA59	NA	5	9
Einreihige Schrägkugellager	79	7	(1)	9		NA69	NA	6	9
	70	7	(1)	0	Kegelrollenlager	329	3	2	9
	72	7	(0)	2		320	3	2	0
	73	7	(0)	3		330	3	3	0
Pendel- kugellager	12	1	(0)	2		331	3	3	1
	13	1	(0)	3		302	3	0	2
	22	(1)	2	2		322	3	2	2
	23	(1)	2	3		332	3	3	2
Einreihiges Zylinder- rollen- lager	NU10	NU	1	0		303	3	0	3
	NU2	NU	(0)	2		323	3	2	3
	NU22	NU	2	2		230	2	3	0
	NU3	NU	(0)	3		231	2	3	1
	NU23	NU	2	3		222	2	2	2
	NU4	NU	(0)	4		232	2	3	2
	NJ2	NJ	(0)	2		213⁽¹⁾	2	0	3
	NJ22	NJ	2	2		223	2	2	3
	NJ3	NJ	(0)	3	Axialkugellager mit flachen Auflagen	511	5	1	1
	NJ23	NJ	2	3		512	5	1	2
	NJ4	NJ	(0)	4		513	5	1	3
	NUP2	NUP	(0)	2		514	5	1	4
	NUP22	NUP	2	2		522	5	2	2
	NUP3	NUP	(0)	3		523	5	2	3
	NUP23	NUP	2	3		524	5	2	4
	NUP4	NUP	(0)	4	Axialpendel- rollenlager	292	2	9	2
	N10	N	1	0		293	2	9	3
	N2	N	(0)	2		294	2	9	4
	N3	N	(0)	3					
	N4	N	(0)	4					
	NF2	NF	(0)	2					
	NF3	NF	(0)	3					
	NF4	NF	(0)	4					

Hinweis (1) Das Lagerreihenzeichen 213 sollte eigentlich 203 lauten, wird üblicherweise aber mit 213 bezeichnet.
Anmerkungen Zahlen in () in der Spalte der Breitenzeichen werden beim Lagerkurzzeichen normalerweise weggelassen.

Tabelle 7.6 Zusammensetzung der

Basiszeichen					NSK-Internes Konstruktionszeichen					Werkstoffzeichen		Käfigzeichen		Externe Merkmale					
Lagerreihen-zeichen (1)		Bohrungs-Kennzahl		Kontaktwinkel-zeichen	NSK-Internes Konstruktionszeichen		Werkstoffzeichen		Käfigzeichen		Externe Merkmale								
Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung				
68	Einreihige Rillenkugellager	1	Lagerbohrung 1mm	A	Interne Konstruktion weicht vom Standard Eins ab	g	Einsatzgehärteter Stahl für Ringe und Wälzkörper	M	Messing massivkäfig	Z	Deckscheibe an nur einer Seite								
69		2	2			J	Kleinerer Durchmesser der Außenringlaufbahn, Kontaktwinkel und Außenringbreite von Kegelrollenlagern stimmen mit ISO 355 überein			ZZ									
60		3	3	A5	Standard Kontaktwinkel von 25°	h	Postbeständiger Stahl für Ringe, Wälzkörper	W	Käfig aus Stahlblech	ZZS	Deckscheiben auf beiden Seiten								
:				B	Standard-Kontaktwinkel von 40°			T	Kunststoffkäfig	DU	Berührende Dichtung aus Kautschuk auf nur einer Seite								
70	Einreihige Schrägkugellager	...	...	C	Standard-Kontaktwinkel von 15° (für Lager der verstärkten Ausführung)			V	Ohne Käfig	DDU	Berührende Dichtungen aus Kautschuk auf beiden Seiten						
72		00	9	CA	Kegelrollenlager			V	Ohne Käfig	V	Nicht berührende Dichtung aus Kautschuk auf nur einer Seite								
73		01	10	CD				V	Ohne Käfig	V	Nicht berührende Dichtung aus Kautschuk auf nur einer Seite								
:		02	12	EA				V	Ohne Käfig	V	Nicht berührende Dichtung aus Kautschuk auf nur einer Seite								
12	Pendelkugellager	03	15	C	Standard-Kontaktwinkel von 17°	E	Zylinderrollenlager			VV	Nicht berührende Dichtungen aus Kautschuk auf beiden Seiten								
13				Aus-gelassen				E	Axialpendelrollenlager										
22																			
NN10	Zylinderrollenlager	/22	22																
NJ 2																			
N 3		/28	28																
NN 30		/32	32																
NA48	Nadel Lager	04 ⁽³⁾	20																
NA49		05	25																
NA69		06	30																
320	Kegelrollenlager (z)	...	...														
322		...	...														
323		...	...														
:																			
230	Pendelrollenlager	88	440																
222		92	460																
223		96	480																
:		/500	500																
511	Axialkugellager	/530	530																
512	mit flachen Auflagen	/560	560																
513		...	...														
:																			
292	Axialpendelrollenlager	...	...														
293		...	...														
294	Axialpendelrollenlager	/2 360	2 360																
:		/2 500	2 500																
HR ⁽⁴⁾ Kegelrollenlager der verstärkten Ausführung																			
Zeichen und Zahlen stimmen mit JIS(s) überein								NSK Zeichen					NSK Zeichen						
Auf Lagern markiert												Nicht auf Lagern markiert							

Hinweise (1) Zeichen der Lagerreihen stimmen mit Tabelle 7.5 überein.

(2) Die Basiskennzeichen der Kegelrollenlager aus der neuen ISO-Reihe stehen auf Seite B129.

(3) Bei den Lagerbohrungskennzahlen 04 bis 96 entspricht das Fünffache der Bohrungskennzahl dem Bohrungsdurchmesser (mm) (außer bei zweiseitig wirkenden Axialkugellagern).

(4) HR ist Vorsetzzeichen für die Lagerreihenzeichen und das ursprüngliche Vorsetzzeichen von NSK.

Lagerbezeichnung

Zusatzzeichen											
Zeichen	Einbauzeichen		Zeichen für Lagerspiel		Zeichen für Toleranzklasse	Zeichen für bes. Spezifikation		Zeichen für Zwischenring oder Hülse	Zeichen für Fett		
Zeichen für die Gestaltung der Ringe			Zeichen für Vorspannung								
Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung		
			(radiales Lagerspiel)								
K	Kegelige Bohrung des Innenrings (Kegel 1:12)	DB	O-Anordnung	C1	Spiel weniger als C2	Aus-gelassen	ISO Normal	+K	Lager mit Zwischenring zwischen den Außenringen	AS2	Shell Alvania Fett S2
		DF	X-Anordnung	C2	Spiel weniger als CN	P6	ISO Klasse 6	+L	Lager mit Zwischenring zwischen den Innenringen	ENS	ENS Fett
K30	Kegelige Bohrung des Innenrings (Kegel 1:30)	DT	Tandem-anordnung	Aus-gelassen	Normales Spiel CN	P6X	ISO Klasse 6X	X26	Betriebs-temperatur unter 150°C	NS7	NS Hi-lube
				C3	Spiel größer als CN	P5	ISO Klasse 5	X28	Betriebs-temperatur unter 200°C	PS2	Multemp PS Nr. 2
				C4	Spiel größer als C3	P4	ISO Klasse 4	X29	Betriebs-temperatur unter 250°C		
				C5	Spiel größer als C4	P2	ISO Klasse 2	H	Bezeichnung Adapter		7
E	Nut oder Schmiernut im Ring			CC1	Spiel weniger als CC2			AH	Bezeichnung Abziehhülse		
				CC2	Spiel weniger als CC			HJ	Bezeichnung Winkelring		
E4	Schmiernut und -bohrungen im Außenring			CC	Normales Spiel						8
				CC3	Spiel größer als CC						
				CC4	Spiel größer als CC3						
				CC5	Spiel größer als CC4						
N	Sicherungsringnut im Außenring			MC1	Spiel weniger als MC2	Aus-gelassen	Klasse 4	S11	Pendel-rollen-lager		
				MC2	Spiel weniger als MC3	PN2	Klasse 2		Maß - stabilisierung für Betriebs-temperatur unter 200°C		
NR	Sicherungsringnut mit Sicherungsring im Außenring			MC3	Normales Spiel	PN3	Klasse 3				9
				MC4	Spiel größer als MC3	PN0	Klasse 0				
				MC5	Spiel größer als MC4	PN00	Klasse 00				
				CM	Spiel in Rillenkugellagern für Elektromotoren						
				CT	Spiel in Zylinderrollenlagern für Elektromotoren						
				CM							
				EL	Vorspannung für Schräkgugellager						
				L	Extra leichte Vorspannung						
				M	Leichte Vorspannung						
				H	Mittlere Vorspannung						
					Starke Vorspannung						
Teilweise entsprechen JIS⁽⁵⁾	entsprechend JIS⁽⁶⁾			Teilweise NSK Zeichen entsprechen JIS⁽⁵⁾/ BAS⁽⁶⁾		Entsprichend JIS⁽⁵⁾		NSK Zeichen, entspricht teilweise JIS⁽⁵⁾			13
Normalerweise auf Lagern markiert									Nicht auf Lagern markiert		
Hinweise	⁽⁵⁾ JIS : Japanische Industrienormen.										14
	⁽⁶⁾ BAS : Normen des japanischen Industrieverbands für Wälzläger (The Japan Bearing Industrial Association Standard).										
	⁽⁷⁾ ABMA : Vereinigung der amerikanischen Lagerhersteller (The American Bearing Manufacturers Association).										

8. LAGERTOLERANZEN

8.1 Normwerte für Lagertoleranzen

Die Toleranzen der Abmessungen und Laufgenauigkeiten von Wälzlagern sind durch ISO 492/199/582 vorgeschrieben (Genauigkeiten von Wälzlagern). Für die folgenden Bereiche wurden Toleranzen festgelegt:

Genauigkeit von Wälzlagern

Toleranzen für Abmessungen:
Werden zum Einbau der Lager auf Wellen und in Gehäusen benötigt.

Laufgenauigkeit:
Wird zur Bestimmung des Rundlaufs der Maschinenteile benötigt.

Für die Genauigkeitsklassen der Wälzlager, neben der von ISO festgelegten Standardgenauigkeit, werden höhere Genauigkeiten mit Klasse 6X (für Kegelrollenlager), Klasse 6, Klasse 5, Klasse 4 und Klasse 2 festgelegt, wobei Klasse 2 der höchsten Klasse nach ISO entspricht. Die geeigneten Genauigkeitsklassen für jede Lagerart und die Entsprechung dieser Klassen sind in Tabelle 8.1 aufgeführt.

- Toleranzen für Bohrungs- und Außendurchmesser, Ring- und Lagerbreite
- Toleranzen für Innen- und Umfangs durchmesser der Wälzkörper
- Toleranzen der Kantenkürzungen
- Toleranzen für Breitenschwankung
- Toleranzen für Durchmesser kegeliger Bohrungen

- Zulässiger Radialschlag des Innen- und Außenrings
- Zulässiger Axialseitenschlag der Innen- und Außenringlaufbahnen
- Zulässiger Axialseitenschlag des Innenrings zur Bohrung
- Zulässige Schwankung der Neigung der Mantellinie zur Bezugsseitenfläche
- Zulässige Abweichung der Laufbahn-Stirnseitendicke von Axiallagern

Tabelle 8.1 Lagerarten und Toleranzklassen

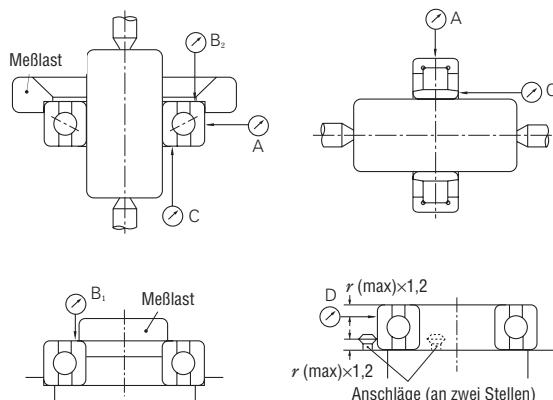
Lagerarten		Geeignete Toleranzklassen					Geeignete Tabellen	Referenz-Seiten
Rillenkugellager	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Tabelle 8.2	A62 ~A65	
Schrägkugellager	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2			
Pendelkugellager	Normal	Klasse 6	Klasse 5	–	–			
Zylinderrollenlager	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2			
Nadelager (massive Ausführung)	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	–			
Pendelrollenlager	Normal	Klasse 6	Klasse 5	–	–			
Kegelrollenlager	Metric	Normal Klasse 6X	–	Klasse 5	Klasse 4	–	Tabelle 8.3	A66 ~A69
	Zollabmessungen	ANSI/ABMA Klasse 4	ANSI/ABMA Klasse 2	ANSI/ABMA Klasse 3	ANSI/ABMA Klasse 0	ANSI/ABMA Klasse 00	Tabelle 8.4	A70 ~A71
Schulterkugellager	Normal	Klasse 6	Klasse 5	–	–	Tabelle 8.5	A72 ~A73	
Axialkugellager	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	–			
Axialpendelrollenlager	Normal	–	–	–	–	Tabelle 8.6	A74 ~A76	
						Tabelle 8.7	A77	
Entsprechende Normen (Referenz)	JIS ⁽¹⁾		Klasse 0	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	–
	DIN ⁽²⁾		P0	P6	P5	P4	P2	–
	ANSI/ ABMA ⁽³⁾	Kugellager	ABEC 1	ABEC 3	ABEC 5 (Klasse 5P)	ABEC 7 (Klasse 7P)	ABEC 9 (Klasse 9P)	Tabelle 8.2
		Rollenlager	RBEC 1	RBEC 3	RBEC 5	–	–	Tabelle 8.8 A72 ~A75 A78 ~A79
	Kegelrollenlager	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 0	Klasse 00	Tabelle 8.4	A70 ~A71

Hiwweise ⁽¹⁾ JIS: Japanische Industrienormen ⁽²⁾ DIN: Deutsche Industrienorm

⁽³⁾ ANSI/ABMA: Vereinigung der amerikanischen Lagerhersteller

Anmerkungen Die zulässigen Grenzen der Kantenkürzungen sollten den Werten in Tabelle 8.9 (Seite A80) und die Toleranzen und zulässigen Durchmesser für kegelige Bohrungen sollten den Werten in Tabelle 8.10 entsprechen (Seite A82).

(Referenz) Definitionen der für die Laufgenauigkeit aufgeführten Punkte und ihre Messmethoden stehen in Abb. 8.1 und werden ausführlich in ISO 5593 (Wörterverzeichnis für Wälzlager) und JIS B 1515 (Messmethoden für Wälzlager) und weiteren Referenzmaterialien beschrieben.



Ergänzungstabelle

Laufgenauigkeit	Innenring	Außenring	Messstelle
K_{ia}	drehend	feststehend	A
K_{ea}	feststehend	drehend	A
S_{ia}	drehend	feststehend	B ₁
S_{ea}	feststehend	drehend	B ₂
S_d	drehend	feststehend	C
S_D	–	drehend	D
S_i, S_e	Nur bei ausschließlich drehender Wellen-, Gehäuse- oder Mittelscheibe.		E

Abb. 8.1 Messmethoden für Laufgenauigkeit (Zusammenfassung)

Symbole für Hauptabmessungen und Laufgenauigkeit

d	Nennmaß des Bohrungsdurchmessers	D	Nennmaß des Außendurchmessers
Δ_{ds}	Abweichung eines einzelnen Bohrungsdurchmessers	Δ_{Ds}	Abweichung eines einzelnen Außendurchmessers
Δ_{dmp}	Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene vom Nennmaß	Δ_{Dmp}	Abweichung des mittleren Außendurchmessers in einer Ebene
V_{dp}	Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer einzelnen radialen Ebene	V_{Dp}	Schwankung des Außendurchmessers in einer einzelnen radialen Ebene
V_{dmp}	Schwankung des mittleren Bohrungsdurchmessers	V_{Dmp}	Schwankung des mittleren Außendurchmessers
B	Nennbreite des Innenrings	C	Nennbreite des Außenrings
Δ_{Bs}	Abweichung der einzelnen Innenringbreite	Δ_{Cs}	Abweichung einer einzelnen Außenringbreite
V_{Bs}	Schwankung der Innenringbreite	V_{Cs}	Schwankung der Außenringbreite
K_{ia}	Rundlauf des Innenrings am zusammengebauten Lager (Radialschlag)	K_{ea}	Rundlauf des Außenrings am zusammengebauten Lager (Radialschlag)
S_d	Planlauf der Innenring-Stirnseite (Rückseite, wo geeignet) in Bezug auf die Bohrung	S_D	Schwankung der Neigung der Mantelfläche bezogen auf die Bezugseitenfläche (Seitenschlag)
S_{ia}	Planlauf der Stirnfläche in Bezug auf die Laufbahn des Innenrings am zusammengebauten Lager (Axialschlag)	S_{ea}	Axialschlag des Außenrings (Rückseite) am zusammengebauten Lager
S_i, S_e	Schwankung der Scheibendicke bei Axiallagern		
S_T	Nennbreite Lager	C	
Δ_{Ts}	Abweichung der Ist-Lagerbreite	B	
		ϕd	
		ϕD	
		T	

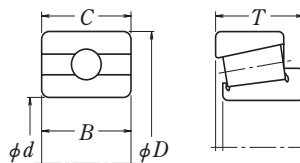


Tabelle 8.2 Toleranzen für Radiallager

Tabelle 8.2.1 Toleranzen für Innenringe und

Nennmaß des Bohrungsdurchmessers <i>d</i> (mm)		$\Delta_{\text{dmp}}^{(2)}$										$\Delta_{\text{ds}}^{(2)}$	
		Normal		Klasse 6		Klasse 5		Klasse 4		Klasse 2		Klasse 4	
		Durchmesser- reihen	0, 1, 2, 3, 4	Klasse 2		Klasse 2		Klasse 2		Klasse 2		Klasse 2	
über	bis	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
0,6 ⁽¹⁾	2,5	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4
2,5	10	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4
10	18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4
18	30	0	-10	0	-8	0	-6	0	-5	0	-2,5	0	-5
30	50	0	-12	0	-10	0	-8	0	-6	0	-2,5	0	-6
50	80	0	-15	0	-12	0	-9	0	-7	0	-4,0	0	-7
80	120	0	-20	0	-15	0	-10	0	-8	0	-5,0	0	-8
120	150	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	0	-7,0	0	-10
150	180	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	0	-7,0	0	-10
180	250	0	-30	0	-22	0	-15	0	-12	0	-8,0	0	-12
250	315	0	-35	0	-25	0	-18	—	—	—	—	—	—
315	400	0	-40	0	-30	0	-23	—	—	—	—	—	—
400	500	0	-45	0	-35	—	—	—	—	—	—	—	—
500	630	0	-50	0	-40	—	—	—	—	—	—	—	—
630	800	0	-75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800	1000	0	-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	1250	0	-125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1250	1600	0	-160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1600	2000	0	-200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Δ_{Bs} (oder Δ_{Cs}) ⁽²⁾										V_{Bs} (oder V_{Cs})					
Einreihige Lager					Gepaarte Lager ⁽⁴⁾					Innenring (oder Außenring) ⁽⁵⁾		Innenring			
Normal Klasse 6		Klasse 5 Klasse 4		Klasse 2	Normal Klasse 6		Klasse 5 Klasse 4		Klasse 2	Normal		Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2
ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	max	max	max	max	max	max
0	-40	0	-40	0	-40	—	—	0	-250	0	-250	12	12	5	2,5
0	-120	0	-40	0	-40	0	-250	0	-250	0	-250	15	15	5	2,5
0	-120	0	-80	0	-80	0	-250	0	-250	0	-250	20	20	5	2,5
0	-120	0	-120	0	-120	0	-250	0	-250	0	-250	20	20	5	2,5
0	-120	0	-120	0	-120	0	-250	0	-250	0	-250	20	20	5	2,5
0	-150	0	-150	0	-150	0	-380	0	-250	0	-250	25	25	6	4
0	-200	0	-200	0	-200	0	-380	0	-380	0	-380	25	25	7	4
0	-250	0	-250	0	-250	0	-500	0	-380	0	-380	30	30	8	5
0	-250	0	-250	0	-250	0	-500	0	-380	0	-380	30	30	8	5
0	-300	0	-300	0	-300	0	-500	0	-500	0	-500	30	30	10	6
0	-350	0	-350	—	—	0	-500	0	-500	—	—	35	35	13	—
0	-400	0	-400	—	—	0	-630	0	-630	—	—	40	40	15	—
0	-450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	45	—	—	—
0	-500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60	50	—	—	—
0	-750	—	—	—	—	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—
0	-1000	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—
0	-1250	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—
0	-1600	—	—	—	—	—	—	—	—	120	—	—	—	—	—
0	-2000	—	—	—	—	—	—	—	—	140	—	—	—	—	—

Hinweise ⁽¹⁾ einschließlich 0,6 mm.

⁽²⁾ Für Lager mit zylindrischen Bohrungen.

⁽³⁾ Die Toleranzen für Breitenschwankungen und die Toleranzgrenzen für die Breitenschwankung des Außenrings sollten sich auf das gleiche Lager beziehen. Tabelle 8.2.2 führt die Toleranzen für die Breitenschwankungen des Außenrings für die Klassen 5, 4 und 2 auf.

⁽⁴⁾ Für Einzelringe, die für gepaarte Lager eingesetzt werden.

⁽⁵⁾ Für Kugellager wie Rillenkugellager, Schräkgugellager, usw.

(außer Kegelrollenlager)

Breiten der Außenringe

V _{dp} (°)												V _{dmp} (°)									
Normal			Klasse 6			Klasse 5		Klasse 4		Klasse 2		Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2					
Durchmesserreihen			Durchmesserreihen			Durchmesser- reihen		Durchmesser- reihen		Durchmesser- reihen											
9	0, 1	2, 3, 4	9	0, 1	2, 3, 4	9	0,1,2,3,4	9	0,1,2,3,4	9	0,1,2,3,4										
max			max			max		max		max											
10	8	6	9	7	5	5	4	4	3	2,5	6	5	3	2	1,5						
10	8	6	9	7	5	5	4	4	3	2,5	6	5	3	2	1,5						
10	8	6	9	7	5	5	4	4	3	2,5	6	5	3	2	1,5						
13	10	8	10	8	6	6	5	5	4	2,5	8	6	3	2,5	1,5						
15	12	9	13	10	8	8	6	6	5	2,5	9	8	4	3	1,5						
19	19	11	15	15	9	9	7	7	5	4	11	9	5	3,5	2						
25	25	15	19	19	11	10	8	8	6	5	15	11	5	4	2,5						
31	31	19	23	23	14	13	10	10	8	7	19	14	7	5	3,5						
31	31	19	23	23	14	13	10	10	8	7	19	14	7	5	3,5						
38	38	23	28	28	17	15	12	12	9	8	23	17	8	6	4						
44	44	26	31	31	19	18	14	—	—	—	26	19	9	—	—						
50	50	30	38	38	23	23	—	18	—	—	30	23	12	—	—						
56	56	34	44	44	26	—	—	—	—	—	34	26	—	—	—						
63	63	38	50	50	30	—	—	—	—	—	38	30	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						

Einheiten: μm

K _{ia}												S _d			S _{ia} (°)			Nennmaß des Bohrungsdurchmessers <i>d</i> (mm)
Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Über	max	max	max	max	max		
max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	Inkl.	—	—	—	—	—		
10	5	4	2,5	1,5	7	3	1,5	7	3	1,5	0,6 ⁽¹⁾	2,5	—	—	—	—	8	
10	6	4	2,5	1,5	7	3	1,5	7	3	1,5	2,5	10	10	18	—	—	9	
10	7	4	2,5	1,5	7	3	1,5	7	3	1,5	10	18	—	—	—	—	10	
13	8	4	3	2,5	8	4	1,5	8	4	2,5	18	30	—	—	—	—	11	
15	10	5	4	2,5	8	4	1,5	8	4	2,5	30	50	—	—	—	—	12	
20	10	5	4	2,5	8	5	1,5	8	5	2,5	50	80	—	—	—	—	13	
25	13	6	5	2,5	9	5	2,5	9	5	2,5	80	120	—	—	—	—	14	
30	18	8	6	2,5	10	6	2,5	10	7	2,5	120	150	—	—	—	—	15	
30	18	8	6	5	10	6	4	10	7	5	150	180	—	—	—	—	16	
40	20	10	8	5	11	7	5	13	8	5	180	250	—	—	—	—	17	
50	25	13	—	—	13	—	—	15	—	—	250	315	—	—	—	—	18	
60	30	15	—	—	15	—	—	20	—	—	315	400	—	—	—	—	19	
65	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	400	500	—	—	—	—	20	
70	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	500	630	—	—	—	—	21	
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	630	800	—	—	—	—	22	
90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	800	1000	—	—	—	—	23	
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000	1250	—	—	—	—	24	
120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1250	1600	—	—	—	—	25	
140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1600	2000	—	—	—	—	26	

Anmerkungen 1. Die Ausschußseite (Toleranzobergrenze) für zylindrische Bohrungsdurchmesser wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung *r* (max) von der Ringvorderseite.
 2. ABMA Std 20-1996: ABEC1-RBEC1, ABEC3-RBEC3, ABEC5-RBEC5, ABEC7-RBEC7, und ABEC9-RBEC9 entsprechen den Klassen Normal, 6, 5, 4 bzw. 2.

Tabelle 8.2 Toleranzen für Radiallager

Tabelle 8.2.2 Toleranzen

Nennmaß des Außen-durchmessers <i>D</i> (mm)	$\Delta_{D_{\text{mp}}}$										Δ_{D_s}		
	Normal		Klasse 6		Klasse 5		Klasse 4		Klasse 2		Klasse 4	Klasse 2	
	ob	unt	ob	unt	ob	unt	ob	unt	ob	unt			
											Durchmesser-reihen		
										0, 1, 2, 3, 4			
über	bis	ob	unt	ob	unt	ob	unt	ob	unt	ob	unt	ob	unt.
2,5 ⁽¹⁾	6	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4
6	18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	0	-2,5	0	-4
18	30	0	-9	0	-8	0	-6	0	-5	0	-4	0	-5
30	50	0	-11	0	-9	0	-7	0	-6	0	-4	0	-6
50	80	0	-13	0	-11	0	-9	0	-7	0	-4	0	-7
80	120	0	-15	0	-13	0	-10	0	-8	0	-5	0	-8
120	150	0	-18	0	-15	0	-11	0	-9	0	-5	0	-9
150	180	0	-25	0	-18	0	-13	0	-10	0	-7	0	-10
180	250	0	-30	0	-20	0	-15	0	-11	0	-8	0	-11
250	315	0	-35	0	-25	0	-18	0	-13	0	-8	0	-13
315	400	0	-40	0	-28	0	-20	0	-15	0	-10	0	-15
400	500	0	-45	0	-33	0	-23	—	—	—	—	—	—
500	630	0	-50	0	-38	0	-28	—	—	—	—	—	—
630	800	0	-75	0	-45	0	-35	—	—	—	—	—	—
800	1000	0	-100	0	-60	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	1250	0	-125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1250	1600	0	-160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1600	2000	0	-200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2000	2500	0	-250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Hinweise⁽¹⁾ einschließlich 2,5 mm.⁽²⁾ Gilt nur, wenn kein Sicherungsring zur Befestigung verwendet wird.⁽³⁾ Für Kugellager wie Rillenkugellager und Schräkgugellager.⁽⁴⁾ In Tabelle 8.2.1 stehen die Toleranzen für die Breitenschwankungen des Außenrings für Lager der Klassen Normal und 6.**Anmerkungen**

1. Die Ausschußseite (Toleranzuntergrenze) des Außendurchmessers wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung r (max) von der Ringvorderseite.
2. ABMA Std 20-1996: ABEC1-RBEC1, ABEC3-RBEC3, ABEC5-RBEC5, ABEC7-RBEC7 und ABEC9-RBEC9 entsprechen den Klassen Normal, 6, 5, 4 bzw. 2.

(außer Kegelrollenlager)

für Außenringe

V _{Dp} (2)												V _{Dmp} (2)											
Normal				Klasse 6				Klasse 5		Klasse 4		Klasse 2		Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2					
Offene Ausfg.		Gedichtete Ausfg.		Offene Ausfg.		Gedichtete Ausfg.		Offene Ausfg.		Offene Ausfg.		Offene Ausfg.											
Durchmesserreihen		Durchmesserreihen		Durchmesserreihen		Durchmesserreihen		Durchmesserreihen		Durchmesserreihen		Durchmesserreihen											
9	0, 1	2, 3, 4	2, 3, 4	9	0, 1	2, 3, 4	0, 1, 2, 3, 4	9	0, 1, 2, 3, 4	9	0, 1, 2, 3, 4	9	0, 1, 2, 3, 4										
max				max				max		max		max		max	max	max	max	max					
10	8	6	10	9	7	5	9	5	4	4	3	2,5	6	5	3	2	1,5						
10	8	6	10	9	7	5	9	5	4	4	3	2,5	6	5	3	2	1,5						
12	9	7	12	10	8	6	10	6	5	5	4	4	7	6	3	2,5	2						
14	11	8	16	11	9	7	13	7	5	6	5	4	8	7	4	3	2						
16	13	10	20	14	11	8	16	9	7	7	5	4	10	8	5	3,5	2						
19	19	11	26	16	16	10	20	10	8	8	6	5	11	10	5	4	2,5						
23	23	14	30	19	19	11	25	11	8	9	7	5	14	11	6	5	2,5						
31	31	19	38	23	23	14	30	13	10	10	8	7	19	14	7	5	3,5						
38	38	23	—	25	25	15	—	15	11	11	8	8	23	15	8	6	4						
44	44	26	—	31	31	19	—	18	14	13	10	8	26	19	9	7	4						
50	50	30	—	35	35	21	—	20	15	15	11	10	30	21	10	8	5						
56	56	34	—	41	41	25	—	23	17	—	—	—	34	25	12	—	—						
63	63	38	—	48	48	29	—	28	21	—	—	—	38	29	14	—	—						
94	94	55	—	56	56	34	—	35	26	—	—	—	55	34	18	—	—						
125	125	75	—	75	75	45	—	—	—	—	—	—	75	45	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						

8

Einheiten: µm																Nennmaß des Außen-durchmessers <i>D</i> (mm)	
K _{ea}					S _D			S _{ea} (3)			V _{Cs} (4)						
Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 2	
max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	
15	8	5	3	1,5	8	4	1,5	8	5	1,5	5	2,5	1,5	2,5 (1)	6	18	
15	8	5	3	1,5	8	4	1,5	8	5	1,5	5	2,5	1,5	2,5	18	30	
15	9	6	4	2,5	8	4	1,5	8	5	2,5	5	2,5	1,5	2,5	—	—	
20	10	7	5	2,5	8	4	1,5	8	5	2,5	5	2,5	1,5	30	50	—	
25	13	8	5	4	8	4	1,5	10	5	4	6	3	1,5	50	80	—	
35	18	10	6	5	9	5	2,5	11	6	5	8	4	2,5	80	120	—	
40	20	11	7	5	10	5	2,5	13	7	5	8	5	2,5	120	150	—	
45	23	13	8	5	10	5	2,5	14	8	5	8	5	2,5	150	180	—	
50	25	15	10	7	11	7	4	15	10	7	10	7	4	180	250	—	
60	30	18	11	7	13	8	5	18	10	7	11	7	5	250	315	—	
70	35	20	13	8	13	10	7	20	13	8	13	8	7	315	400	—	
80	40	23	—	—	15	—	—	23	—	—	15	—	—	400	500	—	
100	50	25	—	—	18	—	—	25	—	—	18	—	—	500	630	—	
120	60	30	—	—	20	—	—	30	—	—	20	—	—	630	800	—	
140	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	800	1000	—	
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1000	1250	—	
190	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1250	1600	—	
220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1600	2000	—	
250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000	2500	—	

9

10

11

12

13

14

Tabelle 8.3 Toleranzen für metrische Kegelrollenlager

Tabelle 8.3.1 Toleranzen für Bohrungsdurchmesser von Innenringen und Laufgenauigkeit

Nennmaß des Bohrungs- durchmessers <i>d</i> (mm)	Δ_{dmp}				Δ_{ds}		V_{dp}				V_{dmp}					
	Normal Klasse 6X		Klasse 6 Klasse 5		Klasse 4		Klasse 4		Normal Klasse 6X	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Normal Klasse 6X	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4
	über	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	max	max	max	max	max	max	max	max
10 18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-5	8	7	5	4	6	5	5	4
18 30	0	-10	0	-8	0	-6	0	-6	10	8	6	5	8	6	5	4
30 50	0	-12	0	-10	0	-8	0	-8	12	10	8	6	9	8	5	5
50 80	0	-15	0	-12	0	-9	0	-9	15	12	9	7	11	9	6	5
80 120	0	-20	0	-15	0	-10	0	-10	20	15	11	8	15	11	8	5
120 180	0	-25	0	-18	0	-13	0	-13	25	18	14	10	19	14	9	7
180 250	0	-30	0	-22	0	-15	0	-15	30	22	17	11	23	16	11	8
250 315	0	-35	0	-25	0	-18	0	-18	35	—	—	—	26	—	—	—
315 400	0	-40	0	-30	0	-23	0	-23	40	—	—	—	30	—	—	—
400 500	0	-45	0	-35	0	-27	0	-27	—	—	—	—	—	—	—	—
500 630	0	-50	0	-40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
630 800	0	-75	0	-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Anmerkungen 1. Die Ausschußseite (Toleranzobergrenze) des Bohrungsdurchmessers wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung r (max) von der Stirnfläche.

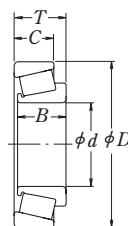
Tabelle 8.3.2 Toleranzen für Außenringdurchmesser und Laufgenauigkeit

Nennmaß des Außen- durchmessers <i>D</i> (mm)	Δ_{Dmp}				Δ_{Ds}		V_{dp}				V_{dmp}					
	Normal Klasse 6X		Klasse 6 Klasse 5		Klasse 4		Klasse 4		Normal Klasse 6X	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Normal Klasse 6X	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4
	über	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	max	max	max	max	max	max	max	max
18 30	0	-9	0	-8	0	-6	0	-6	9	8	6	5	7	6	5	4
30 50	0	-11	0	-9	0	-7	0	-7	11	9	7	5	8	7	5	5
50 80	0	-13	0	-11	0	-9	0	-9	13	11	8	7	10	8	6	5
80 120	0	-15	0	-13	0	-10	0	-10	15	13	10	8	11	10	7	5
120 150	0	-18	0	-15	0	-11	0	-11	18	15	11	8	14	11	8	6
150 180	0	-25	0	-18	0	-13	0	-13	25	18	14	10	19	14	9	7
180 250	0	-30	0	-20	0	-15	0	-15	30	20	15	11	23	15	10	8
250 315	0	-35	0	-25	0	-18	0	-18	35	25	19	14	26	19	13	9
315 400	0	-40	0	-28	0	-20	0	-20	40	28	22	15	30	21	14	10
400 500	0	-45	0	-33	0	-23	0	-23	45	—	—	—	34	—	—	—
500 630	0	-50	0	-38	0	-28	0	-28	50	—	—	—	38	—	—	—
630 800	0	-75	0	-45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
800 1000	0	-100	0	-60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

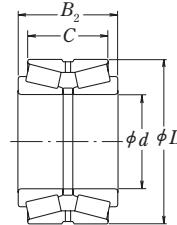
Anmerkungen 1. Die Ausschußseite (Toleranzuntergrenze) der Außendurchmesser wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung r (max) von der Stirnfläche.

Einheiten: μm

K_{ia}				S_d		S_{ia}
Normal Klasse 6X	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 4
max	max	max	max	max	max	max
15	7	3.5	2.5	7	3	3
18	8	4	3	8	4	4
20	10	5	4	8	4	4
25	10	5	4	8	5	4
30	13	6	5	9	5	5
35	18	8	6	10	6	7
50	20	10	8	11	7	8
60	25	13	10	13	8	10
70	30	15	12	15	10	14
70	35	18	14	19	13	17
85	40	20	—	22	—	—
100	45	22	—	27	—	—

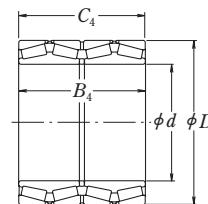
Einheiten: μm

K_{ea}				S_d		S_{ea}
Normal Klasse 6X	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 4
max	max	max	max	max	max	max
18	9	6	4	8	4	5
20	10	7	5	8	4	5
25	13	8	5	8	4	5
35	18	10	6	9	5	6
40	20	11	7	10	5	7
45	23	13	8	10	5	8
50	25	15	10	11	7	10
60	30	18	11	13	8	10
70	35	20	13	13	10	13
80	40	23	15	15	11	15
100	50	25	18	18	13	18
120	60	30	—	20	—	—
120	75	35	—	23	—	—



8

9



10

11

12

13

14

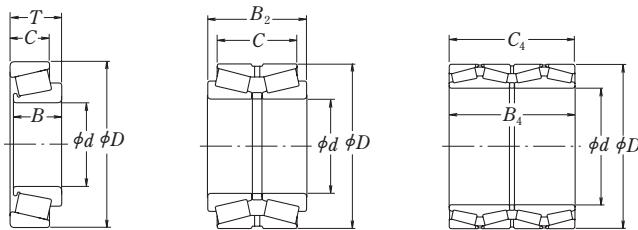
Tabelle 8.3 Toleranzen für metrische Ausführungen

Tabelle 8.3.3 Toleranzen für Breite, gesamte Lagerbreite,

Nennmaß des Bohrungs- durchmessers <i>d</i> (mm)	Δ_{Bs}				Δ_{Cs}				Δ_{Ts}			
	Normal Klasse 6		Klasse 5 Klasse 4		Normal Klasse 6		Klasse 5 Klasse 4		Normal Klasse 6		Klasse 5 Klasse 4	
	über	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
10 18	0	-120	0	-50	0	-200	0	-120	0	-100	0	-200
18 30	0	-120	0	-50	0	-200	0	-120	0	-100	0	-200
30 50	0	-120	0	-50	0	-240	0	-120	0	-100	0	-240
50 80	0	-150	0	-50	0	-300	0	-150	0	-100	0	-300
80 120	0	-200	0	-50	0	-400	0	-200	0	-100	0	-400
120 180	0	-250	0	-50	0	-500	0	-250	0	-100	0	-500
180 250	0	-300	0	-50	0	-600	0	-300	0	-100	0	-600
250 315	0	-350	0	-50	0	-700	0	-350	0	-100	0	-700
315 400	0	-400	0	-50	0	-800	0	-400	0	-100	0	-800
400 500	0	-450	—	—	0	-800	0	-450	—	—	0	-800
500 630	0	-500	—	—	0	-800	0	-500	—	—	0	-800
630 800	0	-750	—	—	0	-800	0	-750	—	—	0	-800
									+200	0	+100	0
									+200	0	+100	0
									+200	0	+100	0
									+200	0	+100	0
									+200	0	+100	0
									+350	-250	+150	0
									+350	-250	+200	0
									+400	-400	+200	0
									+600	-600	+600	-600

Anmerkungen Die tatsächliche Breite eines Innenrings mit Rollensatz T_1 wird als Gesamtlagerbreite eines Innenrings mit Rollensatz und Meister-Außenring definiert.

Die Nennbreite eines Außenrings T_2 wird als Gesamtlagerbreite eines Außenrings mit Meister-Innenring mit Rollensatz definiert.

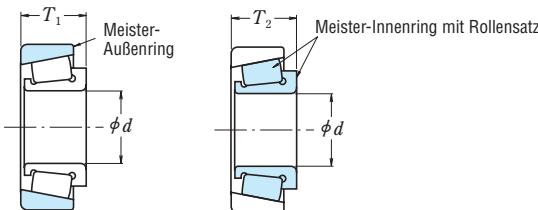


Kegelrollenlager
und Breite von gepaarten Lagern

Einheiten: μm

Ringbreite mit Rollensatz ΔT_{1s}				Nennbreitenabweichung Außenring ΔT_{2s}				Gesamtbreitenabweichung gepaarter Lager ΔB_{2s} ΔC_{4s}				Nennmaß des Bohrungsdurchmessers d (mm)	
Normal		Klasse 6X		Normal		Klasse 6X		Alle Klassen zweireihiger Lager		Alle Klassen vierreihiger Lager			
ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	über	inkl.
+100	0	+50	0	+100	0	+50	0	+200	-200	-	-	10	18
+100	0	+50	0	+100	0	+50	0	+200	-200	-	-	18	30
+100	0	+50	0	+100	0	+50	0	+200	-200	-	-	30	50
+100	0	+50	0	+100	0	+50	0	+300	-300	+300	-300	50	80
+100	-100	+50	0	+100	-100	+50	0	+300	-300	+400	-400	80	120
+150	-150	+50	0	+200	-100	+100	0	+400	-400	+500	-500	120	180
+150	-150	+50	0	+200	-100	+100	0	+450	-450	+600	-600	180	250
+150	-150	+100	0	+200	-100	+100	0	+550	-550	+700	-700	250	315
+200	-200	+100	0	+200	-200	+100	0	+600	-600	+800	-800	315	400
-	-	-	-	-	-	-	-	+700	-700	+900	-900	400	500
-	-	-	-	-	-	-	-	+800	-800	+1000	-1000	500	630
-	-	-	-	-	-	-	-	+1200	-1200	+1500	-1500	630	800

8



9

10

11

12

13

14

Tabelle 8.4 Toleranzen für Kegelrollenlager in Zollabmessungen

Tabelle 8.4.1 Toleranzen für den Bohrungsdurchmesser des Innenrings

Einheiten: μm

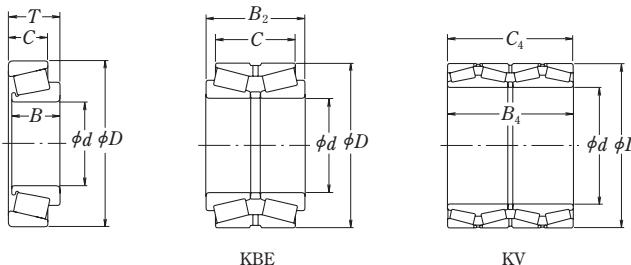
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers <i>d</i>				Δ_{ds}							
über		inkl		Klasse 4, 2				Klasse 3, 0		Klasse 00	
(mm)	1/25,4	(mm)	1/25,4	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
76200	30000	76200	30000	+13	0	+13	0	+8	0		
266700	105000	266700	105000	+25	0	+13	0	+8	0		
		304800	120000	+25	0	+13	0	—	—		
304800	120000	609600	240000	+51	0	+25	0	—	—		
609600	240000	914400	360000	+76	0	+38	0	—	—		
914400	360000	1 219200	480000	+102	0	+51	0	—	—		
1 219200	480000	—	—	+127	0	+76	0	—	—		

Tabelle 8.4.2 Toleranzen für den Außendurchmesser des Außenrings

Nennmaß des Außendurchmessers <i>D</i>				Δ_{Ds}							
über		inkl		Klasse 4, 2				Klasse 3, 0		Klasse 00	
(mm)	1/25,4	(mm)	1/25,4	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
266700	105000	266700	105000	+25	0	+13	0	+8	0		
304800	120000	304800	120000	+25	0	+13	0	+8	0		
		609600	240000	+51	0	+25	0	—	—		
609600	240000	914400	360000	+76	0	+38	0	—	—		
914400	360000	1 219200	480000	+102	0	+51	0	—	—		
1 219200	480000	—	—	+127	0	+76	0	—	—		

Tabelle 8.4.3 Toleranzen für die

Nennmaß des Bohrungsdurchmessers <i>d</i>				Δ_{Ts}									
über		inkl.		Klasse 4		Klasse 2		Klasse 3				Klasse 0, 00	
(mm)	1/25,4	(mm)	1/25,4	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
101600	40000	101600	40000	+203	0	+203	0	+203	-203	+203	-203	+203	-203
		304800	120000	+356	-254	+203	0	+203	-203	+203	-203	+203	-203
304800	120000	609600	240000	+381	-381	+381	-381	+203	-203	+381	-381	—	—
609600	240000	—	—	+381	-381	—	—	+381	-381	+381	-381	—	—



und radialer Rundlauf des Innen- und Außenrings

Einheiten: μm

$K_{\text{ia}}, K_{\text{ea}}$

Klasse 4	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 0	Klasse 00
max	max	max	max	max
51	38	8	4	2
51	38	8	4	2
51	38	18	—	—
76	51	51	—	—
76	—	76	—	—
76	—	76	—	—

8

9

10

Gesamtbreite und kombinierte Breite

Einheiten: μm

zweireihige Lager (KBE-Typ)

$\Delta_{B_{2s}}$

vierreihige Lager
(KV-Typ)
 $\Delta_{B_{4s}}, \Delta_{C_{4s}}$

Klasse 4		Klasse 2		Klasse 3		Klasse 0,00		Klasse 4, 3		11
				$D \leq 508000$ (mm)	$D > 508000$ (mm)	ob.	unt.	ob.	unt.	
ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	12
+406 +711	0 -508	+406 +406	0 -203	+406 +406	-406 -406	+406 +406	-406 -406	+406 +406	-406 -406	13
+762 +762	-762 -762	+762 -	-762 -	+406 +762	-406 -762	+762 +762	-762 -762	— —	— —	14
								+1524 +1524	-1524 -1524	
								+1524 +1524	-1524 -1524	

Tabelle 8.5 Toleranzen für Schulterkugellager
Tabelle 8.5.1 Toleranzen für Innenringe und

Nennmaß des Bohrungs- durchmessers <i>d</i> (mm)	Δ_{dmp}				V_{dp}			V_{dmp}			Δ_{Bs} (oder Δ_{Cs}) ⁽¹⁾						
	Normal		Klasse 6		Klasse 5		Normal	Klasse 6	Klasse 5	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Normal	Klasse 6	Klasse 5		
über inkl.	ob.	unt.	ob	unt	ob	unt	max	max	max	max	max	max	ob.	unt.	ob.	unt.	
2,5	10	0	-8	0	-7	0	-5	6	5	4	6	5	3	0	-120	0	-40
10	18	0	-8	0	-7	0	-5	6	5	4	6	5	3	0	-120	0	-80
18	30	0	-10	0	-8	0	-6	8	6	5	8	6	3	0	-120	0	-120

Hinweis ⁽¹⁾ Die Breitenabweichung und -schwankung eines Außenrings wird entsprechend des Innenrings desselben Lagers festgelegt.

Anmerkungen Die Ausschußseite (Toleranzobergrenze) der Bohrungsdurchmesser wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung r (max) von der Stirnseite.

Tabelle 8.5.2 Toleranzen für

Nennmaß des Außen- durchmessers <i>D</i> (mm)	Δ_{Dmp}									V_{Dp}						
	Lagerreihen E				Lagerreihen EN											
	Normal		Klasse 6		Klasse 5		Normal		Klasse 6		Klasse 5		Normal	Klasse 6	Klasse 5	
über inkl.	ob.	unt.	ob.	unt	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	max	max	max	
6	18	+8	0	+7	0	+5	0	0	-8	0	-7	0	-5	6	5	4
18	30	+9	0	+8	0	+6	0	0	-9	0	-8	0	-6	7	6	5
30	50	+11	0	+9	0	+7	0	0	-11	0	-9	0	-7	8	7	5

Anmerkungen Die Ausschußseite (Toleranzuntergrenze) der Außendurchmesser wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung r (max) von der Stirnseite.

Breiten von Außenringen

Einheiten: μm

V_{Bs} (oder V_{Cs}) ⁽¹⁾		Δ_{Ts}		K_{ia}			S_d	S_{ia}
Normal Klasse 6	Klasse 5	Normal Klasse 6 Klasse 5		Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 5	Klasse 5
max	max	ob.	unt.	max	max	max	max	max
15	5	+120	-120	10	6	4	7	7
20	5	+120	-120	10	7	4	7	7
20	5	+120	-120	13	8	4	8	8

Außenringe

Einheiten: μm

V_{Dmp}			K_{ea}			S_{ea}	S_D
Normal	Klasse 6	Klasse 5	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 5	Klasse 5
max	max	max	max	max	max	max	max
6	5	3	15	8	5	8	8
7	6	3	15	9	6	8	8
8	7	4	20	10	7	8	8

8

9

10

11

12

13

14

Tabelle 8.6 Toleranzen für Axialkugellager
Tabelle 8.6.1 Toleranzen für Bohrungsdurchmesser von Wellenscheiben und Laufgenauigkeit

Einheiten: μm											
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers d oder d_2 (mm)		Δ_{dmp} oder Δ_{d2mp}				V_{dp} oder V_{d2p}		S_i oder S_e (1)			
		Normal Klasse 6 Klasse 5		Klasse 4		Normal Klasse 6 Klasse 5	Klasse 4	Normal	Klasse 6	Klasse 5	Klasse 4
über	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	max	max	max	max	max	
—	18	0	—8	0	—7	6	5	10	5	3	2
18	30	0	—10	0	—8	8	6	10	5	3	2
30	50	0	—12	0	—10	9	8	10	6	3	2
50	80	0	—15	0	—12	11	9	10	7	4	3
80	120	0	—20	0	—15	15	11	15	8	4	3
120	180	0	—25	0	—18	19	14	15	9	5	4
180	250	0	—30	0	—22	23	17	20	10	5	4
250	315	0	—35	0	—25	26	19	25	13	7	5
315	400	0	—40	0	—30	30	23	30	15	7	5
400	500	0	—45	0	—35	34	26	30	18	9	6
500	630	0	—50	0	—40	38	30	35	21	11	7
630	800	0	—75	0	—50	—	—	40	25	13	8
800	1000	0	—100	—	—	—	—	45	30	15	—
1000	1250	0	—125	—	—	—	—	50	35	18	—

Hinweise (1) Für zweiseitig wirkende Lager hängt die Schwankung der Scheibendicke nicht vom Bohrungsdurchmesser d_2 ab, sondern vom Wert d für einseitig wirkende Lager mit demselben Wert D in der gleichen Durchmesserreihe. Die Schwankung der Scheibendicke der Gehäusescheibe S_e gilt nur für Axiallager in flacher Ausführung.

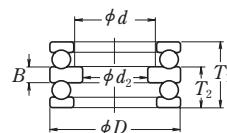
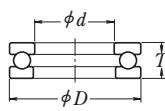
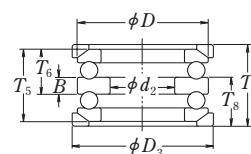
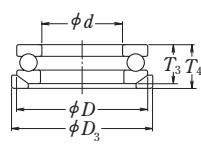


Tabelle 8.6.2 Toleranzen für den Außendurchmesser von Gehäusescheiben und einstellbare Unterlagscheiben

Nennmaß des Außendurchmessers des Lagers oder der einstellbaren Unterlagscheibe D oder D_3 (mm)		$\Delta_{D_{\text{mp}}}$				V_{D_p}		Einheiten: μm	
		Typ flache Ausführung		Typ einstellbare Unterlagscheibe				Einstellbare Unterlagscheibe Abweichung des Außendurchmessers $\Delta_{D_{\text{ss}}}$	
		ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	max	max
über	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	max	max
10	18	0	-11	0	-7	0	-17	8	5
18	30	0	-13	0	-8	0	-20	10	6
30	50	0	-16	0	-9	0	-24	12	7
50	80	0	-19	0	-11	0	-29	14	8
80	120	0	-22	0	-13	0	-33	17	10
120	180	0	-25	0	-15	0	-38	19	11
180	250	0	-30	0	-20	0	-45	23	15
250	315	0	-35	0	-25	0	-53	26	19
315	400	0	-40	0	-28	0	-60	30	21
400	500	0	-45	0	-33	0	-68	34	25
500	630	0	-50	0	-38	0	-75	38	29
630	800	0	-75	0	-45	0	-113	55	34
800	1000	0	-100	—	—	—	—	75	—
1000	1250	0	-125	—	—	—	—	—	—
1250	1600	0	-160	—	—	—	—	—	—

8

9



10

11

12

13

14

Tabelle 8.6.3 Toleranzen für die Höhe von Axialkugellagern und Wellenscheiben

 Einheiten: μm

Nennmaß des Bohrungs- durchmessers	Typ flache Ausführung		Typ einstellbare Unterlagscheibe		mit einstellbarer Unterlagscheibe		Höhenabweichung Wellenscheiben Δ_{Bs}						
	Δ_{T_s} oder $\Delta_{T_{2s}}$	$\Delta_{T_{1s}}$	$\Delta_{T_{3s}}$ oder $\Delta_{T_{6s}}$	$\Delta_{T_{5s}}$	$\Delta_{T_{4s}}$ oder $\Delta_{T_{8s}}$	$\Delta_{T_{7s}}$							
d (mm)	Normal, Klasse 6 Klasse 5, Klasse 4	Normal, Klasse 6 Klasse 5, Klasse 4	Normal Klasse 6	Normal Klasse 6	Normal Klasse 6	Normal, Klasse 6 Klasse 5, Klasse 4	Normal, Klasse 6 Klasse 5, Klasse 4						
über bis	ob unt	ob unt	ob unt	ob unt	ob unt	ob unt	ob unt						
—	30	0	-75	+50	-150	0	-75	+50	-150	+50	-75	0	-50
30	50	0	-100	+75	-200	0	-100	+75	-200	+50	-100	0	-75
50	80	0	-125	+100	-250	0	-125	+100	-250	+75	-125	+250	-250
80	120	0	-150	+125	-300	0	-150	+125	-300	+75	-150	+275	-300
120	180	0	-175	+150	-350	0	-175	+150	-350	+100	-175	+350	-350
180	250	0	-200	+175	-400	0	-200	+175	-400	+100	-200	+375	-400
250	315	0	-225	+200	-450	0	-225	+200	-450	+125	-225	+450	-450
315	400	0	-300	+250	-600	0	-300	+250	-600	+150	-275	+550	-550
												0	-200
												0	-250

Hinweise (1) Für zweiseitig wirkende Lager hängt die Klassifizierung vom Wert d für einseitig wirkende Lager vom gleichen Wert D aus derselben Durchmesserreihe ab.

Anmerkungen Δ_{Ts} in der Tabelle entspricht der Abweichung der entsprechenden Höhen T in den nachstehenden Abbildungen.

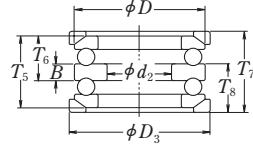
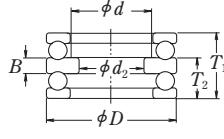
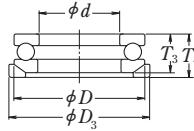
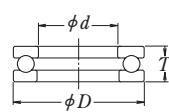


Tabelle 8.7 Toleranzen für Axialpendelrollenlager**Tabelle 8.7.1 Toleranzen für Bohrungsdurchmesser von Wellenscheiben und Höhe (Klasse Normal)**

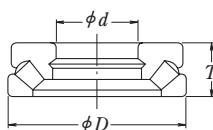
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers <i>d</i> (mm)				Δ_{dmp}	V_{dp}	Referenz		Einheiten: μm	
						S_d	Δ_{Ts}	ob.	unt.
über	inkl.	ob.	unt.	ob.	ob.	unt.	ob.	unt.	unt.
50	80	0	-15	11	25	+150	-150		
80	120	0	-20	15	25	+200	-200		
120	180	0	-25	19	30	+250	-250		
180	250	0	-30	23	30	+300	-300		
250	315	0	-35	26	35	+350	-350		
315	400	0	-40	30	40	+400	-400		
400	500	0	-45	34	45	+450	-450		

Anmerkungen Die Ausschußseite (Toleranzobergrenze) der Bohrungsdurchmesser wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung r (max) von der Stirnfläche.

Tabelle 8.7.2 Toleranzen für Gehäusescheiben**Durchmesser (Klasse: Normal)**Einheiten: μm

Nennmaß des Außendurchmessers <i>D</i> (mm)		Δ_{Dmp}	
über	inkl.	ob.	unt.
120	180	0	-25
180	250	0	-30
250	315	0	-35
315	400	0	-40
400	500	0	-45
500	630	0	-50
630	800	0	-75
800	1 000	0	-100

Anmerkungen Die Ausschußseite (Toleranzuntergrenze) der Außendurchmesser wie in dieser Tabelle gilt nicht notwendigerweise innerhalb der 1,2-fachen Entfernung der Kantenkürzung r (max) von der Stirnfläche.



8

9

10

11

12

13

14

Tabelle 8.8 Toleranzen für Instrumentenlager
Klasse 5P, Klasse 7P und Klasse 9P
(1) Toleranzen für Innenringe und

Nennbohrungsdurchmesser <i>d</i> (mm)	Δ_{dmp}		Δ_{ds}		V_{dp}		V_{dmp}		Δ_{Bs}
	Klasse 5P Klasse 7P		Klasse 9P		Klasse 5P Klasse 7P		Klasse 9P		Einreiheige Lg. Klasse 5P Klasse 7P Klasse 9P
	über	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	
— 10	0	—5,1	0	—2,5	0	—5,1	0	—2,5	2,5 1,3 2,5 1,3 0 —25,4
10 18	0	—5,1	0	—2,5	0	—5,1	0	—2,5	2,5 1,3 2,5 1,3 0 —25,4
18 30	0	—5,1	0	—2,5	0	—5,1	0	—2,5	2,5 1,3 2,5 1,3 0 —25,4

Hinweis ⁽¹⁾ Gilt für Lager, deren axiales Spiel (Vorspannung) durch die Kombination von zwei ausgewählten Lagern eingestellt wird.

Anmerkungen Für die Klasse 3P und die Toleranzen metrischer Instrumentenlager wird empfohlen NSK zu konsultieren.

(2) Toleranzen für

Nennmaß des Außen- durchmessers <i>D</i> (mm)	Δ_{Dmp}		Δ_{Ds}				V_{Dp}		V_{Dmp}				
	Klasse 5P Klasse 7P		Klasse 9P		Klasse 5P Klasse 7P		Klasse 9P		Klasse 5P Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P Klasse 7P	Klasse 9P	
	über	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	Offen	Gedichtete Ausf.	Offen	Offen	Gedichtete Ausf.	Offen
— 18	0	—5,1	0	—2,5	0	—5,1	+1	—6,1	0	—2,5	2,5 5,1 1,3 2,5 5,1 1,3		
18 30	0	—5,1	0	—3,8	0	—5,1	+1	—6,1	0	—3,8	2,5 5,1 2 2,5 5,1 2		
30 50	0	—5,1	0	—3,8	0	—5,1	+1	—6,1	0	—3,8	2,5 5,1 2 2,5 5,1 2		

Hinweise ⁽¹⁾ Gilt für Flanschbreitenschwankung von Flanschlagern.

⁽²⁾ Gilt für Flanschrückseiten.

(Zollabmessung)

(entspricht ANSI/ABMA)

Breiten von Außenringen

Einheiten: μm

(oder Δ_{Cs})	V_{Bs}			K_{ia}			S_{ia}			S_d		
	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P
Kombinierte Lg. ⁽¹⁾												
Klasse 5P	5,1	2,5	1,3	3,8	2,5	1,3	7,6	2,5	1,3	7,6	2,5	1,3
Klasse 7P												
Klasse 9P												
ob. unt.	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
0 -400	5,1	2,5	1,3	3,8	2,5	1,3	7,6	2,5	1,3	7,6	2,5	1,3
0 -400	5,1	2,5	1,3	3,8	2,5	1,3	7,6	2,5	1,3	7,6	2,5	1,3
0 -400	5,1	2,5	1,3	3,8	3,8	2,5	7,6	3,8	1,3	7,6	3,8	1,3

Außenringe

Einheiten: μm

V_{Cs} ⁽¹⁾						S_d			K_{ea}			S_{ea}			Abweichung des Flanschaußen-durchmessers $\Delta_{D_{1s}}$	Abweichung der Flanschbreite $\Delta_{C_{1s}}$	Rundlauf der Flansch-rückseite mit Laufbahn ⁽²⁾ S_{ea1}
Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 9P	Klasse 5P	Klasse 7P	Klasse 5P			
max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	ob.	unt.	ob.	unt.	max	
5,1	2,5	1,3	7,6	3,8	1,3	5,1	3,8	1,3	7,6	5,1	1,3	0	-25,4	0	-50,8	7,6	
5,1	2,5	1,3	7,6	3,8	1,3	5,1	3,8	2,5	7,6	5,1	2,5	0	-25,4	0	-50,8	7,6	
5,1	2,5	1,3	7,6	3,8	1,3	5,1	5,1	2,5	7,6	5,1	2,5	0	-25,4	0	-50,8	7,6	

8

9

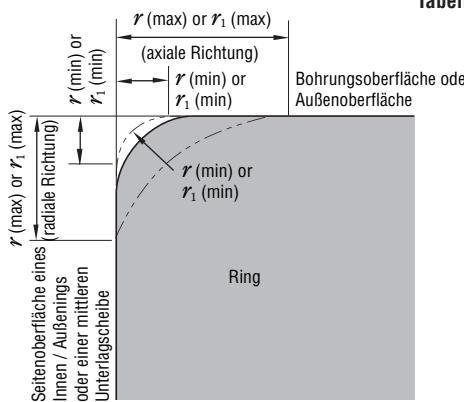
10

11

12

13

14



r : Kantenabmessungen des Innen- / Außerring

r_1 : Kantenabmessungen des Innen- / Außerring (Stirnseite) oder der mittleren Unterlegscheibe von Axialkugellagern

Anmerkungen Die genaue Form der Kantenoberflächen wurde nicht festgelegt, aber ihr Schnitt in der axialen Ebene sollte einen Bogenradius von r (min) oder r_1 (min) nicht überschreiden, bei Berührung der Stirnfläche eines Innenrings oder einer mittleren Wellenscheibe und Bohrungsoberfläche oder der Stirnfläche eines Außenrings und der Mantelfläche

Tabelle 8.9 Abmessungen der Kantenkürzungen (metrische Lager)

Tabelle 8.9.1 Abmessungen der Kantenkürzungen bei Radiallagern (außer Kegelrollenlager)

Einheiten: mm

Zulässige Kantenabmessungen bei Innen-/Außenringen r (min) oder r_1 (min)	Nennmaß des Bohrungsdurchmessers d	Zulässige Kantenabmessungen bei Innen-/Außenringen r (max) oder r_1 (max)		Referenz Kantenumfang an Welle oder Gehäuse r_a
		über	inkl.	
radiale Richtung	axiale Richtung	max		
0,05	—	—	0,1	0,05
0,08	—	—	0,16	0,08
0,1	—	—	0,2	0,1
0,15	—	—	0,3	0,15
0,2	—	—	0,5	0,2
0,3	—	40	0,6	1
	40	—	0,8	1
0,6	—	40	1	2
	40	—	1,3	2
1	—	50	1,5	3
	50	—	1,9	3
1,1	—	120	2	3,5
	120	—	2,5	4
1,5	—	120	2,3	4
	120	—	3	5
2	—	80	3	4,5
	80	220	3,5	5
	220	—	3,8	6
2,1	—	280	4	6,5
	280	—	4,5	7
2,5	—	100	3,8	6
	100	280	4,5	6
	280	—	5	7
3	—	280	5	8
	280	—	5,5	8
4	—	—	6,5	3
5	—	—	8	4
6	—	—	10	5
7,5	—	—	12,5	6
9,5	—	—	15	8
12	—	—	18	10
15	—	—	21	12
19	—	—	25	15

Anmerkungen Bei Lagern mit Breitenmaßen unter 2 mm ist der Wert von r (max) in axialer Richtung gleich dem in radialer Richtung.

Tabelle 8.9.2 Abmessungen der Kantenkürzungen bei Kegelrollenlagern

Zulässige Kantenabmessungen bei Innen-/Außenringen r (min)	Nennmaß der Bohrung oder des Außen-durchmessers (¹) d oder D	Einheiten: mm			Referenz	
		Zulässige Kantenabmessungen bei Innen-/Außenringen r (max)		Kantenradius an Welle oder Gehäuse r_a		
		über	inkl.	radiale Richtung	axiale Richtung	max
0,15	—	—	0,3	0,6	0,15	
0,3	—	40	0,7	1,4	0,3	
	40	—	0,9	1,6		
0,6	—	40	1,1	1,7	0,6	
	40	—	1,3	2,0		
1	—	50	1,6	2,5	1,0	
	50	—	1,9	3,0		
1,5	—	120	2,3	3,0	1,5	
	120	250	2,8	3,5		
	250	—	3,5	4,0		
2	—	120	2,8	4,0	2,0	
	120	250	3,5	4,5		
	250	—	4,0	5,0		
2,5	—	120	3,5	5,0	2,0	
	120	250	4,0	5,5		
	250	—	4,5	6,0		
3	—	120	4,0	5,5	2,5	
	120	250	4,5	6,5		
	250	400	5,0	7,0		
	400	—	5,5	7,5		
4	—	120	5,0	7,0	3,0	
	120	250	5,5	7,5		
	250	400	6,0	8,0		
	400	—	6,5	8,5		
5	—	180	6,5	8,0	4,0	
	180	—	7,5	9,0		
6	—	180	7,5	10,0	5,0	
	180	—	9,0	11,0		

Hinweis (¹) Innenringe werden durch d , Außenringe durch D klassifiziert.

Tabelle 8.9.3 Abmessungen der Kantenkürzungen von Axiallagern

Zulässige Kantenabmessungen für Wellen- (oder mittlere) / Gehäusescheiben r (min) oder r_1 (min)	Zulässige Kantenabmessungen für (mittlere) Wellenscheiben / Gehäusescheiben r (max) oder r_1 (max)	Einheiten: mm		Referenz
		Radiale oder axiale Richtung	Referenz	
0,05	0,1		0,05	
0,08	0,16		0,08	
0,10	0,2		0,1	
0,15	0,3		0,15	
0,2	0,5		0,2	
0,3	0,8		0,3	
0,6	1,5		0,6	
1	2,2		1	
1,1	2,7		1	
1,5	3,5		1,5	
2	4		2	
2,1	4,5		2	
3	5,5		2,5	
4	6,5		3	
5	8		4	
6	10		5	
7,5	12,5		6	
9,5	15		8	
12	18		10	
15	21		12	
19	25		15	

8

9

10

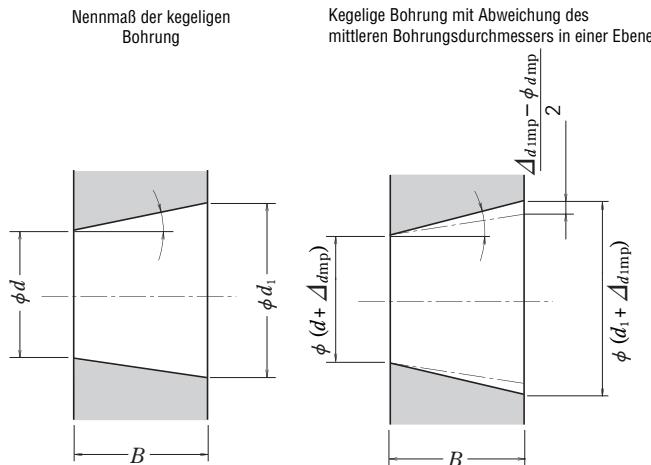
11

12

13

14

Tabelle 8.10 Toleranzen für kegelige Bohrungen (Klasse Normal)



d : Nennmaß des Bohrungsdurchmessers

d_1 : Sollmaß des größeren Bohrungsdurchmessers

Kegel 1:12 $d_1 = d + 1/12 B$

Kegel 1:30 $d_1 = d + 1/30 B$

Δ_{dmp} : Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene vom Sollmaß des kleineren Bohrungsdurchmessers

Δ_{d1mp} : Abweichung des mittleren Bohrungsdurchmessers in einer Ebene vom Sollmaß des größeren Bohrungsdurchmessers

V_{dp} : Schwankung des Bohrungsdurchmessers in einer einzelnen radialen Ebene

B : Nennbreite des Innenrings

α : Halber Kegelwinkel der kegeligen Bohrung

Kegel 1:12

$\alpha = 2^\circ 23' 9,4''$
 $= 2,38594^\circ$
 $= 0,041643 \text{ rad}$

Kegel 1:30

$\alpha = 0^\circ 57' 17,4''$
 $= 0,95484^\circ$
 $= 0,016665 \text{ rad}$

Kegel 1:12

Einheiten: μm

Nennmaß des Bohrungsdurchmessers d (mm)		Δ_{dmp}		$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$		V_{dp} (!) (2)
ob.	inkl.	ob.	unt.	ob.	unt.	max
18	30	+33	0	+21	0	13
30	50	+39	0	+25	0	16
50	80	+46	0	+30	0	19
80	120	+54	0	+35	0	22
120	180	+63	0	+40	0	40
180	250	+72	0	+46	0	46
250	315	+81	0	+52	0	52
315	400	+89	0	+57	0	57
400	500	+97	0	+63	0	63
500	630	+110	0	+70	0	70
630	800	+125	0	+80	0	—
800	1000	+140	0	+90	0	—
1000	1250	+165	0	+105	0	—
1250	1600	+195	0	+125	0	—

Hinweise (!) Gilt für alle radialen Ebenen kegeliger Bohrungen.

(2) Gilt nicht für Durchmesserreihen 7 und 8.

Kegel 1: 30

Einheiten: μm

Nennmaß des Bohrungsdurchmessers <i>d</i> (mm)	Δ_{dmp}		$\Delta_{\text{dimp}} - \Delta_{\text{dmp}}$		$V_{\text{dp}}^{(1)} {}^{(2)}$
	über inkl.	ob.	unt.	ob.	
80	120	+20	0	+35	22
120	180	+25	0	+40	40
180	250	+30	0	+46	46
250	315	+35	0	+52	52
315	400	+40	0	+57	57
400	500	+45	0	+63	63
500	630	+50	0	+70	70

Hinweise ⁽¹⁾ Gilt für alle radialen Ebenen kegeliger Bohrungen.⁽²⁾ Gilt nicht für Durchmesserreihen 7 und 8.

Anmerkungen Bei einem Wert über 630 mm wenden Sie sich bitte an NSK.

8.2 Auswahl der Genauigkeitsklasse

Für allgemeine Anwendungen sind in den meisten Fällen die Toleranzen der Toleranzklasse Normal ausreichend.

Für die nachfolgenden Anwendungen jedoch sind Lager mit einer Genauigkeitsklasse von 5, 4 oder höher besser geeignet.

Als Referenz sind in Tabelle 8.11 einige Anwendungsbeispiele und die passenden Toleranzklassen für verschiedene Lageranforderungen und Betriebsbedingungen aufgeführt.

8

Tabelle 8.11 Typische Toleranzklassen für spezielle Anwendungen (Referenz)

Lageranforderung, Betriebsbedingungen	Anwendungsbeispiele	Toleranzklassen	
Hohe Laufgenauigkeit	VTR Trommelspindeln	P5	
	Magnetplattenspindeln für Computer	P5, P4, P2	
	Hauptspindeln für Werkzeugmaschinen	P5, P4, P2	
	Rotationsdruckmaschinen	P5	
	Drehtisch für vertikale Pressen, usw.	P5, P4	
	Walzenzapfen von Stützwalzen in Kaltwalzwerken	Höher als P4	
	Schwenklager für Parabolantennen	Höher als P4	
Besonders hohe Drehzahlen	Dentalbohrer	Klasse 7P, Klasse 5P	10
	Gyroskope	Klasse 7P, P4	
	Hochfrequenzspindeln	Klasse 7P, P4	
	Kompressoren	P5, P4	
	Zentrifugalabscheider	P5, P4	
	Hauptwellen für Flugzeugtriebwerke	Höher als P4	
Geringes Reibmoment und geringe Reibmomentschwankung	Kardanringe von Gyroskopen	Klasse 7P, P4	11
	Servosysteme	Klasse 7P, Klasse 5P	
	Potentiometrische Steuerungen	Klasse 7P	

9

10

11

12

13

14

15

9. PASSUNGEN UND LAGERSPIEL

9.1 Passungen

9.1.1 Die Wichtigkeit geeigneter Passungen

Falls der Innenring eines Wälzlers nur mit leichtem Übermaß auf der Welle montiert wird, kann dies zu schädlichem Rutschen zwischen dem Innenring und der Welle führen. Dieses Rutschen des Innenrings, „Wandern“ genannt, führt zu einer Umfangsverschiebung des Rings im Verhältnis zur Welle, wenn die Presspassung nicht fest genug sitzt. Wenn solche „Wanderungen“ auftreten, reiben sich die Passflächen ab und verursachen Verschleiß und beträchtlichen Schaden an der Welle. Auch können durch den Eintritt abgeschliffener Metallpartikel in das Lagerinnere unerwünschte Erwärmung und Vibrationen entstehen.

Es ist wichtig, dieses Wandern zu verhindern. Dies wird erreicht, indem mit einem ausreichenden Übermaß der Ring gesichert wird, der sich entweder gegenüber der Welle oder dem Gehäuse dreht. Der Effekt des „Wanderns“ kann nicht immer nur durch die axiale Verspannung der Stirnflächen verhindert werden. Jedoch ist es normalerweise nicht notwendig, Presspassungen für Ringe vorzusehen, die nur Punktlast übertragen. Für bestimmte Betriebsbedingungen, oder um den Ein- und Ausbau zu erleichtern, werden Passungen manchmal ganz ohne Übermaß, weder für den Innen- noch den Außenring, hergestellt. Hier sollte eine Schmierung oder andere entsprechende Maßnahmen in Betracht gezogen werden, um Schäden an den Passflächen aufgrund von Wandern zu vermeiden.

9.1.2 Auswahl der Passungen

(1) Lastbedingungen und Passung

Die richtige Passung kann aus Tabelle 9.1 anhand der Belastung und der Betriebsbedingungen ausgewählt werden.

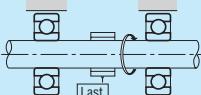
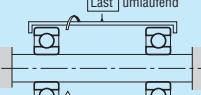
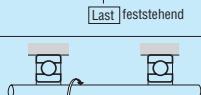
(2) Höhe der Belastung und Übermaß

Das Übermaß des Innenrings wird durch die Lagerbelastung geringfügig reduziert; aus diesem Grund sollte der Verlust des Übermaßes mit Hilfe der folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$\Delta d_F = 0,08 \sqrt{\frac{d}{B} F_r \cdot 10^{-3}} \quad \dots \dots \quad (N) \quad \left. \begin{array}{l} \Delta d_F = 0,25 \sqrt{\frac{d}{B} F_r \cdot 10^{-3}} \quad \dots \dots \quad \{kgf\} \end{array} \right\} \dots \dots \quad (9.1)$$

mit Δd_F : Minderung des Innenringübermaßes (mm)
 d : Bohrungsdurchmesser des Lagers (mm)
 B : Nennmaß Innenringbreite (mm)
 F_r : Radiallast am Lager (N), {kgf}

Tabelle 9.1 Lastbedingungen und Passungen

Lastangriff	Lagerbetrieb		Belastungsbedingungen	Passung	
	Innenring	Außenring		Innenring	Außenring
	umlaufend	feststehend	umlaufende Innenringlast feststehende Außenringlast	Feste Passung	Lose Passung
	feststehend	umlaufend			
	feststehend	umlaufend	umlaufende Außenringlast feststehende Innenringlast	Lose Passung	Feste Passung
	umlaufend	feststehend			
Unbestimmte Lastrichtung wegen Richtungsänderungen oder asymmetrischer Belastung	umlaufend oder feststehend	umlaufend oder feststehend	Lastrichtung unbestimmt	Feste Passung	Feste Passung

Deshalb sollte das tatsächliche Übermaß Δd größer sein als das Übermaß aus der Gleichung (9.1). Jedoch kann bei großen Belastungen, bei denen die Radiallast mehr als 20 % über der statischen Tragzahl C_{0r} liegt, das Übermaß unter Betriebsbedingungen zu gering sein. Deshalb sollte das Übermaß mit Hilfe der Gleichung (9.2) ermittelt werden:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta d \geq 0,02 \frac{F_r}{B} \cdot 10^{-3} \quad \dots \dots \dots \text{(N)} \\ \Delta d \geq 0,2 \frac{F_r}{B} \cdot 10^{-3} \quad \dots \dots \dots \text{(kgf)} \end{array} \right\} \dots \dots \dots \text{(9.2)}$$

mit Δd : Tatsächliches Übermaß (mm)
 F_r : Radiallast am Lager
(N), {kgf}
 B : Nennmaß Innenringbreite (mm)

(3) Übermaßänderung durch Temperaturunterschiede zwischen Lager und Welle oder Gehäuse

Das tatsächliche Übermaß nimmt wegen der ansteigenden Lagertemperatur während des Betriebs ab. Wenn der Temperaturunterschied zwischen dem Lager und dem Gehäuse ΔT (°C) ist, liegt der Temperaturunterschied zwischen den Passungsoberflächen der Welle und dem Innenring etwa bei (0,1-0,15) ΔT , falls die Welle gekühlt wird. Die Verringerung des Übermaßes des Innenrings aufgrund dieses Temperaturunterschieds Δd_T kann mit Hilfe folgender Gleichung (9.3) berechnet werden:

$$\Delta d_T = (0,10-0,15) \cdot \Delta T \cdot \alpha \cdot d \triangleq 0,0015 \Delta T \cdot d \cdot 10^3 \dots \dots \dots \text{(9.3)}$$

mit Δd_T : Passmaßminderung durch Temperaturunterschied am Innenring (mm)
 ΔT : Temperaturunterschied zwischen Lagerinnenseite und umliegenden Teilen °C
 α : Ausdehnungskoeffizient von Wälzlagerstahl = $12,5 \cdot 10^{-6}$ (1/°C)
 d : Nennmaß des Bohrungsdurchmessers des Lagers (mm)

Zusätzlich kann das Übermaß auch abhängig von Temperaturunterschieden zwischen Außenring und Gehäuse oder Unterschieden in den Ausdehnungskoeffizienten ansteigen.

(4) Tatsächliches Übermaß und Oberflächengüte der Welle und des Gehäuses

Da die Rauheit der Passflächen während der Passung reduziert wird, liegt das tatsächliche Übermaß unter

dem scheinbaren Übermaß. Wie stark sich das Übermaß verringert, hängt von der Oberflächenrauheit ab und kann mit Hilfe der folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$\text{Für geschliffene Wellen } \Delta d = \frac{d}{d+2} \Delta d_a \dots \dots \dots \text{(9.4)}$$

$$\text{Für gedrehte Wellen } \Delta d = \frac{d}{d+3} \Delta d_a \dots \dots \dots \text{(9.5)}$$

mit Δd : Tatsächliches Übermaß (mm)
 Δd_a : Scheinbares Übermaß (mm)
 d : Nennmaß des Bohrungsdurchmessers des Lagers (mm)

Gemäß den Gleichungen (9.4) und (9.5) liegt das tatsächliche Übermaß von Lagern mit einem Bohrungsdurchmesser von 30 bis 150 mm bei etwa 95 % des scheinbaren Übermaßes.

(5) Fugenpressung, Ringaufweitung und -schrumpfung

Wenn Lager auf einer Welle oder in einem Gehäuse mit Übermaß montiert werden, weiten sich die Ringe entweder auf oder sie schrumpfen und es entstehen Spannungen. Ein zu großes Übermaß kann Lager beschädigen; deshalb sollte das maximale Übermaß grundsätzlich unter etwa 7/10000 des Wellendurchmessers gehalten werden.

Der Druck zwischen Passflächen, Aufweitung oder Schrumpfung der Ringe und die Umfangsspannung können mit Hilfe der Gleichungen im Abschnitt 15.2 Passungen, Absatz (1), (Seiten A132 und 133) berechnet werden.

9.1.3 Empfohlene Passungen

Wie oben beschrieben, müssen bei der Auswahl der richtigen Passung viele Faktoren wie Größe und Art der Lagerbelastung, Temperaturunterschiede und Hilfsmittel für den Ein- und Ausbau berücksichtigt werden. Wenn das Gehäuse dünn ist oder das Lager auf einer Hohlwelle montiert wird, muss eine engere Passung als gewöhnlich verwendet werden. Ein geteiltes Gehäuse erzeugt im Lager oft eine ovale Verformung; deshalb sollten geteilte Gehäuse nicht verwendet werden, wenn eine feste Passung für den Außenring benötigt wird.

Die Passungen sowohl des Innen- als auch des Außenrings sollten in Anwendungen, in denen die Welle starke Vibratoren ausgesetzt ist, fest ausgeführt werden. Empfohlene Passungen für einige gebräuchliche Anwendungen sind in den Tabellen 9.2 bis 9.7 aufgeführt. Bei ungewöhnlichen Betriebsbedingungen wenden Sie sich bitte an NSK. Genauigkeitsangaben und die Oberflächenbeschaffenheit von Wellen und Gehäusen sind in Abschnitt 11.1 (Seite A102) beschrieben.

Tabelle 9.2 Wellenpassungen für Radiallager

Lastbedingungen	Beispiele	Wellendurchmesser (mm)			Wellen-toleranz	Anmerkungen	
		Kugellager	Zylinderrollen-lager, Kegelrollenlager	Pendelrollenlager			
Radiallager mit zylindrischen Bohrungen							
Umfangslast des Außenrings	Einfache axiale Verschiebung des Innenrings auf der Welle wünschenswert.	Räder an feststehenden Achsen	Alle Wellendurchmesser			g6	
	Einfache axiale Verschiebung des Innenrings auf der Welle nicht notwendig.	Spannrollen Seilscheiben				h6	
Umfangslast des Innenrings oder unbestimmte Lastrichtung	Leichte Belastungen oder wechselnde Belastungen ($<0.06C_r^{(1)}$)	Elektrische Haushaltsgeräte, Pumpen, Gebläse, Transportfahrzeuge, Präzisionsmaschinen, Werkzeugmaschinen	< 18	—	—	js5	
			18~100	< 40	—	js6 (j6)	
			100~200	40~140	—	k6	
			—	140~200	—	m6	
	Normale Belastungen (0,06 bis 0,13 $C_r^{(1)}$)	Allgemeiner Maschinenbau, Mittlere und große Motoren, Turbinen, Pumpen, Motorenhauptlager, Zahradgetriebe, Holzbearbeitungsmaschinen	< 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 ($>0.13C_r^{(1)}$)	Achslager für Züge, Industriefahrzeuge, Traktionsmotoren, Baugeräte, Brecher	—	—	über 500	r7	
			—	50~140	50~100	n6	
			—	140~200	100~140	p6	
			—	über 200	140~200	r6	
			—	—	200~500	r7	
Reine Axiallasten		Alle Wellendurchmesser			js6 (j6)	—	
Radiallager mit keglichen Bohrungen und Hülsen							
Alle Belastungarten	Allgemeiner Maschinenbau, Achslager für Züge, Getriebewelle, Holzbearbeitungs-spindeln	Alle Wellendurchmesser			h9/IT5	IT5 und IT7: Die Abweichung der Welle von ihrer wahren geometrischen Form, d.h. Rundheit und Zylindrität sollte innerhalb der Toleranzen von IT5 bzw. IT7 liegen.	
					h10/IT7		

Hinweis ⁽¹⁾ C_r steht für die dynamische Tragzahl des Lagers.

Anmerkungen Diese Tabelle bezieht sich nur auf massive Stahlwellen.

Tabelle 9.3 Wellenpassungen für Axiallager

Lastbedingungen		Beispiele	Wellendurchmesser (mm)	Wellen-toleranz	Anmerkungen
Reine Axiallast		Hauptspindel an Drehbänken	Alle Wellendurchmesser	h6 oder js6 (j6)	
Kombinierte Radial- und Axiallasten (Axial-pendelrollen-lager)	Punktlast des Innenrings	Kegelbrecher	Alle Wellendurchmesser	js6 (j6)	
Kombinierte Radial- und Axiallasten (Axial-pendelrollen-lager)	Umfangslast des Innenrings oder unbestimmt Lastrichtung	Papierzellstoff-veredler, Kunststoff-extruder	< 200	k6	
			200~400	m6	
			über 400	n6	

Tabelle 9.4 Gehäusepassungen für Radiallager

Lastbedingungen		Beispiele	Toleranzen für Gehäusebohrungen	Axiale Verschiebung des Außenrings	Anmerkungen	
Massive Gehäuse	Umfangslast des Außenrings	Große Lagerbelastungen in dünnwandigen Gehäusen oder große Stoßbelastungen	Kfz-Radnaben (Rollenlager) Räder fahrbärer Krane	P7	nicht möglich	—
		Normale oder große Belastungen	Kfz-Radnaben (Kugellager) Schwingsiebe	N7		
		Leichte oder unterschiedliche Belastungen	Förderrollen Seilscheiben Spannrollen	M7		
	unbestimmte Lastrichtung	Große Stoßbelastungen	Traktionsmotoren			
		Normale oder große Belastungen	Pumpen Kurbelwellen-hauptlager	K7	im allgemeinen nicht möglich	Axiale Verschiebung des Außenrings ist nicht erforderlich.
		Normale oder leichte Belastungen	Mittlere und große Motoren	JS7 (J7)	möglich	Axiale Verschiebung des Außenrings ist notwendig.
Massive oder geteilte Gehäuse	Umfangslast des Innenrings	Belastungen aller Art	Allgemeiner Maschinenbau, Achslager für Züge	H7	einfach möglich	—
		Normale oder leichte Belastungen	Lagergehäuse	H8		
		Hoher Temperaturanstieg des Innenrings durch Welle	Trockenzylinder in Papiermaschinen	G7		
	unbestimmte Lastrichtung	Genauer Lauf wünschenswert unter normalen oder leichten Belastungen	Schleifspindel (Rückseite) Kugellager Loslager in Zentrifugen	JS6 (J6)	möglich	—
			Schleifspindel (Frontseite) Kugellager Festlager in Zentrifugen	K6	im allgemeinen nicht möglich	Bei großen Belastungen wird eine engere Presspassung als K verwendet. Wenn hohe Genauigkeit benötigt wird, sollten sehr genaue Abmaße für die Passstelle verwendet werden.
Massives Gehäuse	Umfangslast des Innenrings	Akkurate Rundlaufgenauigkeit und hohe Steifigkeit unter verschiedenen Belastungen wünschenswert	Zylinderrollenlager für Hauptspindel der Werkzeugmaschine	M6 oder N6	nicht möglich	—
		Geräuscharmer Lauf ist erforderlich.	Elektrische Haushaltsgeräte	H6	einfach möglich	

Anmerkungen Diese Tabelle bezieht sich auf Gusseisen- und Stahlgehäuse. Für Gehäuse, die aus Leichtmetalllegierungen gefertigt sind, sollte das Übermaß kleiner sein als in dieser Tabelle angegeben.

9

10

11

12

13

14

15

Tabelle 9.5 Gehäusepassungen für Axiallager

Lastbedingungen		Lagerarten	Toleranzen für Gehäusebohrungen	Anmerkungen
Reine Axiallasten	Axialkugellager	Axialkugellager	Spiel über 0,25 mm	Für allgemeine Verwendung
			H8	Wenn Präzision erforderlich ist.
	Axialpendel- rollenlager Kegelrollen- lager mit steilem Kontaktwinkel	Außenring hat radiales Spiel.		Wenn radiale Belastungen durch andere Lager aufgenommen werden.
Kombinierte radiale und axiale Lasten	Punktlasten am Außenring	Axialpendel- rollenlager	H7 oder JS7 (J7)	—
	Umfangslast des Außenrings oder unbestimmte Lastrichtung		K7	Normale Belastungen
			M7	Relativ große radiale Belastungen

Tabelle 9.6 Wellenpassungen für Kegelrollenlager (Zollabmessungen)

(1) Lager der Genauigkeitsklassen 4 und 2

Einheiten: μm

Betriebsbedingungen		Nennmaß Bohrungsdurchmesser d			Bohrungsdurchmesser Toleranz Δ_{ds}		Wellendurchmesser Toleranz		Anmerkungen
		über (mm)	1/25,4	inkl. (mm)	1/25,4	ob.	unt.	ob.	unt.
Umfangslasten des Innenringes	Normale Belastungen	—	76,200	3,0000	+13	0	+38	+25	Bei Lagern mit $d \leq 152,4 \text{ mm}$, ist das Spiel normalerweise größer als CN.
		76,200	3,0000	304,800	+25	0	+64	+38	
		304,800	12,0000	609,600	+51	0	+127	+76	
		609,600	24,0000	914,400	+76	0	+190	+114	
	Große Belastungen Stoßbelastungen Hohe Drehzahlen	—	76,200	3,0000	+13	0	+64	+38	Normalerweise werden Lager mit einem Spiel größer als CN verwendet. ※ bedeutet, dass das durchschnittliche Übermaß etwa bei $0,0005 d$ liegt.
		76,200	3,0000	304,800	+25	0	※	※	
		304,800	12,0000	609,600	+51	0	※	※	
		609,600	24,0000	914,400	+76	0	+381	+305	
Umfangslasten des Außenringes	Normale Belastungen ohne Stoße	—	76,200	3,0000	+13	0	+13	0	Der Innenring kann nicht axial verschoben werden. Wenn große oder stoßartige Belastungen vorherrschen, gelten obenstehende Zahlen (Umfangslasten des Innenrings, große oder stoßartige Belastungen).
		76,200	3,0000	304,800	+25	0	+25	0	
		304,800	12,0000	609,600	+51	0	+51	0	
		609,600	24,0000	914,400	+76	0	+76	0	
	Große Belastungen Stoßbelastungen Hohe Geschwindigkeiten	—	76,200	3,0000	+13	0	0	-13	Der Innenring kann axial verschoben werden.
		76,200	3,0000	304,800	+25	0	0	-25	
		304,800	12,0000	609,600	+51	0	0	-51	
		609,600	24,0000	914,400	+76	0	0	-76	

(2) Lager der Genauigkeitsklassen 3 und 0 (')

Einheiten: μm

Betriebsbedingungen		Nennmaß Bohrungsdurchmesser d			Bohrungsdurchmesser Toleranz Δ_{ds}		Wellendurchmesser Toleranz		Anmerkungen
		über (mm)	1/25,4	inkl. (mm)	1/25,4	ob.	unt.	ob.	unt.
Umfangslasten des Innenringes	Präzisions-Werkzeugmaschinen Hauptspindeln	—	76,200	3,0000	+13	0	+30	+18	—
		76,200	3,0000	304,800	+13	0	+30	+18	
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	+64	+38	
		609,600	24,0000	914,400	+38	0	+102	+64	
	Große Belastungen Stoßbelastungen Hohe Geschwindigkeiten	—	76,200	3,0000	+13	0	—	—	Es wird ein Mindestübermaß von etwa $0,00025 d$ verwendet.
		76,200	3,0000	304,800	+13	0	—	—	
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	—	—	
		609,600	24,0000	914,400	+38	0	—	—	
Umfangslasten des Außenringes	Hauptspindeln an Werkzeugmaschinen	—	76,200	3,0000	+13	0	+30	+18	—
		76,200	3,0000	304,800	+13	0	+30	+18	
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	+64	+38	

Hinweis: (') Für Lager mit d größer als 304,8 mm existiert die Klasse 0 nicht.

Tabelle 9.7 Gehäusepassungen für Kegelrollenlager (Zollabmessungen)

(1) Lager der Genauigkeitsklassen 4 und 2

Einheiten: μm

Betriebsbedingungen	Nennmaß Außendurchmesser D				Außendurchmesser Toleranzen ΔD_s		Gehäusebohrungsdurchmesser Toleranzen		Anmerkungen	
	über		inkl.		ob.	unt.	ob.	unt.		
	(mm)	1/25,4	(mm)	1/25,4						
Umfangslasten des Innenrings	Verwendung entweder bei Fest- oder Loslagern	—	76,200	3,0000	+25	0	+76	+51	Der Außenring kann einfach axial verschoben werden.	
		76,200	3,0000	127,000	+25	0	+76	+51		
		127,000	5,0000	304,800	+25	0	+76	+51		
		304,800	12,0000	609,600	+51	0	+152	+102		
		609,600	24,0000	914,400	+76	0	+229	+152		
	Die Position des Außenrings ist axial anpassbar.	—	76,200	3,0000	+25	0	+25	0	Der Außenring kann axial verschoben werden.	
		76,200	3,0000	127,000	+25	0	+25	0		
		127,000	5,0000	304,800	+25	0	+51	0		
		304,800	12,0000	609,600	+51	0	+76	+25		
	Die Position des Außenrings kann nicht axial angepasst werden.	—	76,200	3,0000	+25	0	-13	-38	Der Außenring ist grundsätzlich axial befestigt.	
		76,200	3,0000	127,000	+25	0	-25	-51		
		127,000	5,0000	304,800	+25	0	-25	-51		
Umfangslasten des Außenrings	Normale Belastungen, die Position des Außenrings ist nicht axial anpassbar.	—	76,200	3,0000	+25	0	-13	-38	Der Außenring ist axial befestigt.	
		76,200	3,0000	127,000	+25	0	-25	-51		
		127,000	5,0000	304,800	+25	0	-25	-51		
		304,800	12,0000	609,600	+51	0	-25	-76		
		609,600	24,0000	914,400	+76	0	-25	-102		

(2) Lager der Genauigkeitsklassen 3 und 0⁽¹⁾Einheiten: μm

Betriebsbedingungen	Nennmaß Außendurchmesser D				Außendurchmesser Toleranzen ΔD_s		Gehäusebohrungsdurchmesser Toleranzen		Anmerkungen	
	über		inkl.		unt.	ob.	unt.	ob.		
	(mm)	1/25,4	(mm)	1/25,4						
Umfangslasten des Innenrings	Für Loslager	—	152,400	6,0000	+13	0	+38	+25	Der Außenring kann einfach axial verschoben werden.	
		152,400	6,0000	304,800	+13	0	+38	+25		
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	+64	+38		
		609,600	24,0000	914,400	+38	0	+89	+51		
		—	152,400	6,0000	+13	0	+25	+13		
	Für Festlager	152,400	6,0000	304,800	+13	0	+25	+13	Der Außenring kann axial verschoben werden.	
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	+51	+25		
		609,600	24,0000	914,400	+38	0	+76	+38		
		—	152,400	6,0000	+13	0	+13	0		
Umfangslasten des Außenrings	Die Position des Außenrings ist axial anpassbar.	152,400	6,0000	304,800	+13	0	+25	0	Der Außenring ist grundsätzlich axial befestigt.	
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	+25	0		
		609,600	24,0000	914,400	+38	0	+38	0		
		—	152,400	6,0000	+13	0	0	-13		
		152,400	6,0000	304,800	+13	0	0	-25		
	Die Position des Außenrings ist nicht axial anpassbar.	152,400	6,0000	304,800	+13	0	0	-25	Der Außenring ist axial befestigt.	
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	0	-25		
		609,600	24,0000	914,400	+38	0	0	-38		
		—	152,400	6,0000	+13	0	0	-13		
		76,200	3,0000	152,400	+13	0	-13	-25		
Umfangslasten des Außenrings	Normale Belastungen, die Position des Außenrings ist nicht axial anpassbar.	152,400	6,0000	304,800	+13	0	-13	-25	Der Außenring ist axial befestigt.	
		304,800	12,0000	609,600	+25	0	-13	-38		
		609,600	24,0000	914,400	+38	0	-13	-51		
		—	152,400	6,0000	+13	0	0	-13		
		76,200	3,0000	152,400	+13	0	-13	-25		

Hinweis (1) Für Lager mit D größer als 304,8 mm existiert Klasse 0 nicht.

9

10

11

12

13

14

9.2 Lagerspiel

9.2.1 Das Lagerspiel und seine Normen

Das Lagerspiel in Wälzlagern im Betrieb hat einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Lager, einschließlich Lebensdauer, Vibration, Geräuschpegel, Wärmeentwicklung, usw. Nachdem die Lagerart und -größe festgelegt wurden, ist die Wahl des richtigen Lagerspiels folglich eine der wichtigsten Aufgaben bei der Lagerauswahl.

Das Lagerspiel ist das kombinierte Spiel zwischen den Innen-/Außenringen und den Wälzkörpern. Das radiale und axiale Spiel ergibt den Gesamtwert, um den ein Ring im Verhältnis zu dem anderen in radialer bzw. axialer Richtung verschoben werden kann (Abb. 9.1).

Um genaue Messergebnisse zu erhalten, wird das Spiel normalerweise durch Aufbringen einer bestimmten Messlast auf das Lager gemessen; deshalb ist das gemessene Spiel (manchmal zur Unterscheidung auch „gemessenes Spiel“ genannt) immer etwas größer als das Soll-Lagerspiel (bei Radiallagern „geometrisches Spiel“ genannt). Dieser Unterschied entspricht der Größe der elastischen Verformung, die durch die Messlast verursacht wird.

Deshalb kann das Soll-Lagerspiel ermittelt werden, wenn das gemessene Spiel um den Betrag der elastischen Verformung korrigiert wird. Die elastische Verformung ist im Fall von Rollenlagern vernachlässigbar gering.

Das vor dem Einbau definierte Spiel entspricht dem Soll-Lagerspiel.

In Tabelle 9.8 sind Referenztabellen und Seitenzahlen nach Lagerarten aufgeführt.

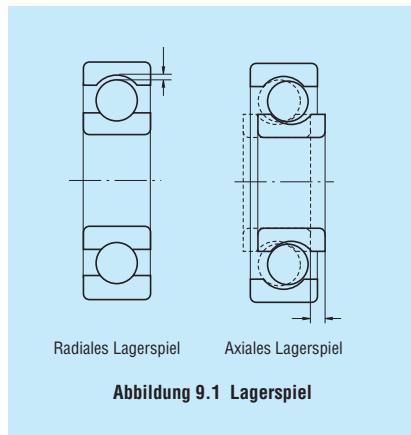


Tabelle 9.8 Tabelle für radiale Lagerspiele nach Lagerarten

Lagerarten	Tabelle	Seite
Rillenkugellager	9.9	A91
Miniaturlager	9.10	A91
Schulterkugellager	9.11	A91
Pendelkugellager	9.12	A92
Rillenkugellager	Für Motoren	9.13.1
Zylinderrollenlager		9.13.2
Zylinderrollenlager	Mit zylindrischen Bohrungen Mit zylindrischen Bohrungen (gepaart) Mit kegeligen Bohrungen (gepaart)	9.14
Pendelrollenlager	Mit zylindrischen Bohrungen Mit kegeligen Bohrungen	9.15
Zweireihiges und gepaartes Kegelrollenlager	9.16	A95
Gepaartes Schrägkugellager (¹)	9.17	A96
Vierpunktkugellager (¹)	9.18	A96

Hinweis (¹) Werte sind als axiales Lagerspiel angegeben.

Tabelle 9.9 Radiales Lagerspiel in Rillenkugellagern

Nennmaß Bohrungs- durchmesser <i>d</i> (mm)	Lagerspiel	Einheiten: μm									
		C2		CN		C3		C4		C5	
		über	inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max
10 (nur)		0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380	350	510
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520	490	690
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	760
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	840

Anmerkungen Um die gemessenen Werte zu erhalten, wird aus der nachfolgenden Tabelle der Korrekturwert für den Anstieg des Radialspiels, der durch die Messlast verursacht wurde, verwendet.

Für die Lagerspielklasse C2 sollte der kleinere Wert für Lager mit Mindestspiel und der größere Wert für Lager im Bereich des maximalen Spielbereiches verwendet werden.

Einheiten: μm

Nennmaß Bohrungs- Dmr. <i>d</i> (mm)	Messlast (N) (kgf)	Korrekturwert für Radialspiel				
		C2	CN	C3	C4	C5
		über	inkl.	über	inkl.	über
10 (inkl.)	18	24,5	{2,5}	3~4	4	4
18	50	49	{5}	4~5	5	6
50	280	147	{15}	6~8	8	9

Anmerkungen Bei Werten über 280 mm wenden Sie sich bitte an NSK.

Tabelle 9.10 Radiales Lagerspiel in Miniaturlagern

Lagerspiel- bezeichnung	Einheiten: μm					
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6
	min	max	min	max	min	max
Spiel	0	5	3	8	5	10
	8	13	13	20	20	28

Anmerkungen 1. Das Standard-Lagerspiel ist MC3.
2. Um den gemessenen Wert zu erhalten, wird der Korrekturwert aus der unteren Tabelle addiert.

Lagerspiel- bezeichnung	Einheiten: μm					
	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC6
Lagerspiel Korrekturwert	1	1	1	1	2	2

Die Messlasten sind wie folgt:

Miniaturlager* 2,5N (0,25 kgf)

Kleinlager* 4,4N (0,45 kgf)

* Die entsprechende Klassifizierung finden Sie in Tabelle 1 auf Seite B 33.

Tabelle 9.11 Radiales Lagerspiel in Schulterkugellagern

Nennmaß Bohrungs- durchmesser <i>d</i> (mm)	Lagerreihen		Lagerspiel		
	über	inkl.	min	max	
			EN	E	
10	2,5	30	10	50	
11			30	60	
12					
13					
14					

Tabelle 9.12 Radiales Lagerspiel in Pendelkugellagern

Nennmaß Bohrungs- Drm. <i>d</i> (mm)		Lagerspiel bei zylindrischen Bohrungen										Lagerspiel bei kegeligen Bohrungen										Einheiten: µm	
		C2		CN		C3		C4		C5		C2		CN		C3		C4		C5			
über	inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
2,5	6	1	8	5	15	10	20	15	25	21	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33	27	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35	30	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37	32	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39	34	52	7	17	13	26	20	33	28	42	37	55	44	62
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46	40	58	9	20	15	28	23	39	33	50	41	61	56	80
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53	46	66	12	24	19	35	29	46	40	59	52	72	65	80
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57	50	71	14	27	22	39	33	52	45	65	58	79	65	80
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69	62	88	18	32	27	47	41	61	56	80	73	99	73	99
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83	76	108	23	39	35	57	50	75	69	98	91	123	109	144
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96	89	124	29	47	42	68	62	90	84	116	100	139	130	170
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114	105	145	35	56	50	81	75	108	100	139	120	165	155	205
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135	125	175	40	68	60	98	90	130	120	165	140	191	180	240
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161	150	210	45	74	65	110	100	150	140	191	180	240		

Tabelle 9.13 Radiales Lagerspiel in Lagern für Elektromotoren

Tabelle 9.13.1 Rillenkugellager für Elektromotoren

Nennmaß Bohrungs- Drm. <i>d</i> (mm)		Lagerspiel				Anmerkungen		Einheiten: µm	
		CM		Empf. Passung					
über	inkl.	min	max	Welle	Gehäusebohrung				
10 (inkl)	18	4	11	js5 (j5)					
18	30	5	12						
30	50	9	17						
50	80	12	22	k5					
80	100	18	30						
100	120	18	30						
120	160	24	38	m5					

Anmerkungen Der der durch die Messlast verursachte Anstieg des Radialspieles ist gleich dem Korrekturwert für CN-Spiel (siehe Anmerkungen unter Tabelle 9.9).

Tabelle 9.13.2 Zylinderrollenlager für Elektromotoren

Nennmaß Bohrungs- Drm. <i>d</i> (mm)		Lagerspiel				Anmerkungen		Einheiten: µm	
		austauschbar CT		nicht austauschbar CM					
über	inkl.	min	max	min	max	Welle	Gehäusebohrung		
24	40	15	35	15	30	k5			
40	50	20	40	20	35				
50	65	25	45	25	40				
65	80	30	50	30	45				
80	100	35	60	35	55	m5			
100	120	35	65	35	60				
120	140	40	70	40	65				
140	160	50	85	50	80				
160	180	60	95	60	90				
180	200	65	105	65	100	n6			

Tabelle 9.14 Radiales Lagerspiel in Zylinderrollenlagern und massiven Nadellagern

Einheiten: μm

Nenn-Bohrg.-Drm. <i>d</i> (mm)	Lagerspiel in Lagern mit zylindrischen Bohrungen								Lagerspiel in nicht-austauschbaren Lagern mit zylindrischen Bohrungen															
	C2		CN		C3		C4		C5		CC1		CC2		CC (¹)		CC3		CC4		CC5			
über inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
—	0	25	20	45	35	60	50	75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90	5	15	10	20	20	30	35	45	45	55	65	75	—	
24	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95	5	15	10	25	25	35	40	50	50	60	70	80	—	
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105	5	15	12	25	25	40	45	55	55	70	80	95	—
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125	5	18	15	30	30	45	50	65	65	80	95	110	—
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140	5	20	15	35	35	50	55	75	75	90	110	130	—
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165	10	25	20	40	40	60	70	90	90	110	130	150	—
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190	10	30	25	45	45	70	80	105	105	125	155	180	—
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220	10	30	25	50	50	80	95	120	120	145	180	205	—
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245	10	35	30	60	60	90	105	135	135	160	200	230	—
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275	10	35	35	65	65	100	115	150	150	180	225	260	—
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300	10	40	35	75	75	110	125	165	165	200	250	285	—
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330	15	45	40	80	80	120	140	180	180	220	275	315	—
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365	15	50	45	90	90	135	155	200	200	240	305	350	—
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395	15	50	50	100	100	150	170	215	215	265	330	380	—
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440	20	55	55	110	110	165	185	240	240	295	370	420	—
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485	20	60	60	120	120	180	205	265	265	325	410	470	—
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535	20	65	65	135	135	200	225	295	295	360	455	520	—
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600	25	75	75	150	150	225	255	330	330	405	510	585	—
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665	25	85	85	170	170	255	285	370	370	455	565	650	—
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735	25	95	95	190	190	285	315	410	410	505	625	720	—

Hinweis (¹) CC bezeichnet das normale Lagerspiel für nicht-austauschbare Zylinderrollenlager und massive Nadellager.

Nenn-Bohrg.-Drm. <i>d</i> (mm)	Lagerspiel in nicht-austauschbaren Lagern mit kegeligen Bohrungen												Einheiten: μm													
	CC9 (¹)		CC0		CC1		CC2		CC (²)		CC3		CC4		CC5		CC9 (¹)		CC0		CC1		CC2		CC (²)	
über inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
10	24	5	10	—	—	10	20	20	30	35	45	45	55	55	65	75	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	30	5	10	8	15	10	25	25	35	40	50	50	60	60	70	80	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	40	5	12	8	15	12	25	25	40	45	55	55	70	70	80	95	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	50	5	15	10	20	15	30	30	45	50	65	65	80	80	95	110	125	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	65	5	15	10	20	15	35	35	50	55	75	75	90	90	110	130	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	80	10	20	15	30	20	40	40	60	70	90	90	110	110	130	150	170	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	100	10	25	20	35	25	45	45	70	80	105	105	125	125	150	150	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	120	10	25	20	35	25	50	50	80	95	120	120	145	145	170	170	205	205	230	230	260	260	285	285	320	320
120	140	15	30	25	40	30	60	60	90	105	135	135	160	160	190	190	230	230	260	260	295	295	335	335	375	375
140	160	15	35	30	50	35	65	65	100	115	150	150	180	180	215	215	260	260	295	295	335	335	375	375	420	420
160	180	15	35	30	50	35	75	75	110	125	165	165	200	200	240	240	285	285	320	320	360	360	400	400	430	430
180	200	20	40	30	50	40	80	80	120	140	180	180	220	220	260	260	315	315	355	355	400	400	440	440	475	475
200	225	20	45	35	60	45	90	90	135	155	200	200	240	240	285	285	350	350	395	395	435	435	480	480	520	520
225	250	25	50	40	65	50	100	100	150	170	215	215	265	265	315	315	380	380	430	430	480	480	530	530	570	570
250	280	25	55	40	70	55	110	110	165	185	240	240	295	295	350	350	420	420	475	475	530	530	585	585	630	630
280	315	30	60	—	—	60	120	120	180	205	265	265	325	325	385	385	470	470	530	530	585	585	640	640	690	690
315	355	30	65	—	—	65	135	135	200	225	295	295	360	360	430	430	520	520	585	585	640	640	700	700	760	760
355	400	35	75	—	—	75	150	150	225	255	330	330	405	405	480	480	585	585	660	660	720	720	785	785	840	840
400	450	40	85	—	—	85	170	170	255	285	370	370	455	455	540	540	650	650	735	735	815	815	880	880	940	940
450	500	45	95	—	—	95	190	190	285	315	410	410	505	505	600	600	720	720	815	815	890	890	960	960	1020	1020

Hinweis (¹) Lagerspiel CC9 bezieht sich auf Zylinderrollenlager mit kegeligen Bohrungen in den ISO Toleranzklassen 5 und 4.

(²) CC bezeichnet das normale Lagerspiel für nicht-austauschbare Zylinderrollenlager und massive Nadellager.

Tabelle 9.15 Radiales Lagerspiel in Pendelrollenlagern

Einheiten: μm

Nenn-Bohrg.-Drm. <i>d</i> (mm)		Lagerspiel bei zylindrischen Bohrungen								Lagerspiel bei kegeligen Bohrungen											
		C2		CN		C3		C4		C5		C2		CN		C3		C4		C5	
über	inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	180	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1000
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1100
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1230
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190	350	510	510	670	670	850	850	1090	1090	1360
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300	390	570	570	750	750	960	960	1220	1220	1500
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440	440	640	640	840	840	1070	1070	1370	1370	1690
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570	490	710	710	930	930	1190	1190	1520	1520	1860
1000	1120	290	530	530	780	780	1020	1020	1330	1330	—	530	770	770	1030	1030	1300	1300	1670	—	—
1120	1250	320	580	580	860	860	1120	1120	1460	1460	—	570	830	830	1120	1120	1420	1420	1830	—	—
1250	1400	350	640	640	950	950	1240	1240	1620	1620	—	620	910	910	1230	1230	1560	1560	2000	—	—

Tabelle 9.16 Radiales Lagerspiel in zweireihigen und gepaarten Kegelrollenlagern

Einheiten: μm

Bohrung Nennmaß Bohrungsdurchm. d (mm)		Lagerspiel									
		C1		C2		CN		C3		C4	
über	inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
—	18	0	10	10	20	20	30	35	45	50	60
18	24	0	10	10	20	20	30	35	45	50	60
24	30	0	10	10	20	20	30	40	50	50	60
										65	75
30	40	0	12	12	25	25	40	45	60	60	75
40	50	0	15	15	30	30	45	50	65	65	80
50	65	0	15	15	35	35	55	60	80	80	100
										110	130
65	80	0	20	20	40	40	60	70	90	90	110
80	100	0	25	25	50	50	75	80	105	105	130
100	120	5	30	30	55	55	80	90	115	120	145
										130	150
120	140	5	35	35	65	65	95	100	130	135	165
140	160	10	40	40	70	70	100	110	140	150	180
160	180	10	45	45	80	80	115	125	160	165	200
										200	230
180	200	10	50	50	90	90	130	140	180	180	220
200	225	20	60	60	100	100	140	150	190	200	240
225	250	20	65	65	110	110	155	165	210	220	270
										280	320
250	280	20	70	70	120	120	170	180	230	240	290
280	315	30	80	80	130	130	180	190	240	260	310
315	355	30	80	80	130	140	190	210	260	290	350
										370	420
355	400	40	90	90	140	150	200	220	280	330	390
400	450	45	95	95	145	170	220	250	310	370	430
450	500	50	100	100	150	190	240	280	340	410	470
										510	570
500	560	60	110	110	160	210	260	310	380	450	520
560	630	70	120	120	170	230	290	350	420	500	570
630	710	80	130	130	180	260	310	390	470	560	640
										700	770
710	800	90	140	150	200	290	340	430	510	630	710
800	900	100	150	160	210	320	370	480	570	700	790
900	1000	120	170	180	230	360	410	540	630	780	870
										980	1060
1000	1120	130	190	200	260	400	460	600	700	—	—
1120	1250	150	210	220	280	450	510	670	770	—	—
1250	1400	170	240	250	320	500	570	750	870	—	—

Anmerkungen Axiales Lagerspiel $\Delta_a = \Delta_r \cot \alpha = \frac{1,5}{e} \Delta_r$

mit:

 Δ_r : Radiales Lagerspiel α : Kontaktwinkel e : Konstante (siehe Lagertabellen)

9

10

12

13

14

Tabelle 9.17 Axiales Lagerspiel in gepaarten Schräkgugellagern (Gemessenes Spiel)

Nennmaß Bohrungs- durchmesser <i>d</i> (mm)		Axiales Lagerspiel										Einheiten: μm	
		Kontaktwinkel 30°				Kontaktwinkel 40°							
		CN		C3		C4		CN		C3		C4	
über	inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
—	10	9	29	29	49	49	69	6	26	26	46	46	66
10	18	10	30	30	50	50	70	7	27	27	47	47	67
18	24	19	39	39	59	59	79	13	33	33	53	53	73
24	30	20	40	40	60	60	80	14	34	34	54	54	74
30	40	26	46	46	66	66	86	19	39	39	59	59	79
40	50	29	49	49	69	69	89	21	41	41	61	61	81
50	65	35	60	60	85	85	110	25	50	50	75	75	100
65	80	38	63	63	88	88	115	27	52	52	77	77	100
80	100	49	74	74	99	99	125	35	60	60	85	85	110
100	120	72	97	97	120	120	145	52	77	77	100	100	125
120	140	85	115	115	145	145	175	63	93	93	125	125	155
140	160	90	120	120	150	150	180	66	96	96	125	125	155
160	180	95	125	125	155	155	185	68	98	98	130	130	160
180	200	110	140	140	170	170	200	80	110	110	140	140	170

Anmerkungen Diese Tabelle bezieht sich nur auf Lager der Toleranzklassen Normal und 6. Für das axiale Lagerspiel in Lagern der Toleranzklassen besser als 5 und Kontaktwinkeln von 15° und 25° wenden Sie sich bitte an NSK.

Tabelle 9.18 Axiales Lagerspiel in Vierpunktluftkugellagern (gemessenes Spiel)

Nennmaß Bohrungs- Dmr. <i>d</i> (mm)		Axiales Lagerspiel								Einheiten: μm	
		C2		CN		C3		C4			
über	inkl.	min	max	min	max	min	max	min	max		
10	18	15	55	45	85	75	125	115	165		
18	40	26	66	56	106	96	146	136	186		
40	60	36	86	76	126	116	166	156	206		
60	80	46	96	86	136	126	176	166	226		
80	100	56	106	96	156	136	196	186	246		
100	140	66	126	116	176	156	216	206	266		
140	180	76	156	136	196	176	246	226	296		
180	220	96	176	156	226	206	276	256	326		
220	260	115	196	175	245	225	305	285	365		
260	300	135	215	195	275	255	335	315	395		
300	350	155	235	215	305	275	365	345	425		
350	400	175	265	245	335	315	405	385	475		
400	500	205	305	285	385	355	455	435	525		

9.2.2 Auswahl der Lagerluft

Von den in der Tabelle aufgeführten Lagerspielen eignet sich das CN-Spiel für normale Betriebsbedingungen. Das Spiel nimmt von C2 bis C1 progressiv ab und von C3 bis C5 progressiv zu.

Unter normalen Betriebsbedingungen beträgt die Drehzahl des Innenringes etwa 50% der Grenzdrehzahl, die in den Lagertabellen aufgeführt ist, die Belastung liegt unterhalb des Normalbereichs ($P \leq 0,1C_r$) und das Lager sitzt fest auf der Welle.

Als Maßnahme zur Reduzierung des Lagerlaufgeräusches bei Elektromotoren liegt die Bandbreite des Radialspiels niedriger als in der normalen Klasse. Die Werte für Rillen-kugellager und Zylinderrollenlager für Elektromotoren sind etwas niedriger. (Siehe Tabelle 9.13.1 und 9.13.2)

Das Lagerspiel variiert je nach Passung und den Temperaturunterschieden während des Betriebs. Die Änderungen des Radialspiels in einem Kugellager sind in Abb. 9.2 aufgeführt.

(1) Abnahme des Radialspiels durch Passungen und Restlagerspiel

Wenn der Innenring oder Außenring fest auf der Welle oder im Gehäuse sitzt, verringert sich das Radialspiel durch eine Aufweitung oder Schrumpfung der Lagerringe. Diese Verringerung verändert sich je nach Lagerart und -größe und ist von der Wellen- oder Gehäusekonstruktion abhängig. Die Reduzierung liegt bei etwa 70 bis 90 % des Übermaßes (siehe Abschnitt 15.2 Passungen, Absatz (1), Seite A132 bis A135). Das Spiel wird nach Abzug dieser Verringerung vom Soll-Lagerspiel Δ_0 als Restlagerspiel Δ_r bezeichnet.

(2) Abnahme des radialen Lagerspiels durch Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenringen und tatsächlichem Spiel

Die während des Betriebs entstehende Reibungswärme wird von der Welle und dem Gehäuse nach außen geleitet. Da Gehäuse Wärme grundsätzlich besser ableiten als Wellen, liegt die Temperatur des Innenrings und der Wälzkörper normalerweise 5 bis 10 °C über der des Außenrings. Wenn die Welle erwärmt oder das Gehäuse abgekühlt wird, ist der Temperaturunterschied zwischen den Innen- und Außenringen größer. Das Radialspiel nimmt aufgrund der Wärmeausdehnung, die durch den Temperaturunterschied zwischen den Innen- und Außenringen entsteht, ab. Mit Hilfe der folgenden Gleichungen kann das Ausmaß dieser Verringerung berechnet werden:

mit

- δ : Verringerung des Radialspieles auf Grund von Temperaturunterschieden zwischen den Innen- und Außenringen (mm)
- α : Längenausdehnungskoeffizient von Lagerstahl = $12,5 \cdot 10^{-6}$ ($1/^\circ\text{C}$)
- Δ : Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenringen ($^\circ\text{C}$)
- D_e : Laufbahndurchmesser Außenring (mm)

für Kugellager

für Rollenlager

Zieht man δ_t vom Restlagerspiel Δ_t ab, erhält man das tatsächliche Lagerspiel Δ . Theoretisch kann die längste Lagerlebensdauer erwartet werden, wenn das tatsächliche Lagerspiel leicht negativ ist. Jedoch ist es schwierig, solch ideale Bedingungen zu erreichen, und übermäßig negatives Spiel kann die Lagerlebensdauer beträchtlich verkürzen. Deshalb sollte ein Spiel von 0 oder anstatt eines negativen ein leicht positiver Wert gewählt werden. Wenn einreihige Schräkgugellager oder Kegelrollenlager gegenüberliegend eingesetzt werden, sollte ein kleines tatsächliches Lagerspiel vorhanden sein, außer wenn eine Vorspannung benötigt wird. Wenn zwei Zylinderrollenlager mit einem Bord auf einer Seite gegenüberliegend eingesetzt werden, muss ein angemessenes Lagerspiel gewählt werden, um eine Längenausdehnung der Welle während des Betriebs zu ermöglichen.

Das Radialspiel für einige spezielle Anwendungen kann Tabelle 9.19 entnommen werden. Bei besonderen Betriebsbedingungen empfiehlt es sich NSK zu konsultieren.

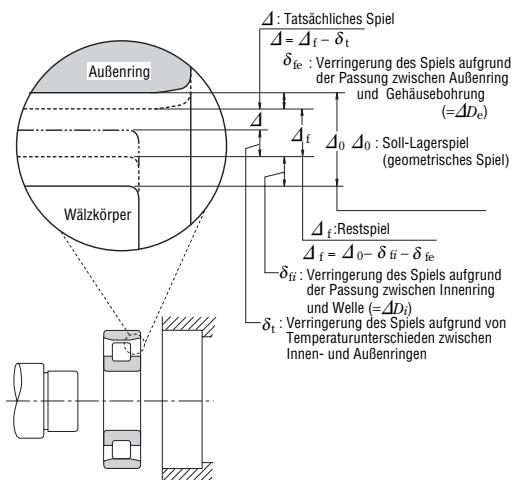


Abb. 9.2 Änderungen des radialen Lagerspieles

Tabelle 9.19 Beispiele für Lagerspiele in speziellen Anwendungen

Betriebsbedingungen	Beispiele	Lager-spiel	
Bei großer Wellenverformung	Halb schwimmende Radlagerungen in Automobilen	C5 oder ähnliches	9
Dampfdurchströmung von Hohlwellen oder Aufheizung von Andrückbügeln	Trockenpartien in Papiermaschinen Transportrollen in Walzwerken	C3, C4 C3	10
Bei starken Stoßkräften und Vibrationen oder wenn sowohl Innen- als auch Außenringe fest sitzen.	Traktionsmotoren für Eisenbahnen Schwingsiebe Flüssigkeitskupplung Getriebe für Traktoren	C4 C3, C4 C4 C4	11
Bei losem Sitz des Innen- und Außenrings	Walzenzapfen für Walzwerke	C2 oder ähnliches	12
Bei besonders leisem und vibrationsfreiem Lauf	Kleinmotoren mit besonderen Spezifikationen	C1, C2, CM	13
Bei eingestelltem Spiel, um Wellenverformung zu vermeiden, usw.	Hauptspindel von Drehbänken	CC9, CC1	14

10. VORSPANNUNG

Normalerweise verbleibt während des Betriebs ein gewisses Lagerspiel in den Wälzlagern. In einigen Fällen ist es jedoch von Vorteil, ein negatives Lagerspiel einzustellen, um die interne Spannung beizubehalten. Dies wird Vorspannung genannt. Eine Vorspannung wird für gewöhnlich für Lager vorgesehen, bei denen das Spiel während des Einbaus eingestellt werden kann, z.B. bei Schräkgugellagern oder Kegelrollenlagern. Für gewöhnlich werden zwei Lager in X- oder O-Anordnung eingebaut, um einen Zweiersatz mit Vorspannung zu erhalten.

10.1 Zweck der Vorspannung

Der Hauptzweck vorgespannter Lager sowie einige typische Anwendungsbeispiele sind:

- (1) Erhalt der Lager in ihrer exakten Position, sowohl radial als auch axial, und Erhalt der Rundlaufgenauigkeit der Welle
(z.B. Hauptwellen von Werkzeugmaschinen, Präzisionsinstrumente, etc.)
- (2) Erhöhung der Steifigkeit der Lager
(z.B. Hauptwellen von Werkzeugmaschinen, Ritzelwellen von Getrieben für Automobile, usw.)
- (3) Reduzierung des Geräuschpegels, der durch axiale Vibration und Resonanz verursacht wird
(z.B. Kleine Elektromotoren, usw.)
- (4) Verhinderung des Gleitens zwischen den Wälzkörpern und den Laufbahnen aufgrund von Kreiselmomenten
(z.B. Hochgeschwindigkeits- oder Hochbeschleunigungsanwendungen mit Schräkgugellagern und Axialkugellagern)
- (5) Erhalt der Wälzkörper mit den Lagerringen in ihrer korrekten Position
(z.B. Axialkugellager und Axialpendelrollenlager, auf einer horizontalen Welle.)

10.2 Vorspannarten

10.2.1 Starre Vorspannung

Eine starre Vorspannung wird erreicht, wenn zwei axial gegenüberliegende Lager so fixiert werden, dass sie Vorspannung haben. Nachdem sie einmal fixiert wurde, bleibt diese Position während des Betriebs unverändert.

In der Praxis kommen normalerweise drei Methoden zum Einsatz, um eine starre Vorspannung zu erreichen:

- (1) Durch Installation eines paarweise zusammengepassten Lagersatzes mit zuvor angepassten Abstandsmaßen (siehe Seite A7, Abb. 1.1) und axialen Lagerspiel.
- (2) Durch Verwendung eines passenden Zwischenringes oder einer U-Scheibe, um den notwendigen Abstand und die Vorspannung zu erreichen. (siehe Abb. 10.1)

- (3) Durch die Verwendung von Schrauben oder Muttern, um die axiale Vorspannung einzustellen. In diesem Fall sollte das Anlaufmoment gemessen werden, um die korrekte Vorspannung nachzuprüfen.

10.2.2 Federvorspannung

Eine Federvorspannung wird mit Hilfe einer Spiral- oder Blattfeder erzeugt. Auch wenn sich die relative Position der Lager während des Betriebs verändert, bleibt die Größe der Vorspannung relativ konstant (siehe Abb. 10.2)

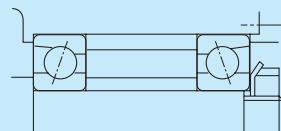


Abb. 10.1 Starre Vorspannung

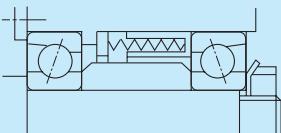


Abb. 10.2 Federvorspannung

10.3 Vorspannung und Steifigkeit

10.3.1 Starre Vorspannung und Steifigkeit

Mit der axialen Fixierung der Innenringe der Lager A und B wird der Spalt mit dem Abstand $2 \delta_{a0}$, wie in Abb. 10.3 dargestellt, eliminiert. Dann wird jedes Lager mit der Vorspannkraft F_{a0} vorgespannt. Abb. 10.4 zeigt den Steifigkeitsverlauf eines Lagersatzes als Beziehung zwischen der Belastung und den axialen Verschiebungen bei gegebener Axiallast F_a .

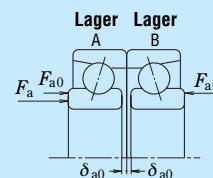


Fig. 10.3 Vorspannung eines Lagersatzes in O-Anordnung

10.3.2 Federvorspannung und Steifigkeit

Abb. 10.5 zeigt einen Steifigkeitsverlauf für gepaarte Lager unter Federvorspannung. Die Verformungskurve der Feder verläuft fast parallel zur Horizontalachse, da die Steifigkeit der Federn niedriger ist als die Lagersteifigkeit. Folglich ist die Steifigkeit unter einer Federvorspannung etwa gleich der eines einzelnen Lagers unter Vorspannung F_{a0} . Abb. 10.6 zeigt einen Vergleich der Lagersteifigkeiten bei starrer Vorspannung und bei Federvorspannung.

10.4 Auswahl der Vorspannart und -größe

10.4.1 Vergleich der Vorspannarten

Abb. 10.6 zeigt einen Steifigkeitsvergleich beider Vorspannmethoden. Starre Vorspannung und Federvorspannung können wie folgt verglichen werden:

- (1) Wenn beide Vorspannungen gleich sind, bietet die starre Vorspannung eine größere Lagersteifigkeit, d.h. die Verformung auf Grund externer Belastungen ist bei Lagern mit starrer Vorspannung geringer.
- (2) Bei der starren Vorspannung hängt die Vorspannung von folgenden Faktoren ab: der Differenz der axialen Ausdehnung auf Grund von Temperaturunterschieden zwischen Welle und Gehäuse, dem Unterschied in der radialen Ausdehnung durch Temperaturunterschiede zwischen den Innen- und Außenringen, der Verformung durch Belastung, usw.

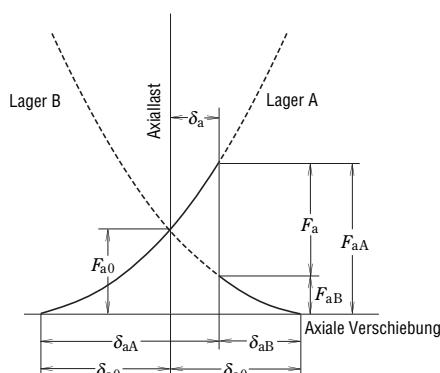


Abb. 10.4 Axiale Verschiebung bei starrer Vorspannung

Bei der Federvorspannung können jegliche Änderungen der Vorspannung minimiert werden, da die Abweichung der Federbelastung mit der Wellenaufweitung und -schrumpfung nebensächlich ist. Die vorausgegangenen Erläuterungen zeigen, dass eine starre Vorspannung grundsätzlich für bessere Steifigkeit vorzuziehen ist, während sich die Federvorspannung besser für Hochgeschwindigkeitsanwendungen, zur Vermeidung axiauer Vibratoren, für den Einsatz mit Axiallagern auf horizontalen Wellen, usw. eignet.

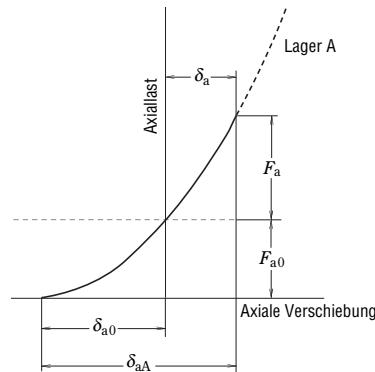


Abb. 10.5 Axiale Verschiebung bei Federvorspannung

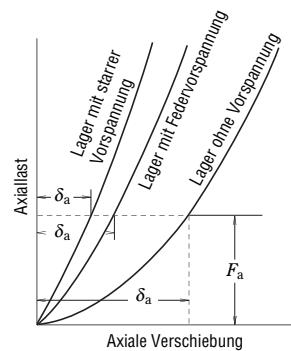


Abb. 10.6 Vergleich von Steifigkeiten und Vorspannmethoden

10.4.2 Wert der Vorspannung

Wenn die Vorspannung größer ist als notwendig, kann dies zu ungewünschter Wärmeentwicklung, zunehmenden Reibmomenten, verringriger Lebensdauer, usw. führen. Die Höhe der Vorspannkraft sollte sorgfältig unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen und dem Zweck der Vorspannung ermittelt werden.

(1) Vorspannen eines gepaarten Schräkgugellagers

Die durchschnittlichen Vorspannwerte für gepaarte Schräkgugellager (Kontaktwinkel von 15°) mit einer Genauigkeit höher als Klasse P5, die auf Hauptspindeln von Werkzeugmaschinen eingesetzt werden, sind in Tabelle 10.2 aufgeführt.

In Tabelle 10.1 stehen die empfohlenen Passungen, die zwischen Welle und Innenring und zwischen Gehäuse und Außenring verwendet werden. Passungen für Gehäuse sollten für Festlager im unteren Grenzbereich und für Loslager im oberen Grenzbereich liegen.

Grundsätzlich gilt, dass eine sehr leichte oder leichte Vorspannung für Schleifspindeln und die Hauptspindeln von Bearbeitungszentren gewählt werden sollte. Für Hauptspindeln von Drehbänken, die Steifigkeit erfordern, sollten hingegen mittlere Vorspannkräfte gewählt werden.

Wenn die Drehzahlen einen Wert von $D_{pw} \cdot n$ (d_{mN} -Wert) erreichen, der über 500000 liegt, sollte die Vorspannung sehr genau beurteilt und ausgewählt werden. In diesem Fall wenden Sie sich bitte zuerst an NSK.

Tabelle 10.1 Empfohlene Passungen für Spindellager mit Vorspannung

Einheiten: μm					
Nennmaß Bohrungs-Drm. d (mm)		Soll-Übermaß Welle	Nennmaß des Außen-Drm. D (mm)		Soll-Spiel Gehäuse
über	inkl.		über	inkl.	
—	18	0 ~	—	18	—
18	30	0 ~ 2,5	18	30	2~ 6
30	50	0 ~ 2,5	30	50	2~ 6
50	80	0 ~ 3	50	80	3~ 8
80	120	0 ~ 4	80	120	3~ 9
120	150	—	120	150	4~12
150	180	—	150	180	4~12
180	250	—	180	250	5~15

Tabelle 10.2 Vorspannungen für gepaarte

Tabelle 10.2.1 gepaarte Schräkgugellager der Reihe 79

Einheiten: N

Lager	Vorspannungen			
	Extra leichte Vorspannung EL	Leichte Vorspannung L	Mittlere Vorspannung M	Starke Vorspannung H
7900 C	7	15	29	59
7901 C	8,6	15	39	78
7902 C	12	25	49	100
7903 C	12	25	59	120
7904 C	19	39	78	150
7905 C	19	39	100	200
7906 C	24	49	100	200
7907 C	34	69	150	290
7908 C	39	78	200	390
7909 C	50	100	200	390
7910 C	50	100	250	490
7911 C	60	120	290	590
7912 C	60	120	290	590
7913 C	75	150	340	690
7914 C	100	200	490	980
7915 C	100	200	490	980
7916 C	100	200	490	980
7917 C	145	290	640	1270
7918 C	145	290	740	1470
7919 C	145	290	780	1570
7920 C	195	390	880	1770

Tabelle 10.2.2 gepaarte

Lager	Extra leichte Vorspannung EL	Leichte Vorspannung L
7000 C	12	25
7001 C	12	25
7002 C	14	29
7003 C	14	29
7004 C	24	49
7005 C	29	59
7006 C	39	78
7007 C	60	120
7008 C	60	120
7009 C	75	150
7010 C	75	150
7011 C	100	200
7012 C	100	200
7013 C	125	250
7014 C	145	290
7015 C	145	290
7016 C	195	390
7017 C	195	390
7018 C	245	490
7019 C	270	540
7020 C	270	540

(2) Vorspannen von Axialkugellagern

Wenn die Kugeln eines Axialkugellagers mit relativ hoher Geschwindigkeit umlaufen, kann durch Kreiselmomente an den Kugeln ein Gleiten auftreten. Der größere der beiden Werte, der sich aus den Gleichungen (10.1 und 10.2) ergibt, sollte als Mindestaxiallast übernommen werden, um das Gleiten zu verhindern.

$$F_{a \min} = \frac{C_{0a}}{100} \left(\frac{n}{N_{\max}} \right)^2 \quad \dots \dots \dots \quad (10.1)$$

$$F_{a \min} = \frac{C_{0a}}{1000} \quad \dots \dots \dots \quad (10.2)$$

(3) Vorspannen von Axialpendelrollenlagern

Wenn Axialpendelrollenlager eingesetzt werden, können während des Gleitens zwischen den Rollen und der Laufbahn des Außenrings Schäden wie gebrochene Ringe entstehen. Die Mindestaxiallast $F_{a \min}$ zur Vermeidung dieses Gleitens kann mit der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$F_{a \min} = \frac{C_{0a}}{1000} \quad \dots \dots \dots \quad (10.3)$$

mit $F_{a \min}$: Mindestaxiallast (N), {kgf}

n : Drehzahl (U/min)

C_{0a} : statische Tragzahl (N), {kgf}

N_{\max} : Grenzdrehzahl (Ölschmierung)
(U/min)

Schrägkugellager

Schrägkugellager der Reihe 70

Einheiten: N

Vorspannungen	
Mittlere Vorspannung M	Starke Vorspannung H
49	100
59	120
69	150
69	150
120	250
150	290
200	390
250	490
290	590
340	690
390	780
490	980
540	1080
540	1080
740	1470
780	1570
930	1860
980	1960
1180	2350
1180	2350
1270	2550

Tabelle 10.2.3 gepaarte Schrägkugellager der Reihe 72

Einheiten: N

		Vorspannungen			
Lager		Extra leichte Vorspannung EL	Leichte Vorspannung L	Mittlere Vorspannung M	Starke Vorspannung H
7200 C	14	29	69	150	10
	19	39	100	200	
	19	39	100	200	
7203 C	24	49	150	290	11
	34	69	200	390	
	39	78	200	390	
7206 C	60	120	290	590	12
	75	150	390	780	
	100	200	490	980	
7209 C	125	250	540	1080	13
	125	250	590	1180	
	145	290	780	1570	
7212 C	195	390	930	1860	14
	220	440	1080	2160	
	245	490	1180	2350	
7215 C	270	540	1230	2450	15
	295	590	1370	2750	
	345	690	1670	3330	
7218 C	390	780	1860	3730	16
	440	880	2060	4120	
	490	980	2350	4710	

11. GESTALTUNG VON WELLEN UND GEHÄUSEN

11.1 Genauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit von Wellen und Gehäusen

Wenn die Genauigkeit von Wellen oder Gehäusen nicht den Spezifikationen entspricht, beeinträchtigt dies die Funktion der Lager, sodass sie nicht ihre volle Leistung erbringen können. Beispielsweise kann eine Ungenauigkeit in der Rechtwinkligkeit der Wellenschulter einen Versatz der Innen- und Außenringe des Lagers verursachen. Durch die zusätzlich zur normalen Belastung auftretende Kantenbelastung kann die Lagerlebensdauer reduziert werden. Aus dem gleichen Grund können auch Käfigbruch und -fraß auftreten. Zur festen Abstützung der Lager sollten Gehäuse formstabil sein. Gehäuse mit sehr hoher Steifigkeit sind auch im Hinblick auf die Geräuschentwicklung und Lastverteilung vorteilhaft.

Unter normalen Betriebsbedingungen ist eine gedrehte oder fein gebohrte Bearbeitung für die Passungsoberfläche ausreichend; geräusch- und vibrationsarme Anwendungen oder hohe Belastungen erfordern jedoch geschliffene Ausführungen.

Wenn zwei oder mehr Lager in einem Einzelgehäuse montiert werden, sollten die Passungsoberflächen der Gehäusebohrung so konstruiert werden, dass beide Lagersitze in einem Arbeitsgang bearbeitet werden können. Im Fall von geteilten Gehäusen müssen die konstruktive Ausführung, Fertigungsgenauigkeit und Genauigkeit der Zusammenfügung so präzise beschaffen sein, dass die Außenringe des Lagers nicht unzulässig verformt werden. In Tabelle 11.1 sind Genauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit von Lagern und Gehäusen für normale Betriebsbedingungen aufgeführt.

Tabelle 11.1 Genauigkeit und Rauheit von Wellen und Gehäusen

Maß	Lagergenauigkeit	Welle	Gehäusebohrung
Toleranz für Rundheit	Normal, Klasse 6	IT3 ~ IT4 2 ~ 2	IT4 ~ IT5 2 ~ 2
	Klasse 5, Klasse 4	IT2 ~ IT3 2 ~ 2	IT2 ~ IT3 2 ~ 2
Toleranz für Zylindrizität	Normal, Klasse 6	IT3 ~ IT4 2 ~ 2	IT4 ~ IT5 2 ~ 2
	Klasse 5, Klasse 4	IT2 ~ IT3 2 ~ 2	IT2 ~ IT3 2 ~ 2
Toleranz für Schulterrundlauf	Normal, Klasse 6 Klasse 5, Klasse 4	IT3 IT3	IT3 ~ IT4 IT3
Mittenaufbauwert der Passflächen R_a	Kleinlager Großlager	0,8 1,6	1,6 3,2

Anmerkungen In dieser Tabelle sind allgemeine Empfehlungen zur Genauigkeit und Rauheit von Wellen- und Gehäusesitz aufgeführt: die Grundtoleranzklasse (IT) sollte entsprechend der Lagergenauigkeitssklasse ausgewählt werden. Die Maße für die Grundtoleranzen stehen in Tabelle 11 im Anhang (Seite C20).

In Fällen, in denen ein Außenring in die Gehäusebohrung mit einem Übermaß eingebaut wird, speziell bei Dünningringkugellagern, sollte die Genauigkeit der Welle und des Gehäuses höher sein, da dies direkte Auswirkungen auf die Lagerlaufbahn hat.

11.2 Schulter- und Hohlkehlenradius

Die Schultern von Wellen oder Gehäusen, die die Lagerstirnseite berühren, müssen exakt senkrecht zur Wellenoberfläche bzw. Gehäusebohrung stehen (siehe Tabelle 11.1). Bei einem Kegelrollenlager muss das Gehäuse an beiden Seiten des Lagers eine Freidrehung haben, die groß genug ist, dass eine Berührung des Käfigs ausgeschlossen ist.

Die Lagerringe dürfen nicht an der Hohlkehle von Welle bzw. Gehäuse anliegen. Daher muss der größte Kantenradius der Hohlkehle von Welle bzw. Gehäuse r_a kleiner als die kleinste Kantenkürzung $r_{(min)}$ bzw. $r_{1(min)}$ des Lagerrings sein.

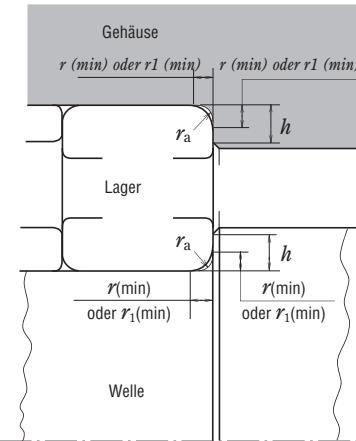


Abb. 11.1 Kantenkürzung, Hohlkehlenradius von Welle und Gehäuse sowie Schulterhöhen von Welle und Gehäuse und Schulterhöhe

Bei Radiallagern sollte die Höhe von Wellen- und Gehäuseschultern groß genug sein um eine ausreichende Bordunterstützung zu gewährleisten. Es sollte aber auch genügend Ringfläche über die Schulter ragen, um den Einsatz von Abziehwerkzeugen zu ermöglichen. Die empfohlenen Mindestschulterhöhen für metrische Ausführungen von Radiallagern stehen in Tabelle 11.2. Die Nennmaße für den Lagereinbau einschließlich sinnvoller Schulterabmessungen sind in den Lagertabellen aufgeführt. Ausreichende Schulterhöhen sind insbesondere zur Abstützung der Seitenborde von Kegel- und Zylinderrollenlagern, die hohen Axiallasten ausgesetzt sind, wichtig.

Die Werte von h und r_a aus Tabelle 11.2 sollten dann Anwendung finden, wenn die Form der Hohlkehle von Wellen oder Gehäusen der in Abb. 11.2 (a) entspricht. Die Werte aus Tabelle 11.3 dagegen werden für gewöhnlich in Verbindung mit einem Freistich bei geschliffenen Wellen angewendet (siehe Abb. 11.2 (b)).

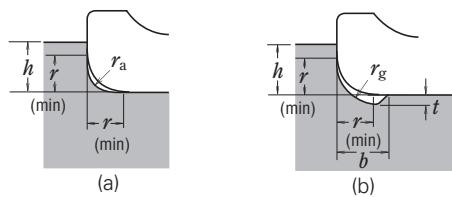
Tabelle 11.2 Empfohlene Mindestschulterhöhen bei metrischen Radiallagern

Einheiten: mm

Kantenkürzung r (min) oder r_1 (min)	Welle oder Gehäuse		
	Hohlkehlenradius r_a (max)	Mindestschulterhöhen h (min)	
		Rillenkugellager, Pendelkugellager, Zylinderrollenlager, Nadel Lager	Schrägkugellager, Kegelrollenlager, Pendelrollenlager
0,05	0,05	0,2	–
0,08	0,08	0,3	–
0,1	0,1	0,4	–
0,15	0,15	0,6	–
0,2	0,2	0,8	–
0,3	0,3	1	1,25
0,6	0,6	2	2,5
1	1	2,5	3
1,1	1	3,25	3,5
1,5	1,5	4	4,5
2	2	4,5	5
2,1	2	5,5	6
2,5	2	6	6
3	2,5	6,5	7
4	3	8	9
5	4	10	11
6	5	13	14
7,5	6	16	18
9,5	8	20	22
12	10	24	27
15	12	29	32
19	15	38	42

Anmerkungen

- Bei schweren Axiallasten muss die Schulterhöhe wesentlich über den aufgeföhrten Werten liegen.
- Der Rundungsradius der Schulterkehle gilt auch für Axiallager.
- In den Lagertabellen ist der Schulterdurchmesser statt der Schulterhöhe aufgeführt.

**Abb. 11.2 Kantenabstände, Rundungsradien und Schulterhöhen****Tabelle 11.3 Freistich an der Welle**

Einheiten: mm

Kantenkürzungen der Innen- und Außenringe r (min) oder r_1 (min)	Freistichabmessungen		
	t	r_g	b
1	0,2	1,3	2
1,1	0,3	1,5	2,4
1,5	0,4	2	3,2
2	0,5	2,5	4
2,1	0,5	2,5	4
2,5	0,5	2,5	4
3	0,5	3	4,7
4	0,5	4	5,9
5	0,6	5	7,4
6	0,6	6	8,6
7,5	0,6	7	10

Bei Axiallagern müssen Rechtwinkligkeit und Lage der Stützflächen passend sein. Bei Axialkugellagern sollte der Durchmesser der Gehäuseschulter D_a unter dem Teilkreisdurchmesser der Kugeln und der Durchmesser der Wellenschulter d_a über dem Teilkreisdurchmesser der Kugeln liegen (Abb. 11.3).

Für Axialrollenlager empfiehlt es sich, die Gesamtkontaktlänge zwischen den Rollen und Ringen durch Wellen- und Gehäuseschultern zu stützen (Abb. 11.4). Diese Durchmesser d_a und D_a sind in den Lagertabellen aufgeführt.

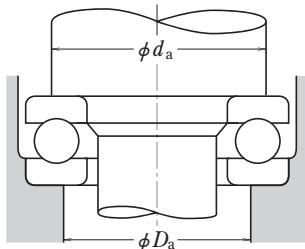


Abb. 11.3. Einbaumaße Axialkugellager

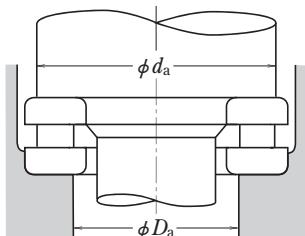


Abb. 11.4 Einbaumaße für Radialrollenlager

Abb. 11.4 Vorderseiten unterstützende Durchmesser für Axial-Rollenlager

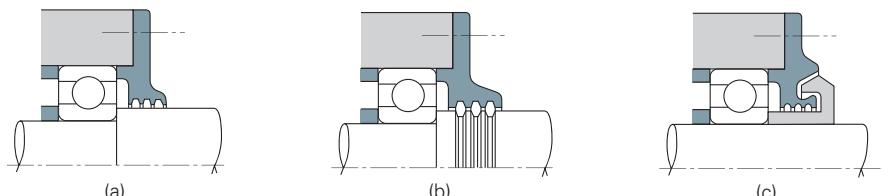


Abb. 11.5 Beispiele für Spaltdichtungen

11.3 Lagerdichtungen

Um eine möglichst lange Lagerlebensdauer zu gewährleisten, können Dichtungen verwendet werden, um das Austreten von Schmierstoffen und das Eindringen von Staub, Wasser und anderen schädlichen Stoffen wie Metallpartikeln zu verhindern. Die Dichtungen dürfen keine übermäßige Laufreibung verursachen und keinen Dichtungsverschleiß zulassen. Sie sollten auch einfach ein- und auszubauen sein. Für jede Anwendung muss unter Berücksichtigung der Schmiermethode die geeignete Dichtung ausgewählt werden.

11.3.1 Berührungsfreie Dichtungen

Es gibt verschiedene Dichtungsvarianten, die nicht mit der Welle in Berührung kommen: z.B. Schmiernuten, Schleuderringe und Labyrinthdichtungen. Mit diesen Dichtungen wird auf Grund ihres geringen Betriebsspiels für gewöhnlich eine zufriedenstellende Dichtleistung erreicht. Zentrifugalkräfte können auch dazu beitragen, interne Verunreinigungen und ein Austreten des Schmierstoffes zu verhindern.

(1) Spaltdichtungen

Die Wirksamkeit von Spaltdichtungen wird durch einen dünnen Spalt zwischen Welle und Gehäuse sowie durch eine Vielzahl von Nuten in der Gehäusebohrung oder Wellenoberfläche bzw. beidseitig erreicht. (Abb. 11.5 (a), (b)).

Wenn der Einsatz von einfachen Spaltdichtungen allein nicht ausreicht, wird (außer bei niedrigen Drehzahlen) oft ein Schleuder- oder ein Labyrinthring mit der Spaltdichtung kombiniert (Abb. 11.5 (c)). Staubeintritt wird verhindert, indem die Rillen mit einem Fett, dessen Walkpenetration bei etwa 200 liegt, geschmiert werden. Je dünner der Spalt zwischen Welle und Gehäuse, desto größer die Dichtwirkung; jedoch dürfen sich Welle und Gehäuse während des Betriebs nicht berühren. Die empfohlenen Spaltmaße stehen in Tabelle 11.4.

Die empfohlene Rillenbreite liegt bei etwa 3 bis 5 mm mit einer Tiefe von etwa 4 bis 5 mm. Wenn die Dichtung nur über Rillen erfolgt, sollten drei oder mehr Rillen vorhanden sein.

(2) Dichtung mit Schleuderring (Ölschleuderring)

Ein Schleuderring dient der Abweisung von Wasser und Staub mit Hilfe der Zentrifugalkräfte, die auf die Verunreinigungen wirken. Dichtungsmechanismen mit Schleuderringen im Gehäuse wie in Abb. 11.6 (a) und (b) sind hauptsächlich zur Vermeidung von Ölleckagen gedacht und werden in relativ staubfreien Umgebungen eingesetzt. Zentrifugalkräfte an den Schleuderringen, wie in Abb. 11.6 (c) und (d) dargestellt, verhindern das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit.

Tabelle 11.4 Spaltmaße für Spaltdichtungen an Wellen und Gehäusen

Einheiten: mm	
Nennmaß des Wellendurchmessers	Radialspalt
Unter 50	0,25 ~ 0,4
50-200	0,5 ~ 1,5

(3) Labyrinthdichtungen

Labyrinthdichtungen setzen sich aus ineinander verschrankten Segmenten zusammen, die an der Welle und am Gehäuse sitzen und durch einen sehr kleinen Spalt getrennt sind. Sie eignen sich besonders bei hohen Drehzahlen zur Vermeidung von Ölleckagen an der Welle.

Die in Abb. 11.7 (a) gezeigte Bauweise wird oft verwendet, weil sie einfach einzubauen ist, jedoch haben die in Abb. 11.7 (b) und (c) gezeigten Varianten eine bessere Dichtwirkung.

Tabelle 11.5 Labyrinthdichtungsspalte

Nennmaß des Wellendurchmessers	Labyrinthspalte	
	Radialspalt	Axialspalt
Unter 50	0,25 ~ 0,4	1 ~ 2
50-200	0,5 ~ 1,5	2 ~ 5

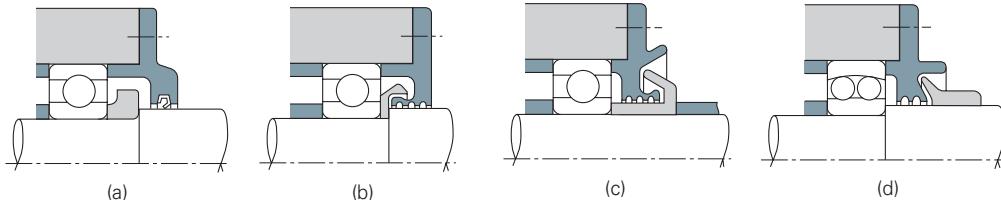


Abb. 11.6 Beispiele für Schleuderringe

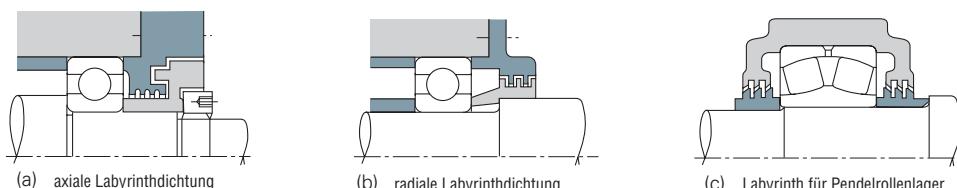


Abb. 11.7 Beispiele für Labyrinthdichtungen

11.3.2 Berührende Dichtungen

Die Wirkung von berührenden Dichtungen besteht im physischen Kontakt zwischen Welle und Dichtung. Sie können aus synthetischem Kautschuk, Kunstharz, Filz, usw. bestehen. Radial-Wellendichtringe mit Dichtlippen aus Kautschuk werden am häufigsten verwendet.

(1) Radial-Wellendichtringe

Viele Arten von Radial-Wellendichtringen werden eingesetzt, um Schmierstofffleckagen sowie das Eindringen von Staub, Wasser und anderen Fremdstoffen zu verhindern (Abb. 11.8 und 11.9).

Da viele Radial-Wellendichtringe mit Federringen ausgestattet sind, um die geeignete Anpresskraft zu erzeugen, sind die Öldichtungen bis zu einem gewissen Grad auch bei ungleichförmigen Rotationsbewegungen der Welle geeignet. Dichtlippen bestehen meist aus synthetischem Kautschuk mit Nitril, Acrylat, Silikon und Fluor. Tetrafluorethen wird ebenfalls verwendet. Die höchstzulässige Betriebstemperatur für die einzelnen Werkstoffe steigt entsprechend der vorgenannten Reihenfolge.

Radial-Wellendichtringe aus synthetischem Kautschuk können zu Problemen wie Überhitzung, Verschleiß und Fräß führen, wenn zwischen der Dichtlippe und der Welle kein Ölfilm besteht. Deshalb sollten die Dichtlippen beim Einbau der Dichtungen leicht geschmiert werden. Erwünscht ist auch eine regelmäßige Benetzung der Dichtfläche mit Schmierstoff von innen.

Die zulässige Umfangsgeschwindigkeit für Radial-Wellendichtringe variiert je nach Art der Oberflächengüte der Welle,

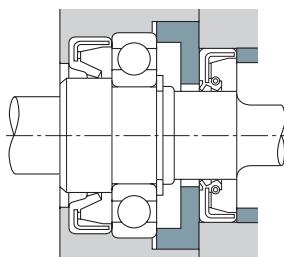


Abb. 11.8 Beispiel einer Öldichtung (1)

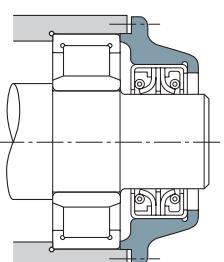


Abb. 11.9 Beispiel einer Öldichtung (2)

der abzudichtenden Flüssigkeit, Temperatur, Rundlauf, usw. Der Temperaturbereich für Radial-Wellendichtringe wird vom Werkstoff der Dichtlippen begrenzt. Die ungefähren Umfangsgeschwindigkeiten und die unter günstigen Bedingungen erlaubten Temperaturen sind in Tabelle 11.6 aufgeführt.

Wenn Radial-Wellendichtringe unter hohen Umfangsgeschwindigkeiten oder hohem Innendruck eingesetzt werden, muss die Kontaktfläche der Welle glatt bearbeitet sein und der Rundlauf sollte unter 0,02 bis 0,05 mm liegen.

Die Härte der Kontaktfläche der Welle sollte durch thermische Behandlung oder Hartchromung über HRC40 gesteigert werden um die Abriebfestigkeit zu erhöhen. Wenn möglich, wird eine Härte über HRC 55 empfohlen.

Richtwerte für die Bearbeitungsgüte von Kontaktflächen für verschiedene Umfangsgeschwindigkeiten von Wellen sind in Tabelle 11.7 angegeben.

(2) Filzdichtungen

Filzdichtungen gehören zu den einfachsten und gebräuchlichsten Dichtungen, die z.B. für Getriebewellen eingesetzt werden.

Da es beim Einsatz von Öl als Schmierstoff zum Aufweichen des Filzes und dann zu Leckagen kommen kann, wird diese Dichtungsart nur in Verbindung mit Fettbeschichtung verwendet, hauptsächlich, um das Eindringen von Staub und anderen Fremdkörpern zu vermeiden. Filzdichtungen eignen sich nicht für Umfangsgeschwindigkeiten über 4 m/s; deshalb sollten diese je nach Anwendungsbereich durch Synthetik-Kautschukdichtungen ersetzt werden.

Tabelle 11.6 Zulässige Umfangsgeschwindigkeiten und Temperaturbereiche für Radial-Wellendichtringe

Dichtungswerkstoffe	Zulässige Umfangsgeschwindigkeiten (m/s)	Betriebs-temperaturbereich(°C)(1)
Synthetik-kautschuk	Nitrilkautschuk	Unter 16
	Acrylkautschuk	Unter 25
	Silikonkautschuk	Unter 32
	Fluorhaltiger Kautschuk	Unter 32
Tetrafluorethylenharz	Unter 15	-50 bis +220

Hinweis (1) Die Obergrenze des Temperaturbereichs kann für kurze Betriebsintervalle um etwa 20 °C angehoben werden.

Tabelle 11.7 Umfangsgeschwindigkeiten und Güte der Kontaktflächen bei Wellen

Umfangs-geschwindigkeiten (m/s)	Mittenrauwert R_a
Unter 5	0,8
5 bis 10	0,4
über 10	0,2

12. SCHMIERUNG

12.1 Zweck der Schmierung

Die Schmierung dient hauptsächlich der Reduzierung von Reibung und Verschleiß in den Lagern, da diese sonst zum frühzeitigen Lagerausfall führen. Die Wirkung der Schmierung lässt sich wie folgt kurz erläutern:

(1) Reduzierung von Reibung und Verschleiß

Ein Ölfilm vermeidet die unmittelbare metallische Berührung zwischen den Einzelteilen des Lagers, den Lagerringen, Rollkörpern und dem Käfig, und verringert so die Reibung und den Verschleiß in den Kontaktbereichen.

(2) Verlängerung der Ermüdungslife

Die Ermüdungslife von Lagern hängt stark von der Viskosität und der Filmdicke zwischen den Wälzkontakteflächen ab. Ein starker Schmierfilm verlängert die Ermüdungslife, verkürzt diese jedoch, wenn die Viskosität des Öls zu niedrig und die Filmdicke demnach unzureichend ist.

(3) Ableitung der Reibungswärme und Kühlung

Mit der Umlaufschmierung kann Reibungswärme oder von außen übertragene Wärme abtransportiert werden, um so einer Überhitzung des Lagers und Ölvorschleiß vorzubeugen.

(4) Andere Auswirkungen

Eine angemessene Schmierung verhindert auch den Eintritt von Fremdmaterial in die Lager und schützt vor Korrosion und Rost.

12.2 Schmierungsarten

Die verschiedenen Schmierungsarten werden zuerst in Fett- oder Ölschmierung unterteilt. Durch den Einsatz der bestgeeigneten Schmierungsart für die jeweilige Anwendung und Betriebsbedingungen können zufriedenstellende Leistungswerte der Lager erzielt werden.

Im Allgemeinen bietet Öl eine herausragende Schmierleistung; jedoch erlaubt eine Fettschmierung einen einfacheren Aufbau der Peripherie. Tabelle 12.1 zeigt den Vergleich von Fett- und Ölschmierung.

Tabelle 12.1 Vergleich von Fett- und Ölschmierung

Bezeichnung	Fettschmierung	Ölschmierung
Gehäuseaufbau und Dichtungsmethode	einfach	Kann komplex sein, sorgfältige Wartung erforderlich.
Drehzahl	Grenzdrehzahl beträgt 65 % bis 80 % der Ölschmierung.	Höhere Grenzdrehzahl
Kühleffekt	schwach	Wärmeausleitung mit Zwangsumlauf möglich.
Fluidität	schwach	gut
Kompletter Schmierstoffaustausch	manchmal schwierig	einfach
Entfernen von Fremdkörpern	Entfernung der Partikel aus dem Fett ist nicht möglich.	einfach
Externe Verunreinigung durch Leckage	Umliegende Bereiche selten durch Leckagen verunreinigt.	Oft Leckagen ohne angemessene Gegenmaßnahmen. Nicht geeignet, wenn externe Verunreinigung vermieden werden soll.

12.2.1 Fettschmierung

(1) Fettmenge

Die Fettmenge, die für ein Gehäuse vorgesehen ist, hängt von der Gehäusekonstruktion und dem verfügbaren Raum, den Fetteigenschaften und der Umgebungstemperatur ab. Zum Beispiel benötigen Hauptspindeln von Werkzeugmaschinen, wo die Genauigkeit nur durch einen geringen Temperaturanstieg beeinträchtigt werden darf, nur eine kleine Menge Schmierfett. Die Schmierfettmenge für normale Lager wird wie folgt ermittelt:

Das Lager muss innen mit genügend Schmierfett gefüllt werden, einschließlich der Führungsseite des Käfigs. Der Anteil des verfügbaren Raumes innerhalb des Lagers, der mit Schmierfett gefüllt werden soll, hängt wie folgt von der Drehzahl ab:

1/2 bis 2/3 des Raums:

Wenn die Drehzahl weniger als 50 % der Grenzdrehzahl beträgt.

12

1/3 bis 1/2 des Raums:

Wenn die Drehzahl mehr als 50 % der Grenzdrehzahl beträgt.

13

14

(2) Schmierfettwechsel

Schmierfett muss, nachdem es gefüllt ist, normalerweise lange Zeit nicht nachgefüllt werden; jedoch sollte Schmierfett unter schweren Betriebsbedingungen regelmäßig nachgefüllt oder ausgewechselt werden. In diesen Fällen sollte das Lagergehäuse so konstruiert sein, dass einfaches Nachfüllen oder Auswechseln des Schmierstoffes möglich ist.

Wenn die Schmierfrist kurz ist, ist es wichtig, Befüllungs- und Abführungsstutzen an geeigneten Stellen vorzusehen, damit verbrauchtes Schmierfett durch frisches ersetzt werden kann. Beispiel: der Raum im Gehäuse auf der Seite des Lagers, auf der das Fett zugeführt wird, kann in mehrere Abschnitte mit Teilbereichen unterteilt werden. Das Schmierfett auf der unterteilten Seite läuft langsam durch die Lager, und altes Schmierfett, das auf der

gegenüberliegenden Lagerseite austritt, wird über einen Fettmengenregler abgeleitet (Abb. 12.1). Wenn kein Fettmengenregler verwendet wird, kann der Raum auf der Ablauflinie vergrößert gestaltet werden, sodass das alte Fett sich darin ansammeln und in periodischen Abständen durch Abnahme der Abdeckung entfernt werden kann.

(3) Schmierfristen

Auch wenn Schmierfett hoher Qualität eingesetzt wird, unterliegen seine Eigenschaften dem zeitlichen Verschleiß, darum ist es notwendig, den Schmierstoff regelmäßig nachzufüllen. Abb. 12.2 (1) und (2) zeigen die Schmierfristen für verschiedene Lagerarten mit unterschiedlichen Drehzahlen. Abb. 12.2 (1) und (2) gelten für die Eigenschaften von hochwertigem Lithiumseifen-Mineralölfett, einer Lagertemperatur von 70 °C und einer normalen Belastung ($P/C = 0,1$).

Temperatur

Wenn die Lagertemperatur über 70 °C steigt, muss für jeden Temperaturanstieg der Lager um weitere 15 °C die Schmierfrist um die Hälfte reduziert werden.

Fett

Besonders bei Kugellagern kann das Nachfüllintervall je nach eingesetztem Schmierfett verlängert werden. (Beispielsweise kann Lithiumseifen-Synthetikölfett die Schmierfrist um das Zweifache verlängern, siehe Abb. 12.2 (1). Wenn die Lagertemperatur unter 70 °C liegt, ist Lithiumseifen-Mineralölfett oder Lithiumseifen-Synthetikölfett geeignet.) Bitte wenden Sie sich zur Festlegung der richtigen Schmierung an NSK.

Belastung

Die Schmierfrist hängt von der Stärke der Lagerbelastung ab.

Siehe Abb. 12.2 (3).

Wenn P/C über 0,16 liegt, wenden Sie sich bitte an NSK.

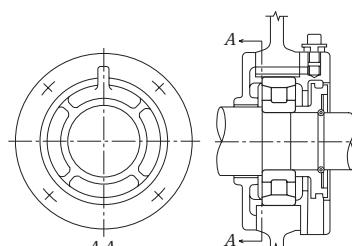
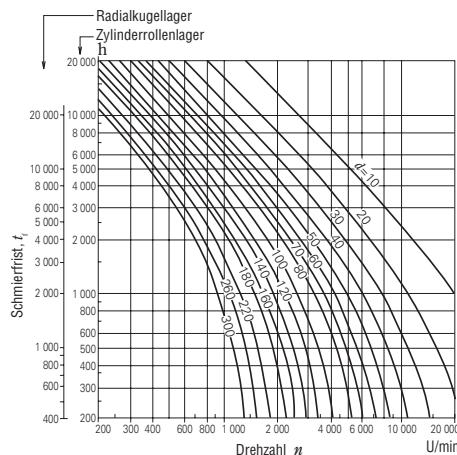


Abb. 12.1 Kombination untergliederter Fettbehälter und Fettventil



(4) Fettgebrauchsduauer bei gedichteten Kugellagern

Für gedichtete und befettete einreihige Rillenkugellager kann die Lebendsauer des Fettes mit der Gleichung (12.1) oder (12.2) oder Abb. 12.3 berechnet werden: (Mehrbereichsfett (1))

$$\log t = 6,54 - 2,6 \frac{n}{N_{\max}} - \left(0,025 - 0,012 \frac{n}{N_{\max}} \right) F \quad (12.1)$$

(Mehrbereichsfett (2))

$$\log t = 6,12 - 1,4 \frac{n}{N_{\max}} - \left(0,018 - 0,006 \frac{n}{N_{\max}} \right) F \quad (12.2)$$

mit t : Durchschnittliche Fettgebrauchsduauer, (h)

n : Drehzahl (U/min)

N_{\max} : Grenzdrehzahl mit Fettschmierung (U/min)
(Werte für ZZ- und VV-Typen stehen in den Lagertabellen)

T : Betriebstemperatur °C

Die Gleichungen (12.1) und (12.2) und Abb. 12.3 gelten unter den folgenden Bedingungen:

(a) Drehzahl, n

$$0,25 \leq \frac{n}{N_{\max}} \leq 1$$

$$\text{wenn } \frac{n}{N_{\max}} < 0,25, \text{ angenommen } \frac{n}{N_{\max}} = 0,25$$

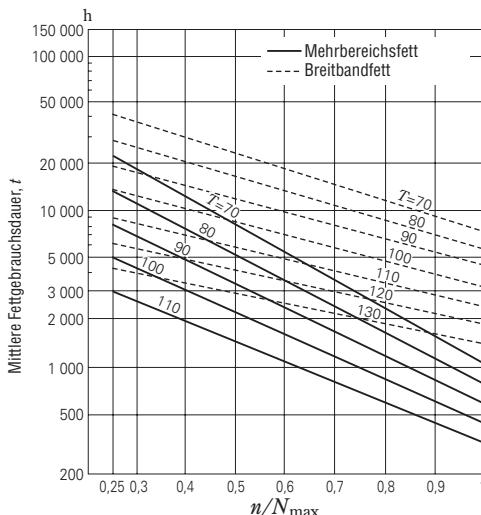


Abb. 12.3 Fettgebrauchsduauer von gedichteten Lagern

(b) Betriebstemperatur, T

Mehrbereichsfett (1)

70 °C ≤ T ≤ 110 °C

Breitbandfett (2)

70 °C ≤ T ≤ 130 °C

Wenn $T < 70$ °C wird $T = 70$ °C eingesetzt.

(c) Lagerbelastungen

Die Lagerbelastungen sollten ca. 1/10 oder weniger der nominellen Tragzahl C_r betragen.

Hinweise (1) Mineralölbasierte Fette (z.B. Lithiumseifen-Grundfett) werden oft für einen Temperaturbereich von -10 bis 110 °C eingesetzt.

(2) Grundfette aus Synthetiköl können für einen großen Temperaturbereich von 40 bis 130 °C verwendet werden.

12.2.2 Ölschmierung

(1) Ölbadsschmierung

Die Ölbadsschmierung kommt oft bei niedrigen und mittleren Drehzahlen zum Einsatz. Der Ölstand sollte in der Mitte des niedrigsten Wälzkörpers liegen. Es empfiehlt sich, eine Sichtanzeige zu montieren, damit der richtige Ölstand gewährleistet werden kann (Abb. 12.4).

(2) Tropfölschmierung

Die Tropfölschmierung wird vor allem bei kleinen Kugellagern, die mit relativ hohen Drehzahlen laufen, angewendet. Wie in Abb. 12.5 gezeigt, wird das Öl in einem sichtbaren Öler vorgehalten. Die Öltropfweite wird mit einer Schraube im oberen Bereich geregelt.

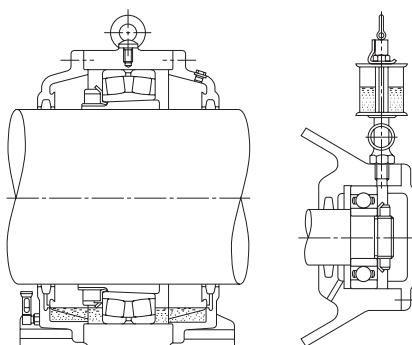


Abb. 12.4 Ölbadsschmierung
Tropfölschmierung

(3) Ölsprühschmierung

Bei dieser Schmiermethode wird Öl von Zahnrädern oder einer Schleuderscheibe, die in der Nähe der Lager angebracht ist, auf die Lager gespritzt, ohne diese in Öl zu tauchen.

Sie wird vor allem im Kfz-Getriebe und Achsantrieb eingesetzt. Abb. 12.6 zeigt ein Unterstellungsgetriebe, bei dem diese Schmiermethode zur Anwendung kommt.

(4) Ölumlaufschmierung

Die Ölumlaufschmierung wird vor allem für Anwendungen mit hohen Drehzahlen verwendet, wo Lagerkühlung und der Einsatz der Lager bei hohen Temperaturen notwendig sind. Wie in Abb. 12.7 (a) gezeigt, wird Öl über eine Leitung auf der rechten Seite zugeführt, läuft durch das Lager und dann durch die Leitung auf der linken Seite wieder ab. Nachdem es in einem Speicherbehälter gekühlt wurde, läuft es über eine Pumpe und einen Filter wieder zurück ins Lager.

Die Ablaufleitung für das Öl sollte größer als der Zulauf sein, so dass sich kein überschüssiges Öl aufstauen kann.

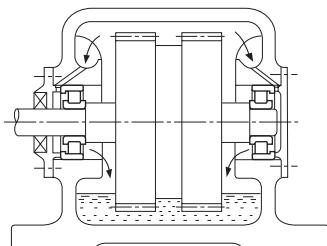


Abb. 12.6 Ölsprühschmierung

(5) Öleinspritzschmierung

Die Öleinspritzschmierung wird oft für Lager mit extrem hohen Drehzahlen eingesetzt, wie Lager in Düsenträgerwerken mit einem $n \cdot d_m$ -Wert (d_m : Teilkreisdurchmesser des Wälzkörpersatzes in mm; n: Drehzahl U/min) über eine Million. Schmieröl wird unter Druck aus einer oder mehreren Düsen direkt in das Lager eingespritzt.

Abb. 12.8 zeigt ein Beispiel einer normalen Öleinspritzschmierung. Das Schmieröl wird auf Innenring und Führungsseite des Käfigs gespritzt. Bei Betrieb im hohen Drehzahlbereich entsteht um das Lager herum ein Luftwirbel, der den Ölstrahl ablenken kann. Die Ölstrahlgeschwindigkeit sollte beim Austritt aus der Düse mehr als 20 % der Umfangsgeschwindigkeit der Außenfläche des Innenrings (die auch die Führungsseite des Käfigs ist) betragen.

Durch den Einsatz mehrerer Düsen wird für eine bestimmte Ölmenge eine einheitlichere Kühlung und eine bessere Temperaturverteilung erreicht. Es ist günstig, überschüssiges Öl abzusaugen. Damit können Planschverluste vermieden werden und das Öl kann auch zum Abtransport von Wärme verwendet werden.

(6) Ölnebelschmierung

Bei der Ölnebelschmierung wird ein Ölnebel in das Lager gesprührt. Diese Methode hat die folgenden Vorteile:

(a) Wegen der geringen benötigten Ölmenge ist der Bewegungswiderstand niedrig und höhere Drehzahlen sind möglich.

(b) Verunreinigungen der Lagerumgebung sind niedrig, da Ölleckagen gering sind.

(c) Es ist relativ einfach, ständig frisches Öl vorzuhalten, dadurch verlängert sich die Lagerlebensdauer.

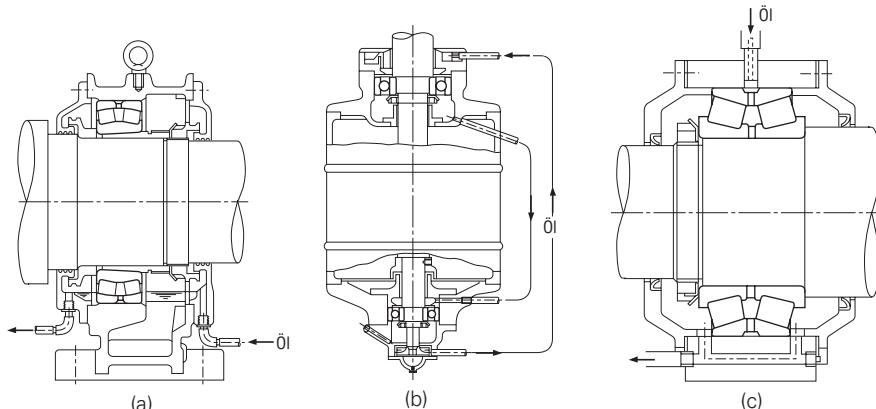


Abb. 12.7 Ölumlaufschmierung

Diese Schmiermethode wird für Spindeln und Pumpen mit hoher Drehzahl, Walzenzapfen in Walzwerken, usw. (Abb. 12.9) verwendet.

Für Ölnebelbeschmierungen großer Lager wenden Sie sich bitte an NSK.

(7) Öl-Luft-Schmierung

Bei der Methode der Öl-Luft-Schmierung werden sehr geringe Ölmengen periodisch in gleichbleibender Menge durch eine Dosiereinheit in Rohrleitungen mit einem kontinuierlichen Druckluftstrom gespritzt. Das Öl fließt mit einer konstanten Fließgeschwindigkeit an den Rohrleitungswänden entlang.

Hauptvorteile der Öl-Luft-Schmierung:

- (a) Da die Mindestölmenge gegeben ist, eignet sich diese Methode für hohe Drehzahlen, weil weniger Wärme generiert wird.
- (b) Da die Mindestölmenge ständig verfügbar ist, bleibt die Lagertemperatur stabil. Auch entsteht durch die geringe Ölmenge praktisch keine Luftverschmutzung.
- (c) Da den Lagern nur Frischöl zugeführt wird, muss Ölverschleiß nicht berücksichtigt werden.
- (d) Da den Lagern ständig Druckluft zugeführt wird, entsteht ein gewisser Überdruck, so dass Staub, Schneidflüssigkeit, usw. nicht eindringen können.

Aus diesen Gründen wird diese Schmiermethode in Hauptspindeln von Werkzeugmaschinen und anderen Anwendungen mit hohen Drehzahlen eingesetzt (Abb. 12.10).

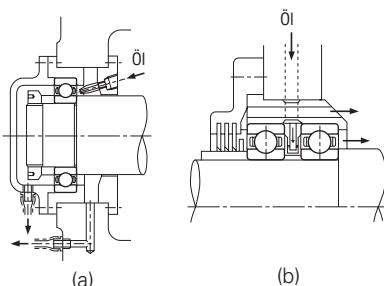


Abb. 12.8 Öl einspritzschmierung

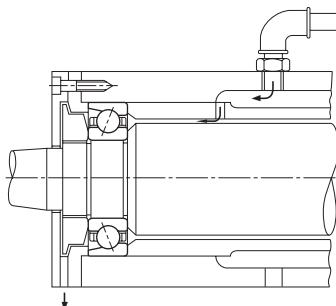


Abb. 12.9 Ölnebelbeschmierung

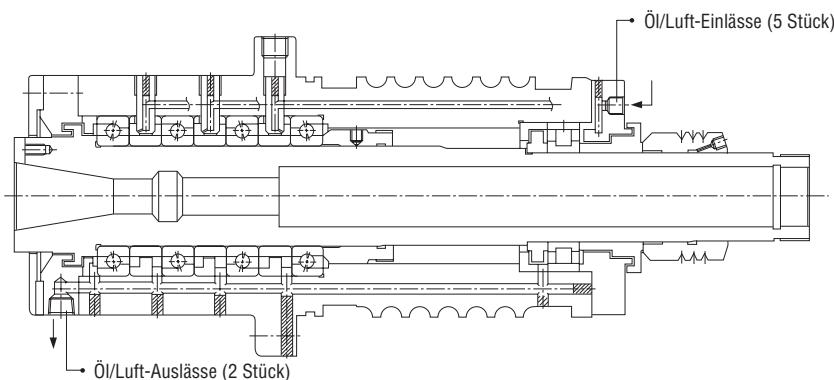


Abb. 12.10 Öl/Luft-Schmierung

12.3 Schmierstoffe

12.3.1 Schmierfette

Fett ist ein halbfester Schmierstoff aus Grundöl und einem Verdicker. Die Hauptfettarten und ihre wichtigsten Eigenschaften stehen in Tabelle 12.2. Es ist zu beachten, dass verschiedene Produktmarken derselben Fettart verschiedene Eigenschaften haben können.

(1) Grundöl

Mineralöle oder Synthetiköle wie Silikon- oder Diesteröl werden hauptsächlich als Grundöl für Fette verwendet. Die Schmiereigenschaften von Fett hängen hauptsächlich von den Merkmalen seines Grundöls ab. Deshalb ist die Viskosität des Grundöls genauso wichtig bei der Auswahl eines Fetts wie bei der Auswahl eines Öls. Im Allgemeinen ist Fettschmierstoff, der aus Grundölen niedriger Viskosität besteht, besser für hohe Drehzahlen und niedrige Temperaturen geeignet, während Fettschmierstoffe mit hochviskosen Grundölen besser für hohe Temperaturen und schwere Belastungen geeignet sind.

Jedoch beeinflusst der Verdicker auch die Schmiereigenschaften des Fetts, deshalb sind die Auswahlkriterien für Fett nicht die selben wie für Schmieröl.

(2) Verdicker

Als Verdicker für Schmierfette dienen verschiedene Metallseifen, anorganische Dickungsmittel wie Silikagel und Bentonit und wärmebeständige organische Verdicker wie Polyharnstoffe und Fluorverbindungen.

Die Art des Verdickers ist eng mit dem Tropfpunkt des Fetts⁽¹⁾ verknüpft; im Allgemeinen gilt, dass ein Fett mit hohem Tropfpunkt auch eine hohe Temperaturbeständigkeit während des Betriebs hat. Jedoch erlaubt das Fett nur dann eine hohe Betriebstemperatur, wenn das Grundöl auch wärmebeständig ist. Die höchst mögliche Betriebstemperatur für Fette sollte unter Berücksichtigung der Wärmebeständigkeit des Grundöls festgelegt werden.

Die Wasserfestigkeit von Fett hängt von der Art des Verdickers ab. Natriumseifenfett oder Komplexseifen mit Natriumseife emulgieren, wenn sie Wasser oder hoher Feuchtigkeit ausgesetzt sind und können deshalb nicht in Umgebungen eingesetzt werden, wo Feuchtigkeit vorherrscht.

(3) Zusätze

Fett enthält oft verschiedene Additive wie Hochdruckzusätze, um dem Schmierstoff besondere Eigenschaften zu verleihen. Der Einsatz von Hochdruckzusätzen wird für Anwendungen unter schweren Belastungen empfohlen. Antioxidantien sollten für lange Einsatzzeiten ohne Schmierstoffnachfüllung hinzugegeben werden.

Hinweis ⁽¹⁾ Der Tropfpunkt des Fets entspricht der Temperatur, bei der Fett, in einem speziellen Behälter erhitzt, flüssig genug wird um zu tropfen.

Tabelle 12.2

Name (gängige Bezeich- nung)	Lithiumfett		
Verdicker	Li Seife		
Grundöl	Mineralöl	Diester-Öl, Polyatomares Esteröl	Silikonöl
Eigenschaften			
Tropfpunkt, °C	170~195	170~195	200~210
Betriebs- temperaturen, °C	-20~+110	-50~+130	-50~+160
Betriebs- drehzahl, % ⁽¹⁾	70	100	60
Mechanische Stabilität	gut	gut	gut
Für hohe Lasten	geeignet	geeignet	nicht geeignet
Wasser- beständigkeit als Korrosions- schutz	gut	gut	gut
	Mehrzweckfett für verschiedene Anwendungen geeignet	Gute Eigen- schaften bei niedrigen Tempe- raturen, gutes Reibmoment- verhalten. Wird oft für Kleinmotoren und Instrumenten- lager verwendet. Es ist auf Rost, der durch Isolier- lack verursacht wurde, zu achten.	Vor allem für Anwendungen mit hohen Temperaturen. Für Lager mit hoher oder niedriger Drehzahl, schweren Belastungen oder mit mehreren Gleitkontakt- flächen (Rollenlager, usw.) ungeeignet.
Anmerkungen			

Hinweis ⁽¹⁾ Die angegebenen Werte sind Prozentsätze der in den Lagerlisten angegebenen Grenzdrehzahlen.

(4) Walkpenetration

Die Walkpenetration bezeichnet die „Weichheit“ eines Fets. Die Tabelle 12.3 zeigt die Beziehung zwischen Walkpenetration und Betriebsbedingungen.

(5) Mischbarkeit verschiedener Fettarten

Im Allgemeinen dürfen verschiedene Sorten eines Fets nicht miteinander vermischt werden. Die Vermischung von Fetten mit verschiedenen Verdickern kann Beschaffenheit und physikalische Eigenschaften des Fets zerstören. Auch bei Verdickern des gleichen Typs kann es mögliche Unterschiede in den Zusätzen geben, die schädliche Auswirkungen haben können.

Schmierfetteigenschaften

Natriumfett	Kalziumfett	Grundölmischfett	Komplexes Grundfett (Komplexseife)	Seifenfreies Grundfett (seifenfreies Fett)	
Na Seife	Ca Seife	Na + Ca Seife, Li + Ca Seife, usw.	Ca Komplexseife, Al Komplexseife, Li Komplexseife, usw.	Harnstoff, Bentonit, Ruß, Fluorverbindungen, wärmebeständige organische Verbindungen, usw.	
Mineralöl	Mineralöl	Mineralöl	Mineralöl	Mineralöl	Synthetiköl (Esteröl, Polyatomares Esteröl, synthetisches Kohlenwasserstofföl, Silikonöl, Öl auf Fluorbasis)
170~210	70~90	160~190	180~300	230~	230~
-20~+130	-20~+60	-20~+80	-20~+130	-10~+130	~+220
70	40	70	70	70	40~100
gut	schlecht	gut	gut	gut	gut
geeignet	nicht geeignet	geeignet bis empfohlen	geeignet bis empfohlen	geeignet	geeignet
schlecht	gut	schlecht für Na Seifenfett	gut	gut	gut
slecht bis gut	gut	mäßig bis gut	mäßig bis gut	mäßig bis gut	mäßig bis gut
Lang- und kurzfaserige Arten sind verfügbar. Langfaseriges Fett ist für hohe Drehzahlen ungeeignet. Wasser und hohe Temperaturen müssen berücksichtigt werden.	Hochdruckfett mit hochviskosem Mineralöl und Hochdruckadditiven (Pb Seife, etc.) besitzt hohen Druckwiderstand.	Oft für Rollenlager und große Kugellager verwendet.	Für Hochdruckanwendungen geeignet, mechanisch stabil.	Grundöl auf Mineralölbasis eignet sich als Schmierstoff für mittlere bis hohe Temperaturen. Grundöl auf Synthetikölbasis wird für niedrige oder hohe Temperaturen empfohlen. Einige Fette auf Silikon- oder Fluorölbasis eignen sich nicht für den Rostschutz und laufen nicht geräuscharm.	

Anmerkungen Die hier aufgeführten Schmierfetteigenschaften können je nach Produktmarke variieren.

Tabelle 12.3 Walkpenetration und Betriebsbedingungen

NLGI-Klasse	0	1	2	3	4
Walkpenetration (¹) 1/10 mm	355~385	310~340	265~295	220~250	175~205
Betriebsbedingungen (Anwendung)	<ul style="list-style-type: none"> • Zentralschmierung • Fressverschleiß 	<ul style="list-style-type: none"> • Zentralschmierung • Fressverschleiß • niedrige Temperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Verwendung • abgedichtete Kugellager 	<ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Verwendung • abgedichtete Kugellager • hohe Temperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Temperaturen • Fettdichtungen

Hinweis (¹) Walkpenetration: Die Tiefe, die ein Kegel in das Fett eintaucht, wenn eine bestimmte Belastung aufgebracht wird, wird in 1/10 mm angegeben. Je größer der Wert, desto weicher das Fett.

12.3.2 Schmieröle

Die für Wälzlager eingesetzten Schmieröle sind normalerweise hochraffinierte Mineral- oder Synthetiköle mit hoher Ölfilmfestigkeit und hervorragendem Oxidations- und Korrosionswiderstand. Bei der Auswahl eines Schmieröls ist die Viskosität unter Betriebsbedingungen wichtig. Wenn die Viskosität zu niedrig ist, kann sich kein richtiger Ölfilm bilden, wodurch anormaler Verschleiß und Fraß entstehen können. Wenn die Viskosität andererseits jedoch zu hoch ist, kann eine zu hohe schmierstoffabhängige Reibung zu Erhitzung oder großen Energieverlusten führen. Grundsätzlich sollten Öle mit niedriger Viskosität bei hohen Drehzahlen verwendet werden; jedoch sollte die Viskosität mit zunehmender Lagerbelastung und -größe ebenfalls zunehmen.

In Tabelle 12.4 ist die allgemein empfohlene Viskosität für Lager unter normalen Betriebsbedingungen aufgeführt.

Zur Unterstützung bei der Auswahl des geeigneten Schmieröls erläutert Abb. 12.11 den Zusammenhang zwischen Öltemperatur und Viskosität; Auswahlbeispiele sind in Tabelle 12.5 genannt.

Tabelle 12.4 Lagerarten und geeignete Viskositäten von Schmierölen

Lagerart	Geeignete Viskosität bei Betriebs-temperatur
Kugellager und Zylinderrollenlager	höher als 13 mm ² /s
Kegelrollenlager und Pendelrollenlager	höher als 20 mm ² /s
Axialpendelrollenlager	höher als 32 mm ² /s

Anmerkungen 1 mm²/s = 1 cSt (Zentistoke)

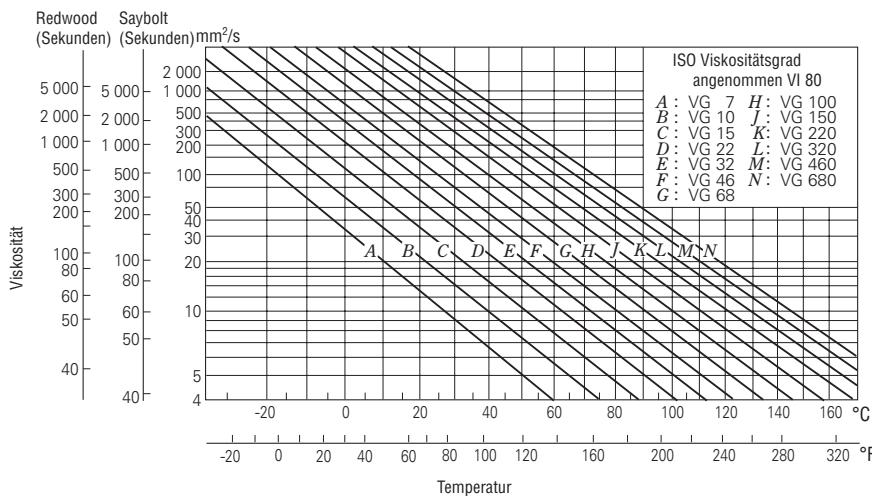


Abb. 12.11 Viskositäts-Temperatur-Verhalten von Schmierölen

Ölwechselfristen

Die Fristen für den Ölwechsel hängen von den Betriebsbedingungen und der Ölmenge ab.

In Fällen mit Betriebstemperaturen unter 50 °C und guten Umgebungsbedingungen mit wenig Staub sollte das Öl etwa einmal jährlich ausgetauscht werden. Wenn die Öltemperatur jedoch bei etwa 100 °C liegt, muss das Öl wenigstens einmal im Quartal ausgetauscht werden.

Wenn Feuchtigkeit eintreten kann oder Fremdkörper in das Öl eindringen können, muss die Ölwechselfrist verkürzt werden.

Das Mischen verschiedener Öl-Sorten muss aus den gleichen Gründen wie oben für Fette genannt vermieden werden.

Tabelle 12.5 Beispiele ausgewählter Schmieröle

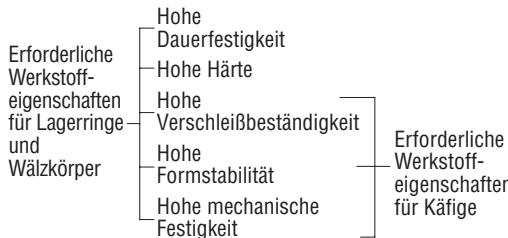
Betriebs-temperatur	Drehzahl	Normale oder leichte Belastung	Schwere oder Stoßbelastung
-30 bis 0°C	Weniger als die Grenzdrehzahl	ISO VG 15, 22, 32 (Kältemaschinenöl)	—
0~50°C	Weniger als 50 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 32, 46, 68 (Lageröl, Turbinenöl)	ISO VG 46, 68, 100 (Lageröl, Turbinenöl)
	50 bis 100 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 15, 22, 32 (Lageröl, Turbinenöl)	ISO VG 22, 32, 46 (Lageröl, Turbinenöl)
	Mehr als die Grenzdrehzahl	ISO VG 10, 15, 22 (Lageröl)	—
50~80°C	Weniger als 50 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 100, 150, 220 (Lageröl)	ISO VG 150, 220, 320 (Lageröl)
	50 bis 100 % der Grenzdrehzahl	ISO VG 46, 68, 100 (Lageröl, Turbinenöl)	ISO VG 68, 100, 150 (Lageröl, Turbinenöl)
	Mehr als die Grenzdrehzahl	ISO VG 32, 46, 68 (Lageröl, Turbinenöl)	—
80~110°C	Weniger als 50 % der Grenzdrehzahl	ISO VG , 320, 460 (Lageröl)	ISO VG 460, 680 (Lageröl, Getriebeöl)
	50 bis 100 % der Grenzdrehzahl	ISO VG , 150, 220 (Lageröl)	ISO VG , 220, 320 (Lageröl)
	Mehr als die Grenzdrehzahl	ISO VG 68, 100 (Lageröl, Turbinenöl)	—

Anmerkungen

1. Für die Grenzdrehzahlen werden die in den Lagertabellen aufgeführten Werte verwendet.
2. Siehe Kältemaschinenöle (JIS K 2211), Lageröle (JIS K 2239), Turbinenöle (JIS K 2213), Getriebeöle (JIS K 2219).
3. Wenn die Betriebstemperatur am oberen Ende des in der linken Spalte aufgeführten Temperaturbereichs liegt, empfiehlt sich die Verwendung eines hochviskosen Öls.
4. Ist die Betriebstemperatur niedriger als -30 °C oder höher als 110 °C, wenden Sie sich bitte an NSK.

13. LAGERWERKSTOFFE

Die Lagerringe und Wälzkörper der Wälzlager werden wiederholt hohem Druck und geringen Gleitanteilen mit den Wälzkörpern ausgesetzt. Die Käfige sind Spannung, Druck und Gleitkontakte mit den Wälzkörpern sowie mit einem oder beiden Lagerringen ausgesetzt. Deshalb benötigen die für Ringe, Wälzkörper und Käfige verwendeten Werkstoffe folgende Eigenschaften:



Weitere Anforderungen wie einfache Fertigung, Stoß- und Hitzebeständigkeit sowie Korrosionsbeständigkeit hängen von den jeweiligen Anwendungen ab.

13.1 Werkstoffe für Lagerringe und Wälzkörper

Für Lagerringe und Wälzkörper wird vor allem durchgehärteter Chromstahl (Tabelle 13.1) verwendet. Die meisten NSK-Wälzlager verwenden den Stahl SUJ2 (gemäß JIS-Norm) wie in Tabelle 13.1 aufgeführt, wohingegen für große Lager im Allgemeinen SUJ3 eingesetzt wird. Die chemische Zusammensetzung von SUJ2 entspricht etwa der von AISI 52100 gemäß den Normen der USA, DIN 100 Cr6 in Deutschland und BS 535A99 in England.

Für Lager, die schweren Stoßbelastungen ausgesetzt sind, werden oft Einsatzstähle wie Chromstahl, Chrommolybdänstahl, Nickelchrommolybdänstahl, usw. verwendet. Solche Stähle sind, wenn sie bis zur richtigen Tiefe durchgehärtet sind und eine ausreichende Oberflächenhärte besitzen, wegen ihres weichereren, kräfteabsorbierenden Kerns widerstandsfähiger gegen Stöße als normale, durchgehärtete Lagerstähle. Die chemischen Zusammensetzungen von gehärteten Lagerstählen sind in Tabelle 13.2 aufgeführt.

Tabelle 13.1 Chemische Zusammensetzung von Kohlenstoffchromstahl für Lager (Hauptelemente)

Standard	Bezeichnungen	Chemische Zusammensetzung (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS G 4805	SUJ 2	0,95~1,10	0,15~0,35	weniger als 0,50	weniger als 0,025	weniger als 0,025	1,30~1,60	weniger als 0,08
	SUJ 3	0,95~1,10	0,40~0,70	0,90~1,15	weniger als 0,025	weniger als 0,025	0,90~1,20	weniger als 0,08
	SUJ 4	0,95~1,10	0,15~0,35	weniger als 0,50	weniger als 0,025	weniger als 0,025	1,30~1,60	0,10~0,25
ASTM A 295	52100	0,98~1,10	0,15~0,35	0,25~0,45	weniger als 0,025	weniger als 0,025	1,30~1,60	weniger als 0,10

Tabelle 13.2 Chemische Zusammensetzung für Einsatzgehärtete Lagerstähle (Hauptelemente)

Standard	Bezeichnungen	Chemische Zusammensetzung (in %)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
JIS G 4052	SCr 420 H	0,17~0,23	0,15~0,35	0,55~0,95	weniger als 0,030	weniger als 0,030	weniger als 0,25	0,85~1,25	—
	SCM 420 H	0,17~0,23	0,15~0,35	0,55~0,95	weniger als 0,030	weniger als 0,030	weniger als 0,25	0,85~1,25	0,15~0,35
	SNCM 220 H	0,17~0,23	0,15~0,35	0,60~0,95	weniger als 0,030	weniger als 0,030	0,35~0,75	0,35~0,65	0,15~0,30
	SNCM 420 H	0,17~0,23	0,15~0,35	0,40~0,70	weniger als 0,030	weniger als 0,030	1,55~2,00	0,35~0,65	0,15~0,30
JIS G 4053	SNCM 815	0,12~0,18	0,15~0,35	0,30~0,60	weniger als 0,030	weniger als 0,030	4,00~4,50	0,70~1,00	0,15~0,30
ASTM A 534	8620	0,18~0,23	0,15~0,35	0,70~0,90	weniger als 0,035	weniger als 0,040	0,40~0,70	0,40~0,60	0,15~0,25
	4320	0,17~0,22	0,15~0,35	0,45~0,65	weniger als 0,035	weniger als 0,040	1,65~2,00	0,40~0,60	0,20~0,30
	9310	0,08~0,13	0,15~0,35	0,45~0,65	weniger als 0,035	weniger als 0,040	3,00~3,50	1,00~1,40	0,08~0,15

Tabelle 13.3 Chemische Zusammensetzung von HSS-Stahl für Lager, die unter hohen Temperaturen laufen

Standard	Bezeichnungen	Chemische Zusammensetzung (in %)											
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Cu	Co	W
AISI	M50	0,77~0,85	weniger als 0,25	weniger als 0,35	weniger als 0,015	weniger als 0,015	3,75~4,25	4,00~4,50	0,90~1,10	weniger als 0,10	weniger als 0,10	weniger als 0,25	weniger als 0,25

NSK verwendet Einsatzgehärtete Lagerstähle, die im Vakuum umgeschmolzen werden und nur minimale Verunreinigungen durch Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoffverbindungen aufweisen. Die Ermüdungslaufdauer der Lager wurde durch den Einsatz dieses Materials in Verbindung mit der entsprechenden Wärmebehandlung beträchtlich verlängert.

Für Lager spezieller Einsatzarten kann hochtemperaturfester Lagerstahl, der eine hervorragende Wärmebeständigkeit aufweist, und Edelstahl, der eine gute Korrosionsbeständigkeit hat, verwendet werden. In den Tabellen 13.3. und 13.4 sind die chemischen Verbindungen dieser speziellen Werkstoffe beschrieben.

Tabelle 13.4 Chemische Zusammensetzung von Edelstahl für Wälzlager (Hauptelemente)

Standard	Bezeichnungen	Chemische Zusammensetzung (in %)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS G 4303	SUS 440 C	0,95~1,20	weniger als 1,00	weniger als 1,00	weniger als 0,040	weniger als 0,030	16,00~18,00	weniger als 0,75
SAE J 405	51440 C	0,95~1,20	weniger als 1,00	weniger als 1,00	weniger als 0,040	weniger als 0,030	16,00~18,00	weniger als 0,75

Tabelle 13.5 Chemische Zusammensetzung von Stahlblechen und unlegiertem Stahl für Käfige (Hauptelemente)

Klassifikation	Standard	Bezeichnungen	Chemische Zusammensetzung (in %)				
			C	Si	Mn	P	S
Stahlblech und Stahlband für gepresste Käfige	JIS G 3141	SPCC	weniger als 0,12		weniger als 0,05	weniger als 0,04	weniger als 0,045
	BAS 361	SPB 2	0,13~0,20	weniger als 0,04		weniger als 0,03	weniger als 0,030
	JIS G 3311	S 50 CM	0,47~0,53	0,15~0,35		0,25~0,60	weniger als 0,03
Unlegierter Stahl für Massivkäfige	JIS G 4051	S 25 C	0,22~0,28	0,15~0,35	0,30~0,60	weniger als 0,60~0,90	weniger als 0,035
						weniger als 0,03	weniger als 0,035

Anmerkungen BAS ist der Japanese Bearing Association Standard.

Tabelle 13.6 Chemische Zusammensetzung von Sondermessing für Massivkäfige

Standard	Bezeichnungen	Chemische Zusammensetzung (in %)						
		Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Ni
								Verunreinigungen
JIS H 5120	HBsC 1	55,0~60,0	33,0~42,0	0,1~1,5	0,5~1,5	weniger als 1,0	weniger als 1,0	0,5~1,5
JIS H 3250	C 6782	56,0~60,5	zurückbleibend	0,5~2,5	0,1~1,0	0,2~2,0	—	weniger als 0,4
							—	weniger als 0,1
							—	weniger als 0,5
							—	—

Anmerkungen Verbessertes HBsC 1 wird ebenfalls verwendet.

14. HANDHABUNG VON LAGERN

14.1 Vorsichtsmaßnahmen für die richtige Handhabung von Lagern

Da Wälzlager hochpräzise Maschinenteile sind, müssen sie entsprechend behandelt werden. Auch bei Qualitätslagern wird die erwartete Leistungsfähigkeit nur bei sachgemäßer Handhabung erreicht. Die wichtigsten zu beachtenden Vorsichtsmaßnahmen sind:

(1) Lager und ihre Umgebung sauber halten

Staub oder Schmutz, auch wenn sie mit bloßem Auge nicht erkennbar sind, wirken sich schädlich auf Lager aus. Es ist erforderlich, das Eindringen von Staub oder Schmutz zu verhindern, indem die Lager und ihre Umgebung so sauber wie möglich gehalten werden.

(2) Sorgfältiger Umgang mit Lagern

Schwere Stöße können Lager während der Handhabung verkratzen oder anderweitig beschädigen, was möglicherweise zu einem Lagerausfall führen kann. Besonders starke Einwirkungen können Brinelling (plastische Verformungen auf den Laufbahnen), Brüche oder Risse verursachen.

(3) Geeignetes Werkzeug verwenden

Bei der Handhabung von Lagern muss immer die geeignete Ausrüstung verwendet werden, der Einsatz von allgemeinem Werkzeug sollte vermieden werden.

(4) Korrosion verhindern

Da Handschweiß und andere Schadstoffe zu Korrosion führen können, dürfen Lager nur mit sauberen Händen angefasst werden. Wenn möglich, sollten Handschuhe getragen werden. Auch sind die Lager auf Rost durch korrosive Gase zu prüfen.

14.2 Einbau

Die Art des Lagereinbaus wirkt sich stark auf ihre Genauigkeit, Lebensdauer und Leistungsfähigkeit aus; aus diesem Grund muss der Einbau mit Sorgfalt durchgeführt werden. Die Eigenschaften der Lager sollten zuerst genau erfasst, dann erst sollten sie in der geeigneten Art und Weise eingebaut werden. Es wird empfohlen, dass Konstruktionsingenieure die Prozeduren für die Lagerhandhabung umfassend untersuchen und Normen mit Hinblick auf die nachfolgenden Punkte festzulegen:

- (1) Säubern der Lager und der dazugehörigen Teile.
- (2) Überprüfung der Maße und Oberflächengüte der dazugehörigen Teile.
- (3) Einbaumethoden
- (4) Untersuchung nach dem Einbau.
- (5) Bereitstellung der Schmierstoffe.

Lager sollten erst kurz vor dem Einbau ausgepackt werden. Wird eine normale Fettschmierung verwendet, können die Lager ohne vorherige Reinigung befettet werden. Auch bei normaler Ölschmierung ist eine Lagerreinigung nicht notwendig.

wendig. Lager für Instrumente oder für hohe Drehzahlen müssen jedoch zuerst mit sauberem gefiltertem Öl gereinigt werden, um das Konservierungsöl zu entfernen.

Nach der Reinigung mit Öl müssen die Lager vor Korrosion geschützt werden. Vorbefettete Lager werden keinesfalls gereinigt. Die Lagereinbauarten hängen von der Lagerart und dem Sitz ab. Da Lager für gewöhnlich auf umlaufenden Wellen sitzen, benötigen die Innenringe einen festen Sitz.

Lager mit zylindrischen Bohrungen werden auf die Wellen aufgepresst (Presspassung) oder sie werden erwärmt, damit sich ihr Durchmesser erweitert (Schrumpfpassung). Lager mit kegeligen Bohrungen können mit Hilfe einer entsprechenden Hülse direkt auf konische oder zylindrische Wellen eingebaut werden.

Lager werden normalerweise in Gehäuse mit einer losen Passung eingebaut. Jedoch kann in Fällen, wo der Außenring eine Übermaßpassung hat, eine Presse verwendet werden. Auch durch eine Trockeneiskühlung können Lager fest sitzend eingebaut werden. In diesem Fall muss am Lager auf Korrosionsschutz geachtet werden, weil Luftfeuchtigkeit auf seiner Oberfläche kondensiert.

14.2.1 Einbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung

(1) Aufpressen

Kleinlager werden oft mit Pressen montiert. Ein Montagewerkzeug wird wie in Abb. 14.1 auf den Innenring gesetzt und das Lager langsam auf die Welle gepresst, bis die Stirnseite des Innenrings an der Wellenschulter sitzt. Das Montagewerkzeug darf den Außenring während des Einpressens nicht berühren, da sonst das Lager beschädigt werden könnte. Vor dem Einbau wird empfohlen, die Wellenoberfläche einzuhüften, um die Reibung beim Aufziehen zu reduzieren. Die Einbaumethode mit Hilfe eines Hammers sollte nur für kleine Kugellager mit lockerem Sitz und wenn keine Presse verfügbar ist verwendet werden. Bei engen Übermaßpassungen oder für mittlere und große Lager empfiehlt sich diese Methode nicht. Wenn ein Hammer benutzt wird, muss immer ein Montagewerkzeug auf den Innenring gesetzt werden.

Wenn sowohl die Innen- als auch Außenringe nicht zerlegbarer Lager, wie Rillenkugellager, eine feste Passung erfordern, wird ein Montagewerkzeug wie in Abb. 14.2 gezeigt auf beide Ringe gesetzt und beide Ringe werden gleichzeitig mit Hilfe einer Schraube oder hydraulischen Presse eingepasst. Da der Außenring von Pendelkugellagern ausschwenken kann, sollte für den Einbau immer ein Montagewerkzeug, wie in Abb. 14.2 gezeigt, verwendet werden.

Bei zerlegbaren Lagern, wie Zylinderrollenlagern und Kegelrollenlagern, können die Innen- und Außenringe einzeln eingebaut werden. Der Zusammenbau der Innen- und Außenringe, die zuvor einzeln eingebaut wurden, sollte mit Sorgfalt erfolgen, damit beide korrekt fluchten. Nachlässiger oder erzwungener Zusammenbau kann Kratzer auf den Wälzkontaktflächen verursachen.

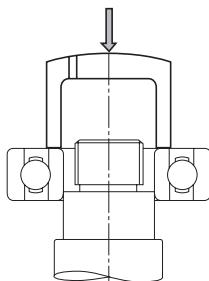


Abb. 14.1 Montage des Innenringes

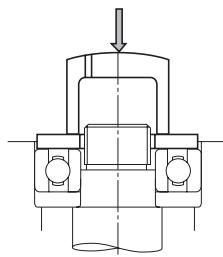


Abb. 14.2 Gleichzeitiges Montieren von Innen- und Außenring

(2) Aufschrumpfen

Da das Einpressen von großen Lagern einen großen Kraftaufwand erfordert, wird oft die Methode des Aufschrumpfens verwendet. Dazu wird das Lager bzw. der Innenring zuerst in Öl erwärmt, damit es sich vor dem Einbau ausdehnt.

Durch diese Methode werden die Lager keinen übermäßigen Kräften ausgesetzt und sie können schnell montiert werden.

Abb. 14.3. zeigt die Aufweitung des Innenrings für verschiedene Temperaturunterschiede sowie Lagergrößen.

Die folgenden Vorsichtsmaßnahmen sind beim Aufschrumpfen zu beachten:

- (a) Lager nicht über 120 °C erhitzen.
- (b) Lager müssen auf einen Rost gelegt werden oder in einem Ölbad schwimmen, damit sie nicht mit dem heißen Boden des Behälters in Berührung kommen.
- (c) Die Lager werden um 20° bis 30 °C mehr erhitzt als für einen Einbau ohne Übermaß benötigt wird, da sich der Innenring während des Einbaus wieder etwas abkühlt.
- (d) Nach dem Einbau schrumpfen die Lager während des Abkühlens sowohl in axialer wie auch in radialer Richtung. Deshalb muss das Lager mit Hilfe von Haltevorrichtungen fest gegen die Wellenschulter gedrückt werden, so dass kein Spiel zwischen dem Lager und der Schulter entsteht.

Induktive Anwärmgeräte für Lager

Neben der Erwärmung in Öl werden oft auch induktive Anwärmgeräte verwendet, die Lager durch elektromagnetische Induktion erwärmen (siehe Seite C5).

NSK-Lager-Anwärmgeräte erzeugen elektromagnetische Felder, die Ströme im Lager induzieren, wodurch dieses aufgeheizt wird. Folglich ist ohne den Einsatz von Flammen oder Öl eine gleichmäßige Erwärmung innerhalb kurzer Zeit möglich, was das Aufschrumpfen von Lagern effizient und sauber macht.

Wenn Ein- und Ausbau relativ häufig erfolgt, wie bei Zylinderrollenlagern für Walzenzapfen von Walzwerken und für Radsatzlager, sollte die Induktionserwärmung für den Ein- und Ausbau von Innenringen eingesetzt werden.

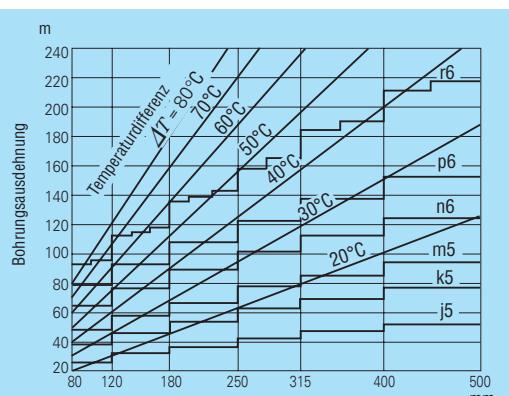


Abb. 14.3 Temperatur und Wärmedehnung von Innenringen

14.2.2 Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung

Lager mit kegeligen Bohrungen werden direkt auf kegelige oder mit Hilfe von Spann- oder Abziehhülsen auf zylindrische Wellen montiert (Abb. 14.4 und 14.5). Große Pendelrollenlager werden oft mit hydraulischem Druck eingebaut. Abb. 14.6 zeigt einen Lagereinbau mit Hilfe einer Abziehhülse und Hydraulikmutter. In Abb. 14.7 ist eine andere Einbaumethode abgebildet. Durch die Abziehhülse wird Hydrauliköl über Bohrungen zum Lagersitz gebracht. Wenn sich der Lagerinnenring unter Druck radial aufweitet, wird die Hülse mit den Schrauben axial festgezogen.

Beim Einbau von Pendelrollenlagern sollte die Verringerung des Radialspiels gemessen und die in Tabelle 14.1 aufgeführten Werte für das Aufziehen beachtet werden. Das Radialspiel muss mit Hilfe von Führerlehrern gemessen werden.

Beim Messvorgang, wie in Abb. 14.8 gezeigt, muss das Spiel beider Wälzkörperreihen gleichzeitig gemessen werden. Die Messung muss so erfolgen, dass das Spiel beider Reihen gleich groß ist. Dies kann durch eine Relativbewegung zwischen Außen- und Innenring erreicht werden.

Wenn ein großes Lager auf einer Welle montiert wird, kann sich der Außenring durch sein eigenes Gewicht oval verformen. Wird das Spiel am tiefsten Teil des verformten Lagers gemessen, kann der gemessene Wert über dem tatsächlichen Wert liegen. Wenn auf diese Art ein falsches Radialspiel ermittelt wird und die Zahlen aus Tabelle 14.1 verwendet werden, kann

die Übermaßpassung zu fest und das tatsächliche Restspiel zu klein werden. Wie in Abb. 14.9 gezeigt, kann in diesem Fall die Hälfte des Gesamtlagerspiels an den Punkten *a* und *b* (die sich auf einer horizontalen Linie befinden, die durch die Lagermitte verläuft) und *c* (befindet sich an der tiefsten Lagerposition) als Restspiel verwendet werden.

Wenn ein Pendelkugellager mit einer Hülse auf eine Welle montiert wird, ist sicherzustellen, dass das Restspiel nicht zu klein ausfällt. Es muss ausreichend Spiel vorhanden sein, um ein Schwenken des Außenringes zu ermöglichen.

14.3 Probelauf

Nach dem Einbau sollte ein Testlauf durchgeführt werden, um zu prüfen, ob das Lager korrekt eingebaut wurde. Kleine Maschinen können manuell gedreht werden, um eine schonende Überprüfung zu gewährleisten.

Die zu überprüfenden Punkte sind: Blockieren des Lagers wegen Fremdkörpern, sichtbare Mängel, ungleichmäßiges Reibmoment durch ungenauen Einbau oder unebene Einbauflächen, Einbaufehler oder Dichtungsreibung. Wenn keine Unregelmäßigkeiten festgestellt werden, kann der elektrische Betrieb aufgenommen werden.

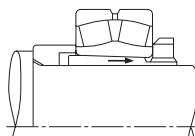


Abb. 14.4 Montage mit Spannhülse

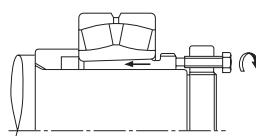


Abb. 14.5 Montage mit Abziehhülse

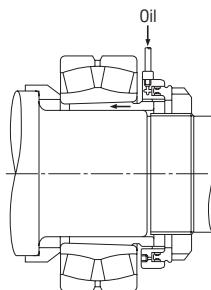


Abb. 14.6 Montage mit Hydraulikmutter

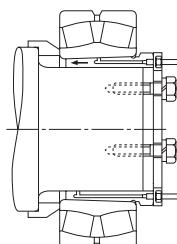


Abb. 14.7 Montage mit spezieller Abziehhülse und Hydrauliköl

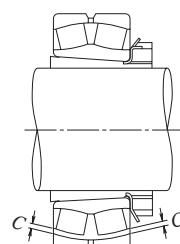


Abb. 14.8 Messen des Spiels von Pendelrollenlagern

Tabelle 14.1 Einbau von Pendelrollenlagern mit kegeligen Bohrungen

Einheiten: mm

Lagerbohrung Durchmesser über D inkl.	Radialspiel- verringerung	Axiale Verschiebung				Minimal zulässiges Restspiel	
		Kegel 1: 12		Kegel 1: 30		CN	C3
		min	max	min	max		
30	40	0,025	0,030	0,40	0,45	—	—
40	50	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—
50	65	0,030	0,035	0,45	0,55	—	—
65	80	0,040	0,045	0,60	0,70	—	—
80	100	0,045	0,055	0,70	0,85	1,75	2,15
100	120	0,050	0,060	0,75	0,90	1,9	2,25
120	140	0,060	0,070	0,90	1,1	2,25	2,75
140	160	0,065	0,080	1,0	1,3	2,5	3,25
160	180	0,070	0,090	1,1	1,4	2,75	3,5
180	200	0,080	0,100	1,3	1,6	3,25	4,0
200	225	0,090	0,110	1,4	1,7	3,5	4,25
225	250	0,100	0,120	1,6	1,9	4,0	4,75
250	280	0,110	0,140	1,7	2,2	4,25	5,5
280	315	0,120	0,150	1,9	2,4	4,75	6,0
315	355	0,140	0,170	2,2	2,7	5,5	6,75
355	400	0,150	0,190	2,4	3,0	6,0	7,5
400	450	0,170	0,210	2,7	3,3	6,75	8,25
450	500	0,190	0,240	3,0	3,7	7,5	9,25
500	560	0,210	0,270	3,4	4,3	8,5	11,0
560	630	0,230	0,300	3,7	4,8	9,25	12,0
630	710	0,260	0,330	4,2	5,3	10,5	13,0
710	800	0,280	0,370	4,5	5,9	11,5	15,0
800	900	0,310	0,410	5,0	6,6	12,5	16,5
900	1000	0,340	0,460	5,5	7,4	14,0	18,5
1000	1120	0,370	0,500	5,9	8,0	15,0	20,0

Anmerkungen

Die Werte für die Minderung des Radialspiels gelten für Lager mit CN-Spiel. Für Lager mit C3-Spiel sollten die aufgeführten Maximalwerte für die Reduzierung des Radialspiels verwendet werden.

Große Maschinen, die nicht von Hand gedreht werden können, können nach einer Prüfung ohne Lagerbelastung gestartet werden; dann den Strom sofort abstellen und warten, bis die Maschine von selbst zum Halt kommt. Es dürfen keine Störungen wie Vibrationen, Geräusche, Kontakt der umlaufenden Teile, usw. auftreten. Der Strombetrieb sollte langsam und ohne Belastung gestartet und der Betrieb sorgfältig beobachtet werden, bis sichergestellt ist, dass das Lager einwandfrei läuft. Dann erst werden Drehzahl, Belastung, usw. nach und nach bis auf das normale Niveau erhöht. Die Punkte, die während des Probelaufs geprüft werden müssen, umfassen ungewöhnliche Geräuschenentwicklung, übermäßigen Anstieg der Lagertemperatur, Leckagen und Verunreinigungen des Schmierstoffes, usw. Wenn Störungen während des Probelaufs auftreten, den Vorgang sofort abbrechen und die Maschine überprüfen. Falls notwendig, muss das Lager zur Untersuchung wieder ausgebaut werden.

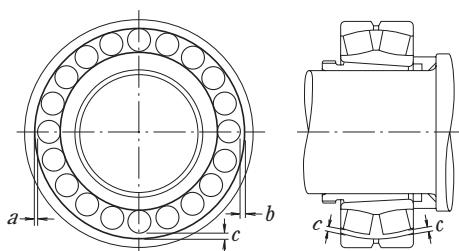


Abb. 14.9 Messen des Spiels bei einem großen Pendelrollenlager

Allein über die Oberflächentemperatur des Gehäuses ist die Lagertemperatur nur sehr unzureichend abzuschätzen. Daher empfiehlt sich eine direkte Messung der Außenringtemperatur z.B. über eventuell vorhandene Ölbohrungen.

Nach der Inbetriebnahme sollte die Lagertemperatur innerhalb von ein oder zwei Stunden allmählich ansteigen, bis das vorgesehene Niveau erreicht ist. Wenn das Lager fehlerhaft ist oder der Einbau nicht sorgfältig durchgeführt wurde, kann die Lagertemperatur sehr schnell steigen und weit außerhalb der Normalwerte liegen. Der Grund für diesen ungewöhnlich starken Temperaturanstieg könnte in übermäßiger Schmierstoffmenge, unzureichendem Lagerspiel,

falschem Einbau oder übermäßiger Dichtungsreibung liegen.

Bei Betrieb mit sehr hohen Drehzahlen kann auch die falsche Wahl des Lagertyps oder der Schmierung zu einem starken Temperaturanstieg führen.

Das Laufgeräusch kann mit Hilfe eines speziellen Stethoskops oder anderer Instrumente geprüft werden. Fehler können sich durch laute metallische oder andere unregelmäßige Geräusche zeigen; zu den möglichen Verursachern gehören falsche Schmierung, schlechtes Fluchten von Welle oder Gehäuse oder Fremdkörper im Lager. Die möglichen Ursachen und Gegenmaßnahmen sind in Tabelle 14.2 aufgeführt.

Tabelle 14.2 Ursachen und Gegenmaßnahmen für Fehler im Betrieb

Abweichungen		Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Geräusche	Lautes metallisches Geräusch (¹)	Ungewöhnliche Belastung	Passung, Spiel, Vorspannung, Gehäuseposition verbessern.
		Falscher Einbau	Maschinengenauigkeit und Fluchten der Welle und des Gehäuses, Genauigkeit beim Einbau verbessern.
		Unzureichender oder ungeeigneter Schmierstoff	Schmierstoff nachfüllen oder anderen Schmierstoff verwenden.
		Kontakt der umlaufenden Teile	Labyrinthdichtung wechseln, usw.
	Lauter gleichförmiger Klang	Defekte, Korrosion oder Kratzer auf den Laufbahnen	Lager ersetzen oder säubern, Dichtungen prüfen und sauberen Schmierstoff verwenden.
		Brinelling	Lager ersetzen und diese mit Sorgfalt behandeln.
		Pittings auf den Laufbahnen	Lager ersetzen.
	Übermäßiges Spiel		Passung, Spiel und Vorspannung verbessern.
Ungewöhnlicher Temperaturanstieg	Unregelmäßiger Klang	Eindringen von Fremdkörpern	Lager ersetzen oder säubern, Dichtungen prüfen und sauberen Schmierstoff verwenden.
		Defekte oder Pittings auf den Wälzkörpern	Lager ersetzen.
	Übermäßige Schmierstoffmenge	Übermäßige Schmierstoffmenge	Schmierstoffmenge reduzieren, festes Schmierfett verwenden.
		Unzureichender oder ungeeigneter Schmierstoff	Schmierstoff auffüllen oder besseren Schmierstoff verwenden.
Vibrationen (Axialschlag)	Ungewöhnliche Belastung		Passung, Spiel, Vorspannung und Lage der Gehäuseschulter verbessern.
		Falscher Einbau	Maschinengenauigkeit und Fluchten der Welle und des Gehäuses, Einbaugenauigkeit oder Einbaumethode verbessern.
	Wanderung auf eingebauter Oberfläche, übermäßige Reibung der Dichtungen		Dichtungen prüfen, Lager auswechseln, Passung oder Einbau prüfen.
Leckage oder Verfärbung des Schmierstoffes	Brinelling		Lager ersetzen und diese mit Sorgfalt behandeln.
		Pittingbildung	Lager ersetzen.
	Falscher Einbau		Rechten Winkel zwischen Welle und Gehäuseschulter bzw. Seite des Distanzrings prüfen und ggf. korrigieren.
		Eindringen von Fremdkörpern	Lager ersetzen oder säubern, Abdichtung verbessern.
Hinweis (¹)	Zu viel Schmierstoff, Eindringen von Fremdkörpern oder Abriebspanen		Schmierstoffmenge reduzieren, festeres Schmierfett verwenden, Lager oder Schmierstoff auswechseln. Gehäuse und anliegende Teile reinigen.

Hinweis (¹) Bei mittleren bis großen Zylinderrollenlagern oder Kugellagern, die mit Fettschmierung in Umgebungen mit niedrigen Temperaturen betrieben werden, kann zeitweise ein Quietschen oder ein hoher Ton entstehen. Bei Betrieb unter niedrigen Temperaturen erfolgt hier keine besondere Werkstoffermüdung und die Leistungsfähigkeit des Fetts wird nicht beeinträchtigt. Auch wenn zeitweiliges Quietschen oder hohe Töne unter diesen Bedingungen auftreten können, ist das Lager voll einsatzfähig und kann weiter verwendet werden. Falls eine Lärmreduzierung oder ruhigerer Lauf erforderlich sind, wenden Sie sich bitte an Ihre NSK Niederlassung.

14.4 Ausbau

Der Ausbau eines Lagers kann zur periodischen Überprüfung oder aus anderen Gründen erfolgen. Wenn das ausgebaute Lager wiederverwendet werden soll oder es nur zur Inspektion ausgebaut wird, sollte der Ausbau so sorgfältig wie der Einbau erfolgen. Wenn das Lager fest sitzt, kann der Ausbau schwierig sein. Die Ausbauwerkzeuge sollten für die Konstruktion der umliegenden Maschinenteile geeignet sein. Für den Ausbau sollte die Reihenfolge und Vorgehensweise anhand der Maschinenpläne unter Berücksichtigung der Art der Passung beachtet werden, um eine korrekte Demontage zu gewährleisten.

14.4.1 Ausbau der Außenringe

Um einen fest eingepassten Außenring abzuziehen, werden, wie in Abb 14.10 gezeigt, zuerst Schrauben in die verschiedenen Auspressbohrungen an der Gehäuseperipherie gedreht, dann wird der Außenring herausgedrückt, indem die Schrauben gleichmäßig angezogen werden. Diese Schraubenbohrungen sollten immer mit Stöpseln verschlossen werden, wenn sie nicht für den Ausbau benötigt werden. Bei zerlegbaren Lagern, wie Kegelrollenlagern, sollten an verschiedenen Stellen der Gehäuseschulter Abziehnuten vorgesehen werden (siehe Abb. 14.11), damit der Außenring mit Hilfe eines Ausbauwerkzeuges ausgepresst oder ausgetrieben werden kann.

14.4.2 Ausbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung

Wenn die Konstruktion genügend Raum zulässt, ist das Auspressen des Innenrings die einfachste und schnellste Vorgehensweise. In diesem Fall sollte die Abziehkraft nur auf den Innenring wirken (Abb. 14.12). Abziehwerkzeuge wie in Abb. 14.13 und 14.14 gezeigt, werden oft verwendet.

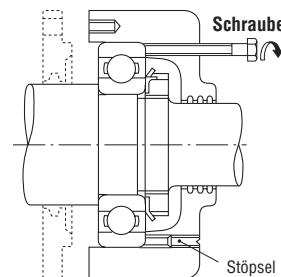


Abb. 14.10 Demontage des Außenrings mittels Schrauben

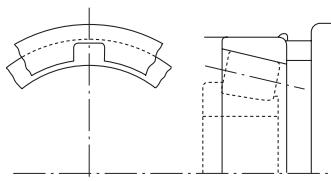


Abb. 14.11 Abziehnuten zur Demontage

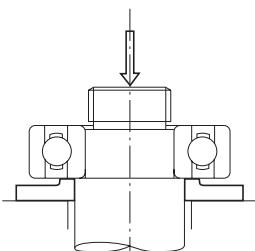


Abb. 14.12 Demontage des Innenrings mit Presse

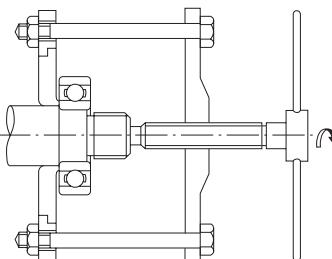


Abb. 14.13 Demontage des Innenrings mit Abziehwerkzeug (1)

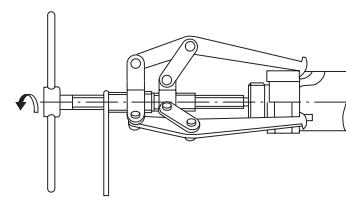


Abb. 14.14 Demontage des Innenrings mit Abziehwerkzeug (2)

In beiden Fällen müssen die Greifer der Werkzeuge die Vorderseite des Innenrings fest fassen können. Daher muss bei der Konstruktion die Höhe der Wellenschulter entsprechend gewählt oder Abziehnuten in dieser vorgesehenen werden, um die Abziehwerkzeuge platzieren zu können. (Abb. 14.14).

Hydraulische Verfahren werden für gewöhnlich für den Ausbau von großen Lagern eingesetzt. Das Abziehen wird durch Oldruck, der durch die Wellenbohrungen geführt wird, wesentlich erleichtert. Bei besonders breiten Lagern wird Hydraulik zusammen mit einem Abziehwerkzeug verwendet.

Um die Innenringe von NU- und NJ-Typen von Zylinderrollenlagern abzuziehen, wird Induktionswärme eingesetzt. Die Innenringe werden durch kurze örtliche Erwärmung aufgeweitet und dann abgezogen (Abb. 14.15). Die Induktionserwärmung wird auch für die Montage verschiedener Lager dieses Typs auf Wellen verwendet.

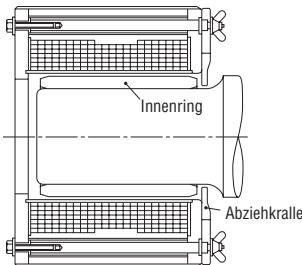


Abb. 14.15 Demontage des Innenrings mit Induktionsgerät

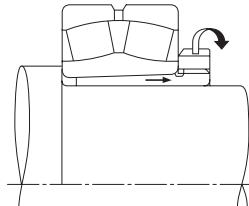


Abb. 14.16 Demontage einer Abziehhülse mit Abziehmutter (1)

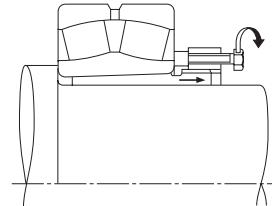


Abb. 14.17 Demontage einer Abziehhülse mit Abziehmutter (2)

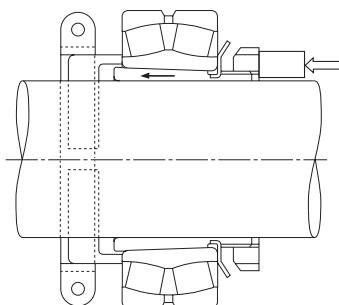


Abb. 14.18 Demontage einer Spannhülse mit Vorrichtung

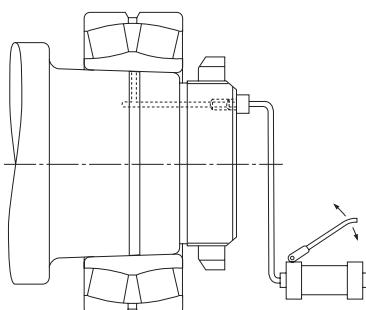


Abb. 14.19 Demontage mit Hydraulikunterstützung

14.4.3 Ausbau von Lagern mit kegeliger Bohrung

Beim Ausbau relativ kleiner Lager mit Spannhülsen wird der Innenring von einem Anschlag, der an der Welle sitzt, gehalten und die Mutter um einige Umdrehungen gelöst. Dann wird wie in Abb. 14.18 mit einem geeigneten Werkzeug auf die Hülse gehämmert. Abb. 14.16 zeigt die Vorgehensweise für den Ausbau einer Abziehhülse durch Anziehen der Abziehmutter. Wenn sich diese Vorgehensweise als schwierig erweist, können Muttern mit Gewindebohrung verwendet werden. Dann kann die Hülse durch Festziehen der Schrauben, wie in Abb. 14.17 gezeigt, abgezogen werden. Große Lager können einfach mit Hydraulikunterstützung abgezogen werden. Abb. 14.19 zeigt, wie ein Lager ausgebaut wird, indem Oldruck durch eine Bohrung und Rille im kegeligen Wellenzapfen geführt wird, um den Innenring aufzuweiten. Wenn der Innenring aufgeweitet wird, kann das Lager sich plötzlich axial lösen, weshalb zum Schutz die Verwendung einer Endmutter empfohlen wird. Abb. 14.20 zeigt den Ausbau mit Hydraulikmutter.

14.5 Lagerüberprüfung

14.5.1 Lagerreinigung

Bei der Überprüfung eines Lagers sollte zuerst das äußere Erscheinungsbild sowie die Menge und der Zustand des Schmierstoffs untersucht werden.

Nachdem eine Schmierstoffprobe zur Untersuchung entnommen wurde, sollten die Lager gereinigt werden. Es kann grundsätzlich Leichtöl oder Waschbenzin als Reinigungsmittel verwendet werden.

Ausgebauta Lager sollten zuerst geputzt und abschließend gewaschen werden. In jedem Bad sollte ein Rost vorhanden sein, damit die Lager im Reinigungsmittel nicht die Seitenwände oder den Boden des Tanks berühren. Falls die Lager während der ersten Waschung bewegt werden, während sich Fremdkörper in den Laufbahnen befinden, können sie beschädigt werden. Schmierstoff und andere Ablagerungen sollten während der ersten Grobsäuberung im Reinigungsbade mit Bürsten oder anderen Hilfsmitteln entfernt werden. Nachdem das Lager relativ sauber ist, erfolgt die Endreinigung. Diese Waschung sollte sorgfältig durchgeführt und das Lager währenddessen im Reinigungsmittel rotiert werden. Das Reinigungsmittel muss immer sauber gehalten werden.

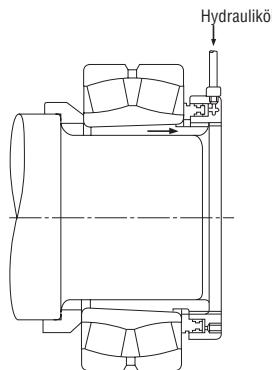


Abb. 14.20 Demontage mit Hydraulikmutter

14.5.2 Überprüfung und Beurteilung der Lager

Nachdem sie richtig gereinigt wurden, sollten die Lager auf den Zustand ihrer Laufbahnen und Außenflächen, das Ausmaß des Käfigverschleißes, die Zunahme des Lagerspiels und die Maßhaltigkeit untersucht werden. Zusätzlich sollte eine Überprüfung auf Schäden und andere Anomalien erfolgen. Dann erst kann die Möglichkeit einer Wiederverwendung beurteilt werden. Kleine, nicht zerlegbare Kugellager hält man horizontal in einer Hand und prüft, ob sich der Außenring ohne Reibung drehen lässt.

Zerlegbare Lager wie Kegelrollenlager können geprüft werden, indem ihre Wälzkörper und die Laufbahnen separat untersucht werden.

Große Lager können nicht von Hand gedreht werden, jedoch können die Wälzkörper, Laufbahnflächen, Käfige und Kontaktflächen der Börde einer Sichtkontrolle unterzogen werden. Je wichtiger ein Lager ist, desto sorgfältiger sollte es untersucht werden.

Die Entscheidung über die Wiederverwendung eines Lagers sollte erst getroffen werden, nachdem der Grad des Lagerverschleißes, der Funktionsbereich der Maschine, die Wichtigkeit der Lager in der Maschine, die Betriebsbedingungen und die Zeit bis zur nächsten Inspektion in Betracht gezogen wurden. Wenn jedoch einer der nachfolgenden Schäden festgestellt wird, ist eine Wiederverwendung nicht möglich und das Lager muss ersetzt werden.

- (a) Risse in den Innen- oder Außenringen, Wälzkörpern oder im Käfig.
- (b) Pittingbildung auf den Laufbahnen oder Wälzkörpern.
- (c) Starke Gleitungen auf Laufbahnflächen, Borden oder Wälzkörpern.
- (d) Starker Käfigverschleiß oder lose Nieten.
- (e) Rost oder Riefen in den Laufbahnflächen oder Wälzkörpern.
- (f) Starke Stoß- oder Brinell-Spuren auf den Laufbahnflächen oder Wälzkörpern.
- (g) Offensichtliches Wandern in der Bohrung oder der Außenringperipherie.
- (h) Verfärbungen durch Hitzeeinwirkung.
- (i) Starke Beschädigungen der Dichtungen oder Deckelscheiben bei lebensdauergeschmierten Lagern.

14.6 Wartung und Inspektion

14.6.1 Abweichungen erkennen und korrigieren

Um die ursprüngliche Leistungsfähigkeit eines Lagers so lange wie möglich zu erhalten, sind korrekte Wartung und Inspektion erforderlich. Durch die richtige Vorgehensweise können viele Probleme mit Lagern vermieden und ihre Zuverlässigkeit, Produktivität und die Betriebskosten der Anlage, in der die Lager eingesetzt werden, können verbessert werden. Es wird empfohlen, die Wartung gemäß der angegebenen Vorgehensweise regelmäßig durchzuführen. Diese periodische Wartung umfasst die Überwachung der Betriebsbedingungen, Auffüllen oder Austausch der Schmierstoffe sowie eine regelmäßige Inspektion. Faktoren, die regelmäßig während des Betriebs geprüft werden sollten sind Lagergeräusche, Vibrationen, Temperatur und Schmierung.

Wenn während des Betriebs eine Verschlechterung festgestellt wird, muss die Ursache ermittelt und die richtigen Korrekturmaßnahmen gemäß Tabelle 14.2 ergriffen werden.

Falls notwendig, muss das Lager ausgebaut und genau untersucht werden. Die Vorgehensweise für Ausbau und Überprüfung ist in Abschnitt 14.5 Lagerüberprüfung beschrieben.

NSK BEARING MONITOR (Detektor für Lagerveränderungen)

Veränderungen sollten bereits frühzeitig während des Betriebes erkannt werden, bevor großer Schaden entstehen kann.

Der NSK BEARING MONITOR (siehe Seite C5) ist ein Instrument, das den Lagerzustand prüft und jede Veränderung per Warnhinweis anzeigt oder die Maschine automatisch anhält, um schwere Schäden zu vermeiden. Außerdem können mit Hilfe dieses Instruments die Wartung verbessert und Wartungskosten optimiert werden.

Tabelle 14.3 Ursachen von und Gegenmaßnahmen zur Vermeidung von Lagerausfällen

Art des Ausfalls	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Pittingbildung		
Pittingbildung auf einer Laufbahnseite eines Radiallagers	Ungewöhnliche Axiallast	Beim Einbau des Außenrings von Loslagern sollte eine lose Passung verwendet werden, um die axiale Dehnung der Welle zu ermöglichen.
Pittingbildung der Laufbahn in symmetrischem Muster	Unrundheit der Gehäusebohrung	Fehlerhaftes Gehäuse korrigieren.
Bei Radialkugellagern: Pittingmuster ist zur Laufbahn relativ geneigt Bei Rollenlagern: Pittings am Rand der Laufbahnen der Ringe und Wälzkörper	Ungenauer Einbau, Verformung der Welle, unzureichende Toleranzen für Welle und Gehäuse	Sorgfältiger Einbau und Zentrierung, Verwendung von Lagern mit größerem Spiel und Korrektur der Wellen- und Gehäuseschulter.
Pittings auf der Laufbahn entsprechen dem Abstand der Wälzkörper	Starke Stoßbelastungen während des Einbaus, Rostbildung während das Lager für eine längeren Zeitraum außer Betrieb ist	Sorgfältiger Einbau und Verwendung eines Rostschutzmittels, wenn Maschine länger abgeschaltet wird.
Frühzeitige Pittingbildung der Laufbahn und der Wälzkörper	Unzureichendes Spiel, übermäßige Belastung, falsche Schmierung, Rost, usw.	Richtige Passung, Lagerspiel und Schmierstoff auswählen.
Vorzeitige Pittingbildung bei Duplex-Lagern	Übermäßige Vorspannung	Vorspannung anpassen.

14.6.2 Lagerschäden und Gegenmaßnahmen

Wenn Wälzlager korrekt verwendet werden, erreichen sie normalerweise ihre vorgesehene Lebensdauer. Oft fallen sie jedoch aufgrund von vermeidbaren Fehlern vorzeitig aus.

Im Gegensatz zur Ermüdungsliebendauer wird vorzeitiger Ausfall durch falschen Einbau, schlechte Handhabung oder Schmierung, Eintritt von Fremdkörpern oder unzulässige Wärmeentwicklung verursacht. Beispielsweise können die Ursachen für Bordriefen, eine Möglichkeit für vorzeitigen Ausfall, in ungenügender Schmierung, Verwendung des falschen Schmierstoffes, fehlerhaftem Schmiersystem, Eintritt von Fremdkörpern, Fehler beim Lagereinbau, übermäßiger Wellenverformung oder jeder Kombination dieser Faktoren liegen. Daher ist es oft schwierig, die wahre Ursache für vorzeitige Ausfälle zu ermitteln.

Wenn alle Betriebsbedingungen zur Zeit des Ausfalls und auch davor bekannt sind, einschließlich der Anwendung, den Lastfällen und der Umgebung, können ähnliche Ausfälle in der Zukunft minimiert werden, indem die möglichen Ursachen beseitigt werden. Die häufigsten Arten des Lagerausfalls mit Ursachen und Korrekturmaßnahmen sind in Tabelle 14.3 aufgeführt.

Art des Ausfalls	Mögliche Ursachen	Gegenmaßnahmen
Riefen	Riefen oder Anschmierungen zwischen Laufbahn und Wälzkörpern	Unzureichende Erstschrägung, zu hartes Fett und hohe Beschleunigung beim Start Weicheres Fett verwenden und schnelle Beschleunigung vermeiden.
	Spiralförmige Riefen oder Anschmierungen der Laufbahn von Axialkugellagern	Laufbahnringe sind nicht parallel und die Drehzahlen zu hoch Einbau korrigieren, vorspannen oder anderen Lagertyp wählen.
	Riefen oder Anschmierungen zwischen den Stirnflächen der Rollen und dem Führungsbohr	Unzureichende Schmierung, falscher Einbau und große Axialbelastung Geeignetes Schmiermittel wählen und Einbau abändern.
Risse	Risse im Außen- oder Innenring	Übermäßige Stoßbelastung, übermäßiges Spiel in der Passung, schlechte Flächenzylindrität, ungeeigneter Hülsensitz, zu großer Kehlradius, Entwicklung von Wärmerissen und fortgeschrittene Pittingbildung Belastungsbedingungen untersuchen. Lager- und Hülsensitz prüfen. Der Kehlradius muss kleiner sein als die Kantenkürzung.
	Riss im Wälzkörper Bordbruch	Fortgeschrittene Pittingbildung, Stöße auf den Bord oder Fallenlassen während des Einbaus Vorsicht bei Handhabung und Einbau.
	Angebrochener Käfig	Unzulässige Käfigbelastung wegen falschen Einbaus und ungeeigneter Schmierung Einbaufehler reduzieren und Schmiermethode und Schmierstoff überprüfen.
Eindrücke	Eindrücke auf den Laufbahnen und Wälzkörpern mit gleichem Erscheinungsbild	Stoßbelastung während des Einbaus oder übermäßige Belastung bei Stillstand Vorsicht bei der Handhabung.
	Eindrücke in der Laufbahn und den Wälzkörpern	Fremdkörper wie Metallspäne oder Sand Gehäuse reinigen, Dichtungen verbessern und sauberen Schmierstoff verwenden.
Ungewöhnlicher Verschleiß	False Brinelling (im Gegensatz zu wahrer Brinelling)	Lagervibration ohne Umlaufbewegung während des Versands oder leichte Schaukelbewegungen Welle und Gehäuse sichern, Öl als Schmierstoff verwenden und Vibratoren durch Vorspannung reduzieren.
	Reib- oder Tribokorrasion (Passungsrost)	Leichter Verschleiß der Passflächen Übermaß erhöhen und Öl auftragen.
	Verschleiß der Laufbahn, Wälzkörper, des Bords und des Käfigs	Eindringen von Fremdkörpern, schlechte Schmierung und Rost Dichtungen verbessern, Gehäuse säubern und sauberen Schmiermittel verwenden.
	Drehende Lagerringe	Unzureichendes Übermaß oder zu lose sitzende Hülse Sitz ändern oder Hülse festziehen.
Fressen, Blockieren	Verfärbung und Schmelzung der Laufbahn, der Wälzkörper und Borde	Unzureichendes Spiel, falsche Schmierung oder ungenauer Einbau Lagerspiel und Lagersitz überprüfen, angemessene Menge des korrekten Schmiermittels verwenden und Einbaumethode des Lagers und der umliegenden Teile verbessern.
Stromdurchgang	Furchen oder Riffelungen	Schmelzen durch Lichtbogen Erdungskabel installieren, um Stromfluss zu unterbinden oder Lager isolieren.
Korrasion & Rost	Rost und Korrasion der Passflächen und des Lagerinneren	Kondensation von Luftfeuchtigkeit oder Tribokorrasion Eindringen von korrosiven Stoffen (besonders Lackgase, usw.) Sorgfältige Lagerung und Vermeidung von hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit. Rostschutzbehandlung ist erforderlich, wenn Betrieb für längere Zeit eingestellt wird. Lack- und Fettauswahl.

15. TECHNISCHE DATEN

	Seite
15.1 AXIALE LAGERVERSCHIEBUNG	A 130~A 131
(1) Kontaktwinkel und axiale Verschiebung von Rillenkugellagern und Schräkgugellagern	A 130~A 131
(2) Axiallast und axiale Verschiebung von Kegelrollenlagern	A 130~A 131
15.2 PASSUNGEN	A 132~A 134
(1) Flächenpressung, maximale Umfangsspannung und Aufweitung oder Schrumpfung des Laufbahndurchmessers	A 132~A 133
(2) Übermaß oder Spiel für Wellen und Innenringe	A 132~A 133
(3) Übermaß oder Spiel für Gehäusebohrungen und Außenringe	A 134~A 135
15.3 RADIALES UND AXIALES LAGERSPIEL	A 134~A 135
(1) Radiales und axiales Lagerspiel für einreihige Rillenkugellager	A 134~A 135
(2) Radiales und axiales Lagerspiel für zweireihige Schräkgugellager	A 134~A 135
15.4 VORSPANNUNG UND ANLAUFMOMENT	A 136~A 137
(1) Axiallast und Anlaufmoment von Kegelrollenlagern	A 136
(2) Vorspannung und Anlaufmoment von Schräkgugellagern und zweiseitig wirkenden Axialschräkgugellagern	A 136~A 137
15.5 REIBUNGSZAHLEN UND ANDERE LAGERDATEN	A 138~A 139
(1) Lagerarten und deren Reibungszahlen	A 138
(2) Drehzahlen und Umfangsgeschwindigkeiten im Wälzlager	A 138
(3) Radiales Lagerspiel und Ermüdungslbensdauer	A 138~A 139
15.6 SORTEN UND EIGENSCHAFTEN VON SCHMIERFETTEN	A 140~A 143

DEFINITIONEN VON SYMBOLEN UND DEREN EINHEITEN

Symbol	Bezeichnung	Einheiten	Symbol	Bezeichnung	Einheiten
<i>a</i>	Hauptachse der Druckellipse	(mm)	<i>n_a</i>	Drehzahl der Wälzkörper	(U/min)
<i>b</i>	Nebenachse der Druckellipse	(mm)	<i>n_c</i>	Drehzahl des Wälzkörpersatzes	(U/min)
<i>C_r</i>	Dynamische Tragzahl von Radiallagern	(N){kgf}	<i>n_e</i>	Drehzahl des Außenrings	(U/min)
<i>C_{or}</i>	Statische Tragzahl von Radiallagern	(N){kgf}	<i>n_i</i>	Drehzahl des Innenrings	(U/min)
<i>C_a</i>	Dynamische Tragzahl von Axiallagern	(N){kgf}	<i>p_m</i>	Oberflächendruck auf gepassten Flächen	(MP _a){kgf/mm ² }
<i>C_{os}</i>	Statische Tragzahl von Axiallagern	(N){kgf}	<i>P</i>	Lagerbelastung	(N){kgf}
<i>d</i>	Wellendurchmesser, Nennmaß des Lagerbohrungsdurchmessers	(mm)	<i>Q</i>	Wälzkörperbelastung	(N){kgf}
<i>D</i>	Gehäusebohrungsdurchmesser, Nennmaß des Lageraußendurchmessers	(mm)	<i>r_e</i>	Laufbahnradius des Außenrings	(mm)
<i>D_e</i>	Laufbahndurchmesser Außenring	(mm)	<i>r_e</i>	Laufbahnradius des Innenrings	(mm)
<i>D_i</i>	Laufbahndurchmesser Innenring	(mm)	<i>V_a</i>	Umfangsgeschwindigkeit der Wälzkörper	(m/s)
<i>D₀</i>	Gehäuseaußendurchmesser	(mm)	<i>V_c</i>	Umfangsgeschwindigkeit des Wälzkörpersatzes	(m/s)
<i>D_{pw}</i>	Teilkreisdurchmesser der Wälzkörper	(mm)	<i>Z</i>	Anzahl der Wälzkörper pro Reihe	
<i>D_w</i>	Nomineller Durchmesser des Wälzkörpers	(mm)	α	Kontaktwinkel (wenn Axiallast auf Radialkugellager aufgebracht wird)	(°)
<i>e</i>	Kontaktposition der Stirnfläche einer Kegelrolle mit dem Führungsbohr	(mm)	α_0	Nenn-Kontaktwinkel ohne Last (Geometrie) (wenn eine Axiallast auf Innen- und Außenring gebracht werden soll)	(°)
<i>E</i>	E-Modul (Lagerstahl) 208 000 MP _a [21 200 kgf/mm ²]		α_R	Nenn-Kontaktwinkel (Geometrie) (wenn eine Radiallast auf Innen- und Außenring gebracht werden soll)	(°)
<i>E(k)</i>	Vollständiges elliptisches Integral zweiten Grades mit folgenden Parametern:		β	1/2 des Kegelwinkels des Wälzkörpers	(°)
	$k = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}$		δ_a	Relative axiale Verschiebung des Innen- und Außenrings	(mm)
<i>f₀</i>	Faktor, der von der Geometrie der Lagerkomponenten und vom anwendbaren Belastungsniveau abhängt		Δ_a	Axiales Lagerspiel	(mm)
$f(\varepsilon)$	Funktion von ε		Δd	Tatsächliches Übermaß des Innenrings und der Welle	(mm)
<i>F_a</i>	Axiallast, Vorspannung	(N){kgf}	Δr	Radiales Lagerspiel	(mm)
<i>F_r</i>	Radiallast	(N){kgf}	ΔD	Tatsächliches Übermaß des Außenrings und des Gehäuses	(mm)
<i>h</i>	D_e/D		ΔD_e	Schrumpfung des Außenring-Laufbahndurchmessers auf Grund der Passung	(mm)
<i>h₀</i>	D/D_0		ΔD_i	Aufweitung des Innenring-Laufbahndurchmessers auf Grund der Passung	(mm)
<i>k</i>	d/D_i		ε	Lastverteilungsparameter	
<i>K</i>	Konstante, durch interne Lagergeometrie festgelegt		μ	Dynamische Reibungszahl	
<i>L</i>	Ermüdungslebensdauer bei 0 µm effektivem Spiel		μ_e	Reibungszahl zwischen Wälzkörperstirnseite und Bord	
<i>L_{we}</i>	Tatsächliche Wälzkörperlänge	(mm)	μ_s	Gleitreibungszahl	
<i>L_e</i>	Ermüdungslebensdauer bei effektivem Spiel von Δ		σ_{\max}	Maximale Spannung auf Passflächen	(MP _a){kgf/mm ² }
<i>m₀</i>	Abstand zwischen Laufbahnmittelpunkten des Innen- und Außenrings				
	$r_i + r_e - D_w$	(mm)			
<i>M</i>	Reibmoment	(N m){kgf m}			
<i>M_s</i>	Bohrreibung	(N m){kgf m}			

15.1 Axiale Lagerverschiebung

(1) Kontaktwinkel α und axiale Verschiebung δ_a von Rillenkugellagern und Schräkgugellagern (Abb. 15.1 bis 15.3)

$$\delta_a = \frac{0,00044}{\sin\alpha} \left(\frac{Q^2}{D_w} \right)^{\frac{1}{3}} \dots \quad (N) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (\text{mm})$$

$$\delta_a = \frac{0,002}{\sin\alpha} \left(\frac{Q^2}{D_w} \right)^{\frac{1}{3}} \dots \quad (kgf) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (\text{kgf})$$

$$Q = \frac{F_a}{Z \sin\alpha} \quad (N), (\text{kgf})$$

2) Axiallast F_a und axiale Verschiebung δ_a von Kegelrollenlagern (Abb. 15.4)

$$\delta_a = \frac{0,000077 F_a^{0,9}}{(\sin\alpha)^{1,9} Z^{0,9} L_{we}^{0,8}} \dots \quad (N) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (\text{mm})$$

$$\delta_a = \frac{0,0006 F_a^{0,9}}{(\sin\alpha)^{1,9} Z^{0,9} L_{we}^{0,8}} \dots \quad (kgf) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (\text{kgf})$$

Anmerkungen:

Die tatsächliche axiale Verschiebung kann je nach Wellen- und Gehäusedicke, Werkstoff und Passungsübermaß mit dem Lager variieren. Bitte wenden Sie sich hinsichtlich der Faktoren der axialen Verschiebung, die hier nicht weiter beschrieben sind, an NSK.

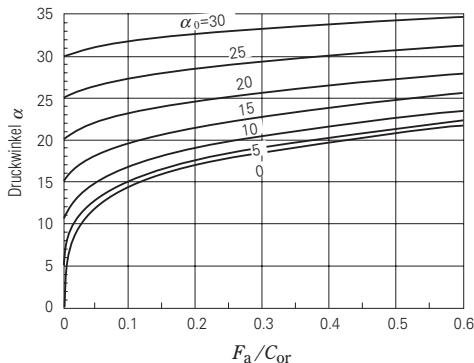


Abb. 15.1 F_a/C_{or} und Kontaktwinkel von Rillenkugellagern und Schräkgugellagern

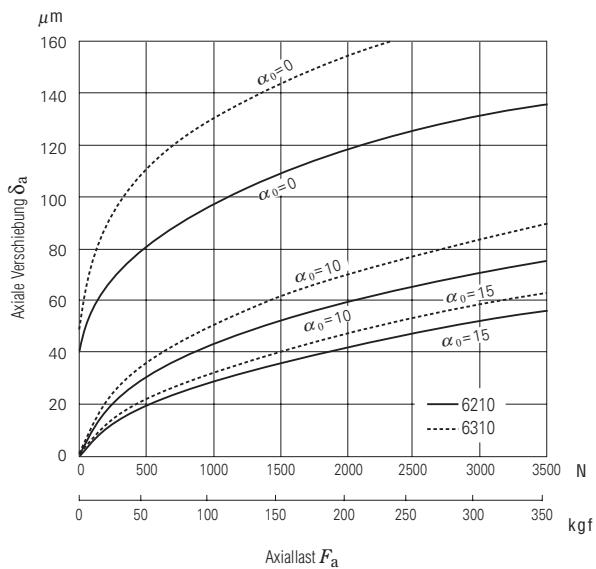


Abb. 15.2 Axiallast und axiale Verschiebung von Rillenkugellagern

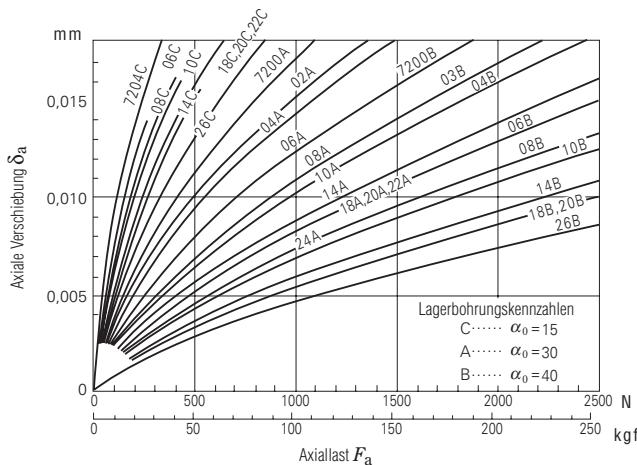


Abb. 15.3 Axiallast und axiale Verschiebung von Schräkgugellagern

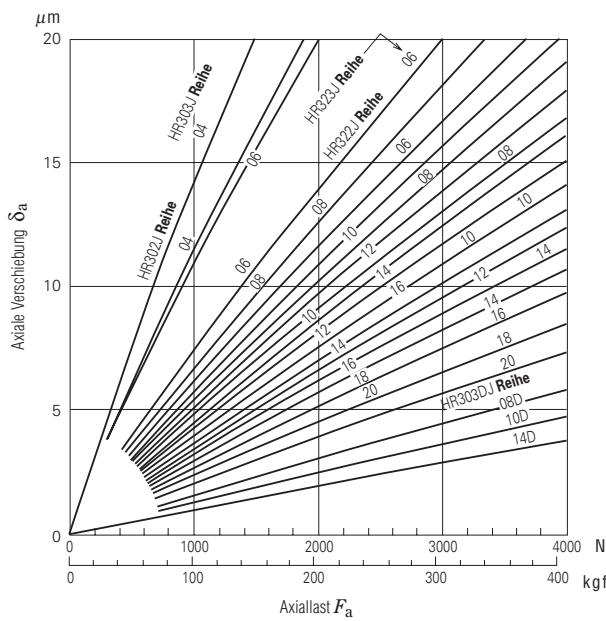


Abb. 15.4 Axiallast und axiale Verschiebung von Kegelrollenlagern

15.2 Passungen

- (1) Flächenpressung p_m , maximale Umfangsspannung σ_{max} und Aufweitung des Laufbahndurchmessers des Innenrings ΔD_i oder Schrumpfung des Laufbahndurchmessers des Außenrings ΔD_e (Tabelle 15.1, Abb. 15.5 und 15.6)
- (2) Übermaß oder Spiel für Wellen und Innenringe 15.2
- (3) Übermaß oder Spiel für Gehäusebohrungen und Außenringe (Tabelle 15.3)

Tabelle 15.1 Flächenpressung, Maximalspannung auf Passflächen und Aufweitung oder Schrumpfung

Punkte	Welle & Innenring	Gehäuse & Bohrung & Außenring
Flächen- pressung p_m (MPa) {kgf/mm ² }	(bei Vollwelle) $p_m = \frac{E}{2} \frac{\Delta D}{2} (1 - k^2)$	Bei Gehäuseaußendurchmesser $D \neq \infty$ $p_m = \frac{E}{2} \frac{\Delta D}{D} \frac{(1 - h^2)(1 - h_0^2)}{1 - h^2 h_0^2}$ bei $D_0 = \infty$ $p_m = \frac{E}{2} \frac{\Delta D}{D} (1 - h^2)$
Maximal- spannung σ_{max} (MPa) {kgf/mm ² }	Maximale Umfangsspannung der Innenringbohrung beträgt $\sigma_{max} = p_m \frac{1 + k_2}{1 - k_2}$	Die maximale Umfangsspannung der Bohrung des Außenrings beträgt $\sigma_{max} = p_m \frac{2}{1 - h^2}$
Aufweitung des Innenring- Laufbahndurchm. ΔD_i (mm) Schrumpfung des Außenring- Laufbahndurchm. ΔD_e (mm)	Bei Vollwelle $\Delta D_i = \Delta D \cdot k$	bei $D_0 \neq \infty$ $\Delta D_e = \Delta D \frac{1 - h^2}{1 - h^2 h^2}$ Wenn $D_0 = \infty$ $\Delta D_e = \Delta D \cdot h$

Anmerkungen Der E-Modul und die Querdehnzahl für den Wellen- und Gehäusewerkstoff entsprechen denen des Innen- und Außenrings.

Referenz $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 0,102 \text{ kgf/mm}^2$

Tabelle 15.2 Übermaß oder Spiel

Wellen- durchmesser (mm)	zul. Schwankung des Bohrungs- durchmessers in einer Ebene (Normal) Δd_{imp}		Übermaß oder Spiel für												
			f6		g5		g6		h5		h6		j5		
	Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß	
3	6	0	(-)8	18	2	9	4	12	4	5	8	8	-	-	
6	10	0	(-)8	22	5	11	3	14	3	6	8	9	3	11	
10	18	0	(-)8	27	8	14	2	17	2	8	8	11	8	4	12
18	30	0	(-)10	33	10	16	3	20	3	9	10	13	10	4,5	14,5
30	50	0	(-)12	41	13	20	3	25	3	11	12	16	12	5,5	17,5
50	65	0	(-)15	49	15	23	5	29	5	13	15	19	15	6,5	21,5
65	80	0	(-)15	49	15	23	5	29	5	13	15	19	15	6,5	21,5
80	100	0	(-)20	58	16	27	8	34	8	15	20	22	20	7,5	27,5
100	120	0	(-)20	58	16	27	8	34	8	15	20	22	20	7,5	27,5
120	140	0	(-)25	68	18	32	11	39	11	18	25	25	25	9	34
140	160	0	(-)25	68	18	32	11	39	11	18	25	25	25	9	34
160	180	0	(-)25	68	18	32	11	39	11	18	25	25	25	9	34
180	200	0	(-)30	79	20	35	15	44	15	20	30	29	30	10	40
200	225	0	(-)30	79	20	35	15	44	15	20	30	29	30	10	40
225	250	0	(-)30	79	20	35	15	44	15	20	30	29	30	10	40
250	280	0	(-)35	88	21	40	18	49	18	23	35	32	35	11,5	46,5
280	315	0	(-)35	88	21	40	18	49	18	23	35	32	35	11,5	46,5
315	355	0	(-)40	98	22	43	22	54	22	25	40	36	40	12,5	52,5
355	400	0	(-)40	98	22	43	22	54	22	25	40	36	40	12,5	52,5
400	450	0	(-)45	108	23	47	25	60	25	27	45	40	45	13,5	58,5
450	500	0	(-)45	108	23	47	25	60	25	27	45	40	45	13,5	58,5

Anmerkungen 1. Werte für Toleranzklassen, deren Pressung zwischen Innenring und Welle unzulässig hoch sind, werden ausgelassen.
2. Anstatt des Toleranzfeldes j wird jetzt das Toleranzfeld js empfohlen.

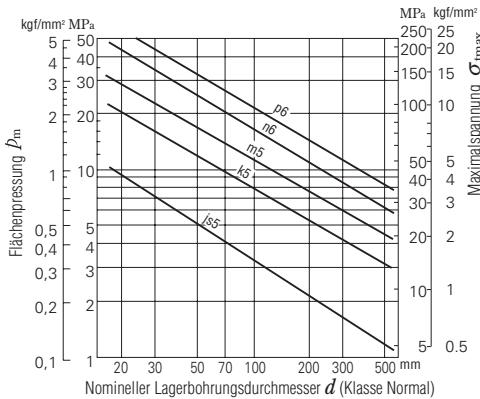


Abb.15.5 Flächenpressung p_m und Maximalspannung σ_{tmax} für mittleres Übermaß

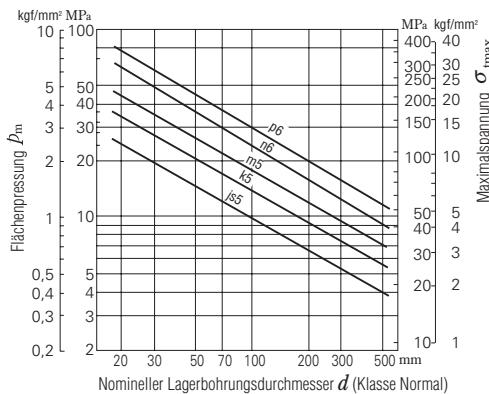


Abb. 15.6 Flächenpressung p_m und Maximalspannung σ_{tmax} für maximales Übermaß

von Wellen und Innenringen

Einheiten : μm

jede Toleranzklasse										Wellendurchmesser (mm)									
js6		j6		k5		k6		m5		m6		n6		p6		r6			
Spiel	Übermaß	Spiel	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	Übermaß	über	inkl.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	6
4,5	12,5	2	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	10
5,5	13,5	3	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	18
6,5	16,5	4	19	2	21	2	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	30
8	20	5	23	2	25	2	30	9	32	9	37	—	—	—	—	—	—	30	50
9,5	24,5	7	27	2	30	2	36	11	39	11	45	—	—	—	—	—	—	50	65
9,5	24,5	7	27	2	30	2	36	11	39	11	45	20	54	—	—	—	—	65	80
11	31	9	33	3	38	3	45	13	48	13	55	23	65	37	79	—	—	80	100
11	31	9	33	3	38	3	45	13	48	13	55	23	65	37	79	—	—	100	120
12,5	37,5	11	39	3	46	3	53	15	58	15	65	27	77	43	93	63	113	120	140
12,5	37,5	11	39	3	46	3	53	15	58	15	65	27	77	43	93	65	115	140	160
12,5	37,5	11	39	3	46	3	53	15	58	15	65	27	77	43	93	68	118	160	180
14,5	44,5	13	46	4	54	4	63	17	67	17	76	31	90	50	109	77	136	180	200
14,5	44,5	13	46	4	54	4	63	17	67	17	76	31	90	50	109	80	139	200	225
14,5	44,5	13	46	4	54	4	63	17	67	17	76	31	90	50	109	84	143	225	250
16	51	16	51	4	62	4	71	20	78	20	87	34	101	56	123	94	161	250	280
16	51	16	51	4	62	4	71	20	78	20	87	34	101	56	123	98	165	280	315
18	58	18	58	4	69	4	80	21	86	21	97	37	113	62	138	108	184	315	355
18	58	18	58	4	69	4	80	21	86	21	97	37	113	62	138	114	190	355	400
20	65	20	65	5	77	5	90	23	95	23	108	40	125	68	153	126	211	400	450
20	65	20	65	5	77	5	90	23	95	23	108	40	125	68	153	132	217	450	500

Tabelle 15.3 Übermaß oder Spiel

Gehäusebohrung (mm)	zul. Schwankung des Lagerauflaufdurch- messers in einer Ebene (Normal) ΔD_{mp}	Übermaß oder Spiel für															
		G7		H6		H7		H8		J6		JS6		J7			
		Spiel		Spiel		Spiel	Spiel	Spiel		Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß	Spiel	Über- maß		
über	inkl.	ob.	unt.	max	min	max	min	max	min	max	max	max	max	max	max		
6	10	0	- 8	28	5	17	0	23	0	30	0	13	4	12,5	4,5	16	7
10	18	0	- 8	32	6	19	0	26	0	35	0	14	5	13,5	5,5	18	8
18	30	0	- 9	37	7	22	0	30	0	42	0	17	5	15,5	6,5	21	9
30	50	0	- 11	45	9	27	0	36	0	50	0	21	6	19	8	25	11
50	80	0	- 13	53	10	32	0	43	0	59	0	26	6	22,5	9,5	31	12
80	120	0	- 15	62	12	37	0	50	0	69	0	31	6	26	11	37	13
120	150	0	- 18	72	14	43	0	58	0	81	0	36	7	30,5	12,5	44	14
150	180	0	- 25	79	14	50	0	65	0	88	0	43	7	37,5	12,5	51	14
180	250	0	- 30	91	15	59	0	76	0	102	0	52	7	44,5	14,5	60	16
250	315	0	- 35	104	17	67	0	87	0	116	0	60	7	51	16	71	16
315	400	0	- 40	115	18	76	0	97	0	129	0	69	7	58	18	79	18
400	500	0	- 45	128	20	85	0	108	0	142	0	78	7	65	20	88	20
500	630	0	- 50	142	22	94	0	120	0	160	0	-	-	72	22	-	-
630	800	0	- 75	179	24	125	0	155	0	200	0	-	-	100	25	-	-
800	1 000	0	- 100	216	26	156	0	190	0	240	0	-	-	128	28	-	-

Hinweis (*) Gibt das minimale Übermaß an

Anmerkungen: Anstatt J wird jetzt das Toleranzfeld JS empfohlen.

15.3 Radiales und axiales Lagerspiel

(1) Radiales Lagerspiel Δ_r und axiales Lagerspiel Δ_a in einreihigen Rillenkugellagern

(Abb. 15.7)

$$\Delta_a = K \Delta_r^{\frac{1}{2}} \quad \dots \text{ (mm)}$$

mit

$$K = 2 (r_e + r_i - D_w)^{\frac{1}{2}}$$

(2) Radiales Lagerspiel Δ_r und axiales Lagerspiel Δ_a in zweireihigen Schräkgugellagern (Abb. 15.8)

$$\Delta_a = 2 \sqrt{m_0^2 - \left(m_0 \cos \alpha_R - \frac{\Delta_r}{2} \right)^2}$$

$$- 2m_0 \sin \alpha_R \quad \dots \text{ (mm)}$$

Tabelle 15.4 Konstante K

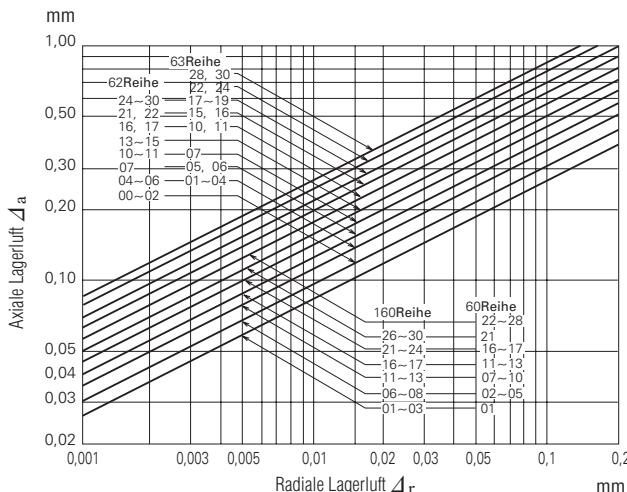
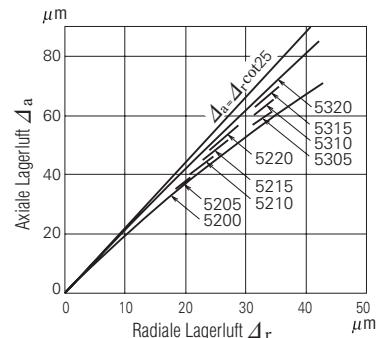
Bohrungskennzahl	Werte von K			
	160XX	60XX	62XX	63XX
00	-	-	0,93	1,14
01	0,80	0,80	0,93	1,06
02	0,80	0,93	0,93	1,06
03	0,80	0,93	0,99	1,11
04	0,90	0,96	1,06	1,07
05	0,90	0,96	1,06	1,20
06	0,96	1,01	1,07	1,19
07	0,96	1,06	1,25	1,37
08	0,96	1,06	1,29	1,45
09	1,01	1,11	1,29	1,57
10	1,01	1,11	1,33	1,64
11	1,06	1,20	1,40	1,70
12	1,06	1,20	1,50	2,09
13	1,06	1,20	1,54	1,82
14	1,16	1,29	1,57	1,88
15	1,16	1,29	1,57	1,95
16	1,20	1,37	1,64	2,01
17	1,20	1,37	1,70	2,06
18	1,29	1,44	1,76	2,11
19	1,29	1,44	1,82	2,16
20	1,29	1,44	1,88	2,25
21	1,37	1,54	1,95	2,32
22	1,40	1,64	2,01	2,40
24	1,40	1,64	2,06	2,40
26	1,54	1,70	2,11	2,49
28	1,54	1,70	2,11	2,59
30	1,57	1,76	2,11	2,59

der Gehäusebohrungen und Außenringe

Einheiten: μm

jede Toleranzklasse

JS7		K6		K7		M6		M7		N6		N7		P6		P7		Gehäusebohrung (mm)	
Spiel	Übermaß																		
max	max	max	min	max	über inkl.														
15	7	10	7	13	10	5	12	8	15	1	16	4	19	4	21	1	24	6	10
17	9	10	9	14	12	4	15	8	18	1*	20	3	23	7	26	3	29	10	18
19	10	11	11	15	15	5	17	9	21	2*	24	2	28	9	31	5	35	18	30
23	12	14	13	18	18	7	20	11	25	1*	28	3	33	10	37	6	42	30	50
28	15	17	15	22	21	8	24	13	30	1*	33	4	39	13	45	8	51	50	80
32	17	19	18	25	25	9	28	15	35	1*	38	5	45	15	52	9	59	80	120
38	20	22	21	30	28	10	33	18	40	2*	45	6	52	18	61	10	68	120	150
45	20	29	21	37	28	17	33	25	40	5	45	13	52	11	61	3	68	150	180
53	23	35	24	43	33	22	37	30	46	8	51	16	60	11	70	3	79	180	250
61	26	40	27	51	36	26	41	35	52	10	57	21	66	12	79	1	88	250	315
68	28	47	29	57	40	30	46	40	57	14	62	24	73	11	87	1	98	315	400
76	31	53	32	63	45	35	50	45	63	18	67	28	80	10	95	0	108	400	500
85	35	50	44	50	70	24	70	24	96	6	88	6	114	28	122	28	148	500	630
115	40	75	50	75	80	45	80	45	110	25	100	25	130	13	138	13	168	630	800
145	45	100	56	100	90	66	90	66	124	44	112	44	146	0	156	0	190	800	1000

Abb. 15.7 Δ_r und Δ_a in einreihigen RillenkugellagernAbb. 15.8 Δ_r und Δ_a in zweireihigen Schräkgugellagern (52, 53 Reihe)

15.4 Vorspannung und Anlaufmoment

(1) Axiallast F_a und Anlaufmoment M von Kegelrollenlagern (Abb. 15.9 und 15.10)

$$M = e \mu_e F_a \cos \beta \quad (\text{N mm}), (\text{kgf mm})$$

mit

$$\mu_e : 0,20$$

Wenn Lager der selben Ausführung gegenüberliegend eingesetzt werden, verdoppelt sich das durch die Vorspannung verursachte Drehmoment M zu $2M$.

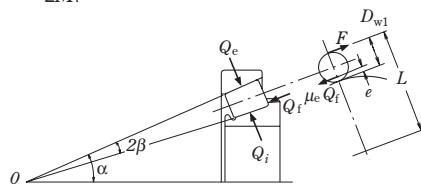


Abb. 15.9 Zusammenhang zwischen e und β

(2) Vorspannung F_a und Anlaufmoment M von Schräkgugellagern und zweiseitig wirkenden Axial-Schräkgugellagern (Abb. 15.11 und 15.12)

$$M = M_s Z \sin \alpha \quad (\text{N mm}), (\text{kgf mm})$$

wobei M_s die Bohrreibung ist.

$$M_s = \frac{3}{8} \mu_s Q a E(k) \quad (\text{N mm}), (\text{kgf mm})$$

mit

$$\mu_s = 0,15$$

Wenn Lager der selben Ausführung gegenüberliegend eingesetzt werden, verdoppelt sich das durch die Vorspannung verursachte Drehmoment M zu $2M$.

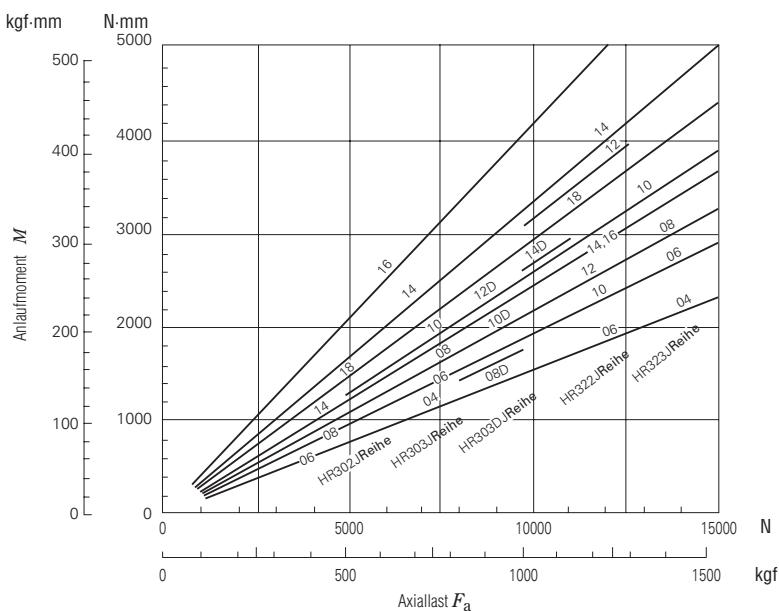


Abb. 15.10 Zusammenhang zwischen Axiallast und Anlaufmoment von Kegelrollenlagern

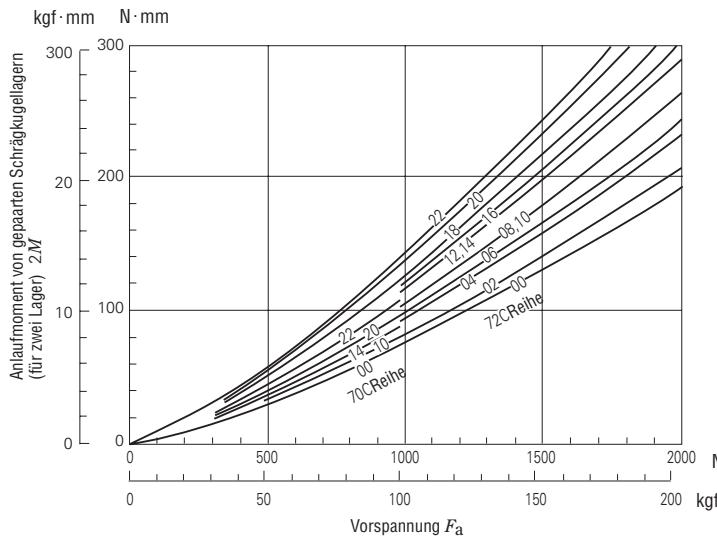


Abb. 15.11 Vorspannung und Anlaufmoment für Schrägkugellager
in X- und in O-Anordnung ($\alpha=15^\circ$)

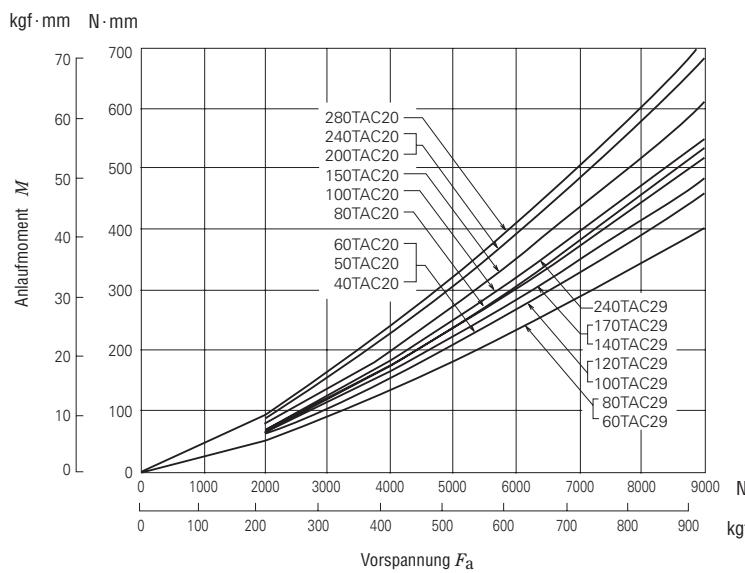


Abb. 15.12 Vorspannung und Anlaufmoment für zweiseitig
wirkende Axialschrägkugellager

15.5 Reibungszahlen und andere Lagerdaten

(1) Lagerarten und deren dynamische Reibungszahlen μ

$$\mu = \frac{M}{P \cdot \frac{d}{2}}$$

Tabelle 15.5 Dynamische Reibungszahlen

Lagerarten	Ungefährre Werte von μ
Rillenkugellager	0,0013
Schrägkugellager	0,0015
Pendelkugellager	0,0010
Axialkugellager	0,0011
Zylinderrollenlager	0,0010
Kegelrollenlager	0,0022
Pendelrollenlager	0,0028
Nadellager mit Käfigen	0,0015
Nadellager, vollrollig	0,0025
Axialendelrollenlager	0,0028

(2) Drehzahlen und Umfangsgeschwindigkeiten im Wälzlager

(3) Radiales Lagerspiel Δ_r und Ermüdungslebensdauer L (Abb. 15.13)

Für das radiale Lagerspiel Δ_r und die Funktion $f(\epsilon)$ des Lastverteilungsparameters gelten die folgenden Gleichungen:

Für Rillenkugellager

$$f(\varepsilon) = \frac{A_r \cdot D_w^{\frac{1}{3}}}{0,00044 \cdot \left(\frac{F_r}{\varepsilon}\right)^{\frac{2}{3}}} \quad \dots \dots \dots \quad (N)$$

$$f(\epsilon) = \frac{4r \cdot D_w^{\frac{1}{3}}}{0,002 \left(\frac{F_r}{Z} \right)^{\frac{2}{3}}} \quad \dots \dots \dots \{ \text{kgf} \}$$

Für Zylinderrollenlager

$$f(\varepsilon) = \frac{A_r \cdot L_{we}^{0.8}}{0.00007 \left(\frac{F_r}{Z} \right)^{0.9}} \quad \dots \dots \dots \quad (N)$$

$$f(\varepsilon) = \frac{A_r \cdot L_{we}^{0.8}}{0,0006 \cdot \left(\frac{F_r}{Z}\right)^{0.9}} \quad \dots \dots \dots \{ \text{kgf} \}$$

Das Verhältnis zwischen dem Lastverteilungsparameter ε und $f(\varepsilon)$ sowie L_ε/L ist wie in Tabelle 15.7 angegeben.

Aus den obigen Gleichungen errechnet sich zuerst $f(\varepsilon)$, in Abhängigkeit vom radialen Lagerspiel Δ_r , danach können ε und L_e/L abgelesen werden.

Tabelle 15.6 Drehzahlen und Umfangsgeschwindigkeiten im Wälzlager

Punkte	Drehender Innenring, feststehender Außenring	Drehender Außenring, feststehender Innenring
Wälzkörperdrehzahl n_a (U/min)	$-\left(\frac{D_{pw}}{D_w} - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_i}{2}$	$+\left(\frac{D_{pw}}{D_w} - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_e}{2}$
Walzkörperumfangs- geschwindigkeit v_a (m/sec)	$-\frac{\pi \cdot D_w}{60 \cdot 10^3} \left(\frac{D_{pw}}{D_w} - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_i}{2}$	$+\frac{\pi \cdot D_w}{60 \cdot 10^3} \left(\frac{D_{pw}}{D_w} - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_e}{2}$
Drehzahl des Wälzkörpersatzes n_c (U/min)	$+\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_i}{2}$	$+\left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_e}{2}$
Umfangs- geschwindigkeit des Wälzkörpersatzes v_c (m/sec)	$-\frac{\pi \cdot D_w}{60 \cdot 10^3} \left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_i}{2}$	$+\frac{\pi \cdot D_w}{60 \cdot 10^3} \left(1 - \frac{\cos^2\alpha}{D_{pw}/D_w}\right) \frac{n_e}{2}$

Anmerkungen 1. $+$ = Drehrichtung im Uhrzeigersinn, $-$ = Drehrichtung entgegen Uhrzeigersinn
2. Die Drehzahl und Umfangsgeschwindigkeit des Käfigs entspricht der des Wälzkörpersatzes.

Tabelle 15.7 ε und $f(\varepsilon)$, L_ε/L

ε	Rillenkugellager		Zylinderrollenlager	
	$f(\varepsilon)$	$\frac{L_\varepsilon}{L}$	$f(\varepsilon)$	$\frac{L_\varepsilon}{L}$
0,1	33,713	0,294	51,315	0,220
0,2	10,221	0,546	14,500	0,469
0,3	4,045	0,737	5,539	0,691
0,4	1,408	0,889	1,887	0,870
0,5	0	1,0	0	1,0
0,6	-0,859	1,069	-1,133	1,075
0,7	-1,438	1,098	-1,897	1,096
0,8	-1,862	1,094	-2,455	1,065
0,9	-2,195	1,041	-2,929	0,968
1,0	-2,489	0,948	-3,453	0,805
1,25	-3,207	0,605	-4,934	0,378
1,5	-3,877	0,371	-6,387	0,196
1,67	-4,283	0,276	-7,335	0,133
1,8	-4,596	0,221	-8,082	0,100
2,0	-5,052	0,159	-9,187	0,067
2,5	-6,114	0,078	-11,904	0,029
3	-7,092	0,043	-14,570	0,015
4	-8,874	0,017	-19,721	0,005
5	-10,489	0,008	-24,903	0,002
10	-17,148	0,001	-48,395	0,0002

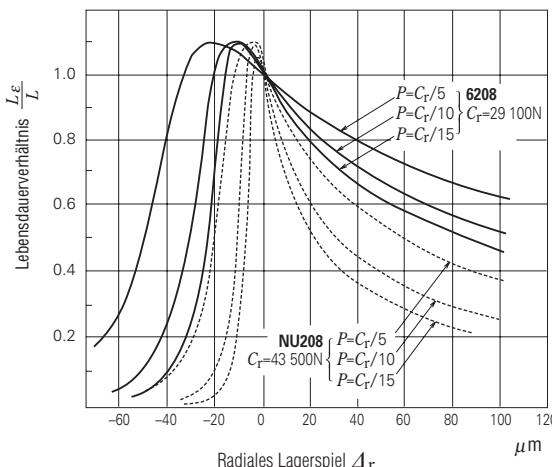


Abb. 15.13 Radiales Lagerspiel und Lebensdauerverhältnis

15.6 SORTEN UND EIGENSCHAFTEN VON SCHMIERFETTEN

Tabelle 15.8 Fettsorten

Fettsorten	Verdicker	Grundöl
ADREX	Lithium	Mineralöl
APPOLOIL AUTOLEX A	Lithium	Mineralöl
Arapen RB 300	Lithium/Kalzium	Mineralöl
EA2	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl
EA3	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl
EA5	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl
EA7	Harnstoff	Poly- α -Olefinöl
ENC	Harnstoff	Polyol-Esteröl + Mineralöl
ENS	Harnstoff	Polyol-Esteröl
ECZ	Lithium + Ruß	Poly- α -Olefinöl
ISOFLEX NBU 15	Barium-Komplex	Diesteröl + Mineralöl
ISOFLEX SUPER LDS 18	Lithium	Diesteröl
ISOFLEX TOPAS NB52	Barium-Komplex	Poly- α -Olefinöl
Aero Shell Fett 7	Mikrogel	Diesteröl
SH 33 L	Lithium	Silikonöl
SH 44 M	Lithium	Silikonöl
NS Hi-LUBE	Lithium	Polyol-Esteröl + Diesteröl
NSA	Lithium	Poly- α -olefinöl + Esteröl
NSC	Lithium	Alkyldiphenyl-Etheröl + Polyol-Esteröl
NSK Clean Grease LG2	Lithium	Poly- α -olefinöl + Mineralöl
EMALUBE 8030	Harnstoff	Mineralöl
MA8	Harnstoff	Alkyldiphenyl-Etheröl + Poly- α -Olefinöl
KRYTOX GPL-524	PTFE	Perfluoropolyetheröl
KP1	PTFE	Perfluoropolyetheröl
Cosmo Wide Grease WR No.3	Natriumterephthalat	Polyol-Esteröl + Mineralöl
G-40M	Lithium	Silikonöl
Shell Alvania EP 2	Lithium	Mineralöl
Shell Alvania S1	Lithium	Mineralöl
Shell Alvania S2	Lithium	Mineralöl
Shell Alvania S3	Lithium	Mineralöl
Shell Cassida RLS 2	Aluminium-Komplex	Poly- α -olefinöl
SHELL SUNLIGHT 2	Lithium	Mineralöl

Hinweise (1) Wenn Fette im oberen oder unteren Temperaturgrenzbereich 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.

und Vergleich der Eigenschaften

Tropfpunkt (°C)	Konsistenz	Betriebstemperaturbereich (°C)	Für hohe Lasten	Einsatzgrenzen im Vergleich zu den aufgeführten Grenzdrehzahlen (%)
198	300	0 ~ +110	empfohlen	70
198	280	-10 ~ +110	geeignet	60
177	294	-10 ~ + 80	geeignet	70
≥260	243	-40 ~ +150	geeignet	100
≥260	230	-40 ~ +150	geeignet	100
≥260	251	-40 ~ +160	empfohlen	60
≥260	243	-40 ~ +160	geeignet	100
≥260	262	-40 ~ +160	geeignet	70
≥260	264	-40 ~ +160	geeignet	100
≥260	243	-10 ~ +120	geeignet	100
≥260	280	-30 ~ +120	nicht geeignet	100
195	280	-50 ~ +110	nicht geeignet	100
≥260	280	-40 ~ +130	nicht geeignet	90
≥260	288	-55 ~ +100	nicht geeignet	100
210	310	-60 ~ +120	nicht geeignet	60
210	260	-30 ~ +130	nicht geeignet	60
192	250	-40 ~ +130	geeignet	100
201	311	-40 ~ +130	geeignet	70
192	235	-30 ~ +140	geeignet	70
201	199	-40 ~ +130	nicht geeignet	100
≥260	280	0 ~ +130	empfohlen	60
≥260	283	-30 ~ +160	geeignet	70
≥260	265	0 ~ +200	geeignet	70
≥260	280	-30 ~ +200	geeignet	60
≥230	227	-40 ~ +130	nicht geeignet	100
223	252	-30 ~ +130	nicht geeignet	60
187	276	0 ~ + 80	empfohlen	60
182	323	-10 ~ +110	geeignet	70
185	275	-10 ~ +110	geeignet	70
185	242	-10 ~ +110	geeignet	70
≥260	280	0 ~ +120	geeignet	70
200	274	-10 ~ +110	geeignet	70

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

Fettsorten	Verdicker	Grundöl
WPH	Harnstoff	Poly- α -olefinöl
DEMNUM L-200	PTFE	Perfluoropolyetheröl
NIGACE WR-S	Harnstoff	Gemixtes Öl
NIGLUB RSH	Natrium-Komplex	Polyalkylen-Glykolöl
PYRONOC UNIVERSAL N6B	Harnstoff	Mineralöl
PALMAX RBG	Lithium-Komplex	Mineralöl
Beacon 325	Lithium	Diesteröl
MULTEMP PS No.2	Lithium	Mineralöl + Diesteröl
MOLYKOTE FS-3451	PTFE	Fluorsilikonöl
UME	Harnstoff	Mineralöl
UMM Fett 2	Harnstoff	Mineralöl
RAREMAX AF-1	Harnstoff	Mineralöl

Hinweise

- (¹) Wenn Fette im oberen oder unteren Temperaturgrenzbereich 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.

Tropfpunkt (°C)	Konsistenz	Betriebstemperaturbereich(°C)	Für hohe Lasten	Einsatzgrenze im Vergleich zu den aufgeführten Grenzdrehzahlen(%)
259	240	-40 ~ +150	geeignet	70
≥260	280	-30 ~ +200	geeignet	60
≥260	230	-30 ~ +150	nicht geeignet	70
≥260	270	-20 ~ +120	geeignet	60
238	290	0 ~ +130	geeignet	70
216	300	-10 ~ +130	empfohlen	70
190	274	-50 ~ +110	nicht geeignet	100
190	275	-50 ~ +110	nicht geeignet	100
≥260	285	0 ~ +180	geeignet	70
≥260	268	-10 ~ +130	geeignet	70
≥260	267	-10 ~ +130	geeignet	70
≥260	300	-10 ~ +130	geeignet	70